



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA

MEMORIA IAC

Instituto de Astrofísica de Canarias

2020

Observations and processing from 2021 by Jaime de la Cruz Rodríguez with the Swedish 1-m Solar Telescope (SST). CHROMIS Ca II K line.



MEMORIA 2020

UNIDAD DE COMUNICACIÓN Y CULTURA CIENTÍFICA (UC3)
INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS (IAC)

ÍNDICE GENERAL

PRESENTACIÓN	9
CONSORCIO PÚBLICO “INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS”	11
LOS OBSERVATORIOS DE CANARIAS	17
OBSERVATORIO DEL TEIDE (OT)	18
OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (ORM)	19
COMISIÓN PARA LA ASIGNACIÓN DE TIEMPO (CAT)	21
ACUERDOS	27
SUBDIRECCIÓN	33
OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (ORM)	40
CENTRO DE ASTROFÍSICA DE LA PALMA (CALP)	42
OBSERVATORIO DEL TEIDE (OT)	43
OPERACIÓN DE LAS INSTALACIONES TELESCÓPICAS DEL IAC.....	44
CARACTERIZACIÓN DE LOS OBSERVATORIOS DE CANARIAS.....	47
MANTENIMIENTO INSTRUMENTAL.....	52
OFICINA TÉCNICA PARA LA PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL CIELO (OTPC).....	55
SERVICIOS INFORMÁTICOS (SI)	58
ÁREA DE INVESTIGACIÓN	63
FÍSICA SOLAR (FS).....	66
SISTEMA SOLAR Y SISTEMAS PLANETARIOS (SEYSS).....	79
FÍSICA ESTELAR E INTERESTELAR.....	86
LA VÍA LÁCTEA Y EL GRUPO LOCAL.....	105
FORMACION Y EVOLUCIÓN DE GALAXIAS.....	110
COSMOLOGÍA Y ASTROPARTÍCULAS	142
PROYECTOS SINGULARES.....	160
INSTRUMENTACIÓN Y ESPACIO.....	161
ÁREA DE INSTRUMENTACIÓN	211
INGENIERÍA.....	213
PRODUCCIÓN	234
IACTEC	239
ÁREA DE ENSEÑANZA SUPERIOR	249
CURSOS DE DOCTORADO.....	251
SEMINARIOS CIENTÍFICOS.....	253
COLOQUIOS IAC	255
BECAS.....	256
XXXII ESCUELA DE INVIERNO	258
ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS GENERALES	259
GERENCIA ADMINISTRATIVA.....	266
GERENCIA OPERACIONAL.....	268

PRESUPUESTO Y FONDOS.....	269
OTRAS ACTUACIONES DESDE SERVICIOS GENERALES	271
BIBLIOTECA.....	273
OFICINA DE PROYECTOS INSTITUCIONALES Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN (OTRI)	275
RECURSOS HUMANOS.....	282
UNIDAD DE COMUNICACIÓN Y CULTURA CIENTÍFICA (UC3)	285
COMUNICACIÓN EXTERNA Y REDES SOCIALES.....	288
EDUCACIÓN Y DIVULGACIÓN.....	291
Y ADEMÁS.....	294
PRODUCCIÓN CIENTÍFICA.....	299
ARTÍCULOS EN REVISTAS INTERNACIONALES CON ÁRBITRO.....	300
ARTÍCULOS DE REVISIÓN INVITADOS (INVITED REVIEWS).....	336
COMUNICACIONES A CONGRESOS INTERNACIONALES	337
COMUNICACIONES A CONGRESOS NACIONALES.....	340
ARTÍCULOS EN REVISTAS INTERNACIONALES SIN ÁRBITRO Y COMUNICACIONES CORTAS	341
LIBROS Y CAPÍTULOS DE LIBROS.....	343
TESIS DOCTORALES.....	344
REUNIONES CIENTÍFICAS	341
DISTINCIONES	351
PERSONAL	355
DIRECCIONES Y TELÉFONOS.....	373



PRESENTACIÓN

El año 2020 ha supuesto grandes desafíos para el mundo y nuestro instituto no ha sido ajeno a muchas de las dificultades que la pandemia ha planteado en la sociedad. Nuestra total solidaridad con los que han sufrido directamente la pérdida de seres queridos, han padecido la enfermedad o la pérdida de su puesto de trabajo. En el IAC nos sentimos muy cerca de todos ellos y les deseamos todo lo mejor. Nuestro sincero agradecimiento a las muchas personas que, de una manera u otra, han dedicado su esfuerzo al bien común y han luchado en primera línea contra la pandemia. En la medida de nuestras posibilidades, y de manera muy modesta comparados con todos ellos, en el Instituto hemos querido contribuir a aliviar las dificultades de nuestro entorno, respondiendo a peticiones de ayuda de fabricación de sistemas de protección cuando fueron necesitados y procurando mantener e incrementar las oportunidades y puestos de trabajo en I+D en una época especialmente complicada. Quiero agradecer a todo el personal del centro su gran compromiso y profesionalidad, el altruismo y la generosidad en el desempeño de sus responsabilidades. La gran dedicación con la que muchos han trabajado, más allá de las obligaciones exigidas por sus puestos, ha permitido que el Instituto cumpliera bien con su labor en todo momento, incluso en los tiempos más difíciles.

Hemos investigado desde casa, relacionándonos a distancia, apenas nos hemos visto en persona, pero no ha bajado el nivel, ni la calidad de las publicaciones que se han realizado este año, con resultados excelentes de los que nos podemos sentir orgullosos. Algunos quedan recogidos en esta memoria resumida. Los que aparecen aquí son, necesariamente, una limitada selección que sirve de muestra de la diversidad de la investigación realizada. Nuestras publicaciones en las grandes revistas del campo, *Astronomy & Astrophysics (A&A)*, *Astrophysical Journal*, *MNRAS* se han mantenido en los niveles de otros años y es notable que los artículos con primera autoría del IAC en la revista *A&A* casi se han duplicado.

Hemos conseguido que los Observatorios de Canarias funcionasen muy bien, con niveles de uso de los telescopios que otros grandes observatorios admiran. Nuestro personal de apoyo a la observación y el de todas las instituciones colaboradoras ha hecho lo posible para minimizar el impacto de la pandemia en los programas de observación y lo han conseguido de forma ejemplar. Nuestros ingenieros y personal técnico han realizado desarrollos en laboratorios y talleres con medidas exigentes de seguridad sanitaria que entorpecían tareas, de por sí muy complicadas, y han conseguido avanzar en todos los proyectos tecnológicos del

centro. Nuestra administración ha cumplido, también de manera ejemplar, con la gestión que tiene encomendada, cuidando que los flujos de contratación de personal se mantengan y que todos los suministros que precisamos para funcionar como centro estén cuando se necesitan, cumpliendo siempre nuestros compromisos con los proveedores que los facilitan, desde los pequeños comercios del entorno a las grandes empresas de I+D.

A pesar de las dificultades, no hemos detenido ningún proyecto, al contrario, hemos impulsado los que ya teníamos iniciados y conseguido arrancar algunos nuevos muy importantes como la puesta en funcionamiento del nuevo espacio IACTEC en el Parque Científico y Tecnológico de Tenerife en La Laguna, o el Proyecto del Centro de Sistemas Ópticos Avanzados del IAC. Algunos proyectos tecnológicos se lograron terminar en fecha, como DRAGO la primera cámara infrarroja de nuestro programa de Microsatélites. Además, hemos establecido acuerdos para atraer nuevas instalaciones como ASTRI del Instituto Nacional de Astrofísica de Italia que se ubicará en el Observatorio del Teide o la creación con el CNRS del Laboratorio Franco-Español de Astrofísica de Canarias.

La unidad de comunicación y cultura científica ha trabajado de manera incansable para la difusión de nuestra actividad, sin eventos presenciales, ésta se ha realizado a través de redes y medios digitales con bastante éxito. Un especial reconocimiento debemos a quienes han mantenido los servicios informáticos del Instituto a máximo rendimiento durante todo el año haciendo posible que todas las Áreas y departamentos desarrollaran su labor incluso en los momentos más complicados y que siguiera adelante nuestra actividad.

Ha sido indudablemente un año difícil, seguramente podríamos haber hecho más y mejor, sí, pero podemos afirmar sin lugar a dudas que éste no ha sido un año perdido para el centro, y que, gracias al esfuerzo de todos, lo hemos superado y conseguido avanzar en todos nuestros proyectos.

RAFAEL REBOLO

Director del IAC

CONSORCIO PÚBLICO

“INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS”

El Consorcio Público “Instituto de Astrofísica de Canarias” está integrado por la Administración del Estado (a través del Ministerio de Economía y Competitividad), la Comunidad Autónoma de Canarias, la Universidad de La Laguna y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Esta fórmula jurídica de consorcio fue una avanzada solución administrativa, consecuencia de un pacto por el que las entidades implicadas, concentrando sus esfuerzos y evitando duplicidades innecesarias, se comprometieron a unificar objetivos y medios en un único ente, al que dotaron de personalidad jurídica propia. Se trataba de que el IAC fuese un centro de referencia, no sólo capaz de cumplir las responsabilidades derivadas de los Acuerdos Internacionales de Cooperación en materia de Astrofísica, en los cuales representa a España, sino además de ser palanca para el desarrollo de la Astrofísica en el país.

Cada uno de estos entes consorciados aporta algo esencial. La Comunidad Autónoma de Canarias: el suelo y, sobre todo, el cielo de Canarias; la Universidad de La Laguna: el Instituto Universitario de Astrofísica, germen del propio IAC; y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas: su experiencia en relaciones científicas internacionales. La Administración del Estado a través de el Ministerio de Economía y Competitividad, por su parte, no sólo contribuye con el mayor porcentaje al presupuesto del Instituto, sino que, además, lo engloba dentro de sus organismos públicos de investigación y lo proyecta en la comunidad científica nacional e internacional.

Especialmente importante es la participación internacional. Téngase en cuenta que la mayoría de las instalaciones telescópicas de los Observatorios del IAC pertenecen a otros organismos e instituciones de investigación europeas.

La participación de las instituciones de los diversos países en los Observatorios se realiza a través del Comité Científico Internacional (CCI). La contrapartida principal que se recibe por el “cielo de Canarias” es del 20% del tiempo de observación (más un 5% para programas cooperativos) en cada uno de los telescopios instalados en los Observatorios del IAC. Un porcentaje realmente significativo que una Comisión para la Asignación de Tiempo (CAT) reparte cuidadosamente entre las numerosas peticiones formuladas por los astrofísicos españoles.

El IAC lo integran:

- **EL INSTITUTO DE ASTROFÍSICA** (La Laguna - Tenerife)
- **EL OBSERVATORIO DEL TEIDE** (Izaña - Tenerife)
- **EL OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS** (Garafía - La Palma)
- **EL CENTRO DE ASTROFÍSICA DE LA PALMA** (Breña Baja – La Palma)

Se estructura en áreas:

- **Investigación**
- **Instrumentación**
- **Enseñanza Superior**
- **Administración de Servicios Generales**

Órganos Directivos

Nº Reuniones

• CONSEJO RECTOR

1

PRESIDENTE

- Ministra de Ciencia e Innovación

VOCALES

- Presidente del Gobierno de Canarias
- Representante de la Administración del Estado
- Rector de la Universidad de La Laguna
- Presidente del CSIC
- Director del IAC

• DIRECTOR

Órganos Colegiados:

Nº Reuniones

• COMISIÓN ASESORA PARA LA INVESTIGACIÓN (CAI)

1

• COMITÉ DE DIRECCIÓN (CD)

48

- Consejo de Investigadores
- Comisión de Investigación
- Comisión de Enseñanza
- Comité de la Biblioteca

3

28

7

2

• COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL (CCI)

2

SUBCOMITÉS

- Servicios Comunes Obs. del Teide
- Servicios Comunes Obs. del Roque de los Muchachos
- Calidad Observatorios

2

2

1

• COMISIÓN PARA LA ASIGNACIÓN DE TIEMPO (CAT)

- Telescopios nocturnos (sala nocturna)
- Telescopios solares (sala diurna)

2

2

REUNIONES CELEBRADAS

Reunión del Consejo Rector

El Consejo Rector es el órgano supremo y decisorio del IAC, su máxima autoridad en materia administrativa y económica y a través del cual ejercen sus competencias en este instituto las distintas administraciones consorciadas: la Administración General del Estado, actualmente a través del Ministerio de Ciencia, Universidades e Innovación, la Comunidad Autónoma de Canarias (CAC), la Universidad de La Laguna (ULL) y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

El ministro de Ciencia, Universidades e Innovación, Pedro Duque, presidió, el 17 de julio, la reunión anual del Consejo Rector del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) tras la "apertura oficial" de las instalaciones de IACTEC, en La Laguna, que son ya plenamente operativas.

A esta reunión, además del ministro, también asistieron Ángel Víctor Torres, presidente del Gobierno de Canarias; Rafael Rodrigo, secretario general de Investigación; Elena Máñez, consejera de Economía, Conocimiento y Empleo; Rosa M. Aguilar, rectora de la Universidad de La Laguna; Jesús E. Marco de Lucas, vicepresidente de Investigación Científica y Técnica del CSIC, en representación de la presidenta del CSIC (por videoconferencia); Pedro M. Martín, presidente del Cabildo Insular de Tenerife; Mariano Hernández Zapata, presidente del Cabildo Insular de La Palma, y Carlos Navarro, director de la ACIISI. Por parte del IAC, además de su director, Rafael Rebolo, también asistieron, la subdirectora, Casiana Muñoz-Tuñón y Jesús Burgos, administrador general.



Imagen de los asistentes al Consejo Rector celebrado hoy en la sede del IAC. Crédito: Inés Bonet (IAC).

El ministro explicó en la reunión que se han constatado los grandes logros del centro y celebró que ha vuelto a conseguir, por tercer periodo consecutivo de cuatro años, la calificación de Centro de Excelencia Severo Ochoa de la Agencia Estatal de Investigación. Subrayó:

"Solo con conocimiento e innovación saldremos de esta crisis de una manera resiliente, de forma que la próxima crisis nos agarre mucho mejor preparados con gente trabajando, aquí en Canarias y en los demás sitios de España, en puestos de mayor valor y mayor remuneración. La innovación es la única manera de tener un sistema social sostenible en el que podamos darles a nuestros hijos un futuro mejor que el nuestro".



Pedro Duque en la reunión del Consejo Rector del IAC. Crédito: Inés Bonet (IAC).



Asistentes al Consejo Rector 2020 en la biblioteca del IAC. En la imagen: Rafael Rebolo, Jesús Burgos, Ángel Víctor Torres, Rafael Rodrigo y Pedro Duque. Crédito: Iván Jiménez (IAC).

Elena Máñez, en representación del Gobierno de Canarias al tener que ausentarse su presidente, señaló: *"Es muy importante para Canarias y para el IAC sentir ese apoyo del Gobierno de España y el compromiso en primera persona del ministro"*. Y se sumó a la felicitación por el reconocimiento al IAC, como centro de excelencia Severo Ochoa *"lo que demuestra el alto nivel en que nos encontramos en Canarias y la importancia que tiene el conocimiento en estos momentos, que es vital en este contexto de dificultades y de crisis que estamos viviendo. El conocimiento no solamente es un valor en sí mismo, sino que aporta ese retorno y esa valorización social y económica"*. Añadió: *"Un ejemplo es IACTEC y la presencia de empresas tecnológicas que están generando empleo y economía y, desde luego, presente y futuro. Con el apoyo de*

las distintas administraciones contribuiremos en este contexto de crisis a aportar ese valor añadido y esa salida sostenible con un pilar fundamental que es el conocimiento”.

Rebolo agradeció el compromiso de los miembros del Consejo Rector con el centro. *“El IAC, dijo, es un centro de investigación en el que hacemos la mejor investigación que podemos y en el que tratamos de formar a los jóvenes en Ciencia, en Ingeniería y hacer también transferencia de tecnología. El nuevo centro IACTEC, en el Parque Científico y Tecnológico de La Laguna del Cabildo de Tenerife, es nuestra oportunidad de acercarnos a esa diversificación y, desde luego, el IAC está por la labor de que todo el know how, todo el conocimiento que adquiere en tecnología, sea transferido a la sociedad. Cuentan, por supuesto, con nuestro compromiso total en este sentido”.*

La situación del TMT

Pedro Duque informó de la decisión del Consorcio del Telescopio de Treinta Metros (TMT) de esperar al menos hasta la primavera de 2021 para tomar la próxima decisión. *“A mí me gustaría reconocer que ha habido un gran esfuerzo y, sobre todo, una gran coordinación de Instituciones que han hecho que el TMT siempre haya sido posible en Canarias y siga siendo posible en Canarias. A nivel técnico no podemos hacer nada más. Lo tenemos todo hecho. Está demostrado por varias vías que el emplazamiento de Canarias es igual de válido y valioso que el emplazamiento de Hawái, para cumplir las expectativas técnicas. El Gobierno de EEUU no estaba dentro del proyecto, estaban instituciones científicas, y ahora están esperando a la resolución del Gobierno de EEUU para ver si quiere entrar en el proyecto con fondos estatales. Y eso tiene que esperar”.*

Rebolo advirtió *“Ni siquiera están en condiciones de discutir una posible contribución tecnológica española porque han elaborado un proyecto donde, inicialmente, eso no estaba contemplado. Y si el Gobierno de EEUU pasa a ser el agente mayoritario de este proyecto, el Consorcio tendrá que seguir sus directrices y, con ese voto mayoritario, tendrá que organizar el futuro de la colaboración. Estamos dispuestos en España a buscar soluciones tecnológicas que aportar, pero tendremos que esperar al año que viene e iniciar negociaciones de cómo se podrían llevar a cabo, cuáles son las posibles vías de financiación, etc.”*

Máñez reiteró en nombre de todas las administraciones de Canarias *“ese compromiso firme con respecto al TMT y que, mientras haya*

alguna posibilidad, peharemos por ella con el convencimiento en nuestras capacidades y potencialidades”.

Por último, Pedro Duque comentó que *“tras las conversaciones de años con el TMT, el Observatorio del Roque de los Muchachos se ha visibilizado muchísimo frente a los científicos que hasta ahora no habían pensado en él y ahora existe la posibilidad de otra serie de proyectos que pueden venir a La Palma, lo que podría ser un aspecto tan positivo o más que el propio y único proyecto del TMT”.*

Vivero de empresas tecnológicas

La iniciativa IACTEC, en colaboración con el Cabildo Insular de Tenerife e INTech Tenerife, en terrenos cedidos por la Universidad de La Laguna, tiene como misión desarrollar en Canarias un ecosistema innovador para la transferencia de alta tecnología entre el sector público y las empresas, aprovechando el capital científico y tecnológico del IAC. Las tres instituciones que lo componen colaboran en el desarrollo de proyectos de I+D+i en el ámbito de los sectores de la Astrofísica, el espacio y las tecnologías afines, mediante el apoyo a la excelencia investigadora y al fomento de la transferencia activa al sector empresarial. El fin de esta colaboración es la implantación de la actividad empresarial intensiva basada en el conocimiento; la valorización de los resultados de I+D+i a través de viveros e incubadoras de empresas y la apuesta por la innovación abierta con el impulso en redes nacionales e internacionales.



Visita de las autoridades a las instalaciones de IACTEC. Crédito: Inés Bonet (IAC).

Antes de la reunión del Consejo Rector, el ministro de visitó el edificio de IACTEC en La Laguna. Sus 3.700 m² en el Parque Científico y Tecnológico de La Laguna están inicialmente orientados a la transferencia de tecnología en los siguientes ámbitos: instrumentación para pequeños satélites, teledetección y comunicaciones ópticas; tecnología médica; tecnolo-

gías ópticas avanzadas y las futuras grandes instalaciones científicas de los Observatorios de Canarias (telescopios como el EST, NRT y los Cherenkov de la red CT). Además, permitirá la cooperación entre el sector público y privado, a nivel tecnológico y empresarial, a la vez que contribuirá al desarrollo industrial y a la comercialización de productos de gran valor añadido en Canarias.



Imagen de Pedro Duque tomada en infrarrojo de onda corta (SWIR) por la cámara DRAGO desarrollado por el Programa de Espacio de IACTEC. Crédito: Inés Bonet (IAC).

El ministro y el secretario general de Investigación estuvieron acompañados en su visita a IACTEC de Pedro Martín, presidente del Cabildo; Enrique Arriaga y Raquel L. Pérez Brito, presidente y consejera delegada, respectivamente, del Parque Científico y Tecnológico de La Laguna donde está emplazado IACTEC; Elena Máñez, consejera de Economía, Conocimiento y Empleo del Gobierno de Canarias; Rosa M. Aguilar y Ernesto Pereda de Pablo, rectora y vicerrector de Investigación de la Universidad de La Laguna; Luis Yeray Gutiérrez, alcalde de La Laguna; Carlos Navarro, director de la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI); Luis Ordóñez, asesor del ministro de Ciencia e Innovación; además del director del IAC



Visita de las autoridades a las instalaciones de IACTEC. Crédito: Inés Bonet (IAC).

y del personal de IACTEC, que explicaron sus proyectos a la comitiva.

Memoria 2019 y Presupuesto 2021

En la reunión el director del IAC informó de la actividad del centro en 2019, así como de los futuros proyectos de investigación. También se ha aprobado la previsión del presupuesto del IAC para 2021, que asciende a 20 millones de euros, de los cuales 14 millones corresponderían al Ministerio de Ciencia e Innovación y 6 millones al Gobierno de Canarias. Ambas administraciones se han comprometido a buscar aportaciones extraordinarias que acerquen el presupuesto de 2020 y el de 2021 a los previsto en el Plan Plurianual. También se ha presentado el proyecto de nuevo centro de sistemas ópticos avanzados que el IAC propone crear en el marco del Plan Estatal de Recuperación. El Consejo mostró su apoyo y valoró esta iniciativa que permitiría crear un nuevo espacio tecnológico, actualmente no cubierto en España por los sectores público y privado.

Casiana Muñoz Tuñón y Jesús Burgos, subdirectora y administrador, informaron de la situación económica, fiscal y sobre el personal del centro, así como de los acuerdos y convenios firmados.



Elena Máñez, Pedro Duque y Rafael Rebolo en la rueda de prensa tras el Consejo Rector del IAC.

Reuniones del Comité Científico Internacional (CCI)

Durante 2020 tuvieron lugar dos reuniones del CCI:

- La reunión número 83 del CCI se celebró **telemáticamente** (Zoom) el 18 de junio.

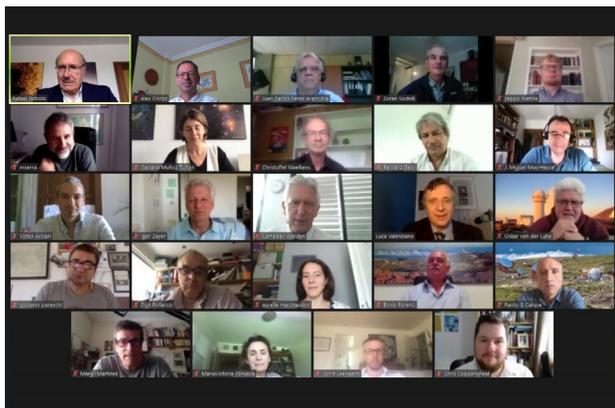
En la reunión se presentaron informes sobre el estado de los OOC y el impacto de la pandemia en su situación económica y gestión diaria. También se expusieron informes sobre la situación de los proyectos TMT y Red ASTRI, así como la presentación del Proyecto MARVEL. El CCI acordó la concesión del tiempo de

observación del Programa de Tiempo Internacional del CCI (ITP).

El CCI acordó dejar para más adelante las reuniones sobre “Futuros instrumentos” a falta de expertos designados para la elaboración de una propuesta.

El CCI acordó el proceso de transición para el nombramiento de un nuevo Secretario del CCI, así como las condiciones de desempeño del puesto.

El CCI aprobó el cierre de cuentas de los Servicios Comunes del Observatorio del Teide.



Asistentes a la 83ª reunión del CCI.

- La reunión número 84 del CCI se celebró **telemáticamente** (Zoom) el 12 de noviembre.

El CCI acordó el nombramiento del Prof. Johan Knapen como nuevo Secretario del CCI y le dio la bienvenida. Se debatió y aprobó la creación de un puesto complementario de secretario administrativo.

Se presentaron los informes sobre los Observatorios, así como de los siguientes telescopios y proyectos: CTA, LST, ASTRI, y se recibió el informe del Presidente del Comité Organizador de la reunión sobre “Futuros instrumentos” celebrado los días de noviembre de 2019.

La Presidenta del SUCOSIP informó sobre las novedades al CCI, describió la próxima instalación del Proyecto ASTRI, la propuesta para un nuevo telescopio pequeño de la ESA y la propuesta del Proyecto MARVEL, que añade 4 telescopios a MERCATOR. También comentó un nuevo informe del Proyecto EST y se debatió su situación.

Se debatió la forma de afrontar el impacto económico de la pandemia en las cuentas del ORM. El CCI aprobó el cierre de las cuentas de Servicios Comunes indiferenciados del ORM para 2019. Los Administradores de los Observatorios presentaron los presupuestos de Servicios Comunes indiferenciados de ambos Observatorios para 2020 con sus tablas de reparto de contribuciones y estos fueron aprobados por el CCI.

IAC
MEMORIA ANUAL
2020

LOS OBSERVATORIOS DE CANARIAS



OBSERVATORIO DEL TEIDE (OT)

Superficie: 50 hectáreas
 Altitud: 2.390 m
 Situación: Isla de Tenerife (Islas Canarias/España)
 Longitud: 16°30'35" Oeste
 Latitud: 28°18'00" Norte

Diámetro (cm)	INSTRUMENTO	PROPIETARIO	Operativo (año)
20	Monitor de <i>seeing</i> automático (DIMMA)	IAC (E)	2010
Telescopios de microondas			
40	Experimento GroundBIRD	Colaboración GroundBIRD *	2019
150	LSPE/STRIP	Univ. Milan (IT) Inst. Física Nuclear (IT) IAC (E)	2019
250 x 2	QUIJOTE I y QUIJOTE II	IAC (E) Univ. Cambridge (RU) Univ. Manchester (RU) Inst. Física Cantabria (E) Univ. Cantabria (E)	2012 y 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 y 2015
30 x 2 40 x 2	Red de telescopios ópticos (OTA)	Sociedad del Telescopio (EEUU)	2015
40	Telescopio PIRATE	Open Univ. (RU)	2017
40 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
90	Telescopio solar THEMIS	CNRS (F)	1996
100	Telescopio SONG	Univ. Aarhus (D) IAC (E)	2014
100	Telescopio OGS	ESA (Intern.)	1996
100	Telescopio ARTEMIS-SPECULOOS	Univ. Lieja (B) MIT (EEUU) IAC (E)	2019
120 x 2	Telescopios robóticos STELLA	Inst. Potsdam (A)	2005 y 2008
150	Telescopio solar GREGOR (GT)	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		
Cámaras			
	CILBO	ESA (Intern.)	2011
	AMOS-CI	Univ. Bratislava (ES)	2014
<p>A= Alemania; B= Bélgica; D= Dinamarca; E= España; EEUU= Estados Unidos; ES=Eslovaquia; F= Francia; IT= Italia; J= Japón; K= Corea; RU= Reino Unido; Intern.= Internacional</p> <p>Colaboración GroundBIRD: RIKEN Inst. for Advanced Photonics, KEK (High Energy Accelerator Research Organization), Kyoto Univ., Saitama Univ., Tokyo Univ., NAOJ (National Astronomical Obs. of Japan) (J), Univ.Tohoku (K); IAC (E).</p>			

OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (ORM)

Superficie: 189 hectáreas
 Altitud: 2.396 m
 Situación: Isla de La Palma (Islas Canarias/España)
 Longitud: 17°52'34" Oeste
 Latitud: 28°45'34" Norte

Diámetro (cm)	INSTRUMENTO	PROPIETARIO	Operativo (año)
20	Monitor de seeing automático (DIMMA)	IAC (E) Univ. Niza (F)	2004
30	Monitor de seeing automático (RoboDIMM)	STFC/ING (RU)	2007
Telescopios ópticos e infrarrojos			
40 x 4	GOTO	Univ. Warwick (RU)	2017
97	Refractor solar (SST)	Univ. Estocolmo (S)	2002
100	Telescopio Warwick	Univ. Warwick (RU)	2014
100	Telescopio Jacobus Kapteyn (JKT)	IAC (E) SARA (EEUU)	2015
120	Telescopio MERCATOR	Inst. Sterrenkunde (B) Univ. Leuven (B)	2002
200	Telescopio robótico Liverpool (LT)	Univ. John Moores Liverpool (RU)	2003
250	Telescopio Isaac Newton (INT)	IAC (E) ING (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 (E) ING (RU)	1987
1.050	Gran Telescopio CANARIAS (GTC)	GRANTECAN (E) Univ. Florida (EEUU) INAOE-UNAM (M)	2008
Telescopios Cherenkov			
	FRAM	Acad. Checa de Ciencias (RCh)	2018
300	FACT	Colaboración FACT *	2011
1.700 x 2	MAGIC I y MAGIC II	Colaboración MAGIC **	2005 y 2008
2.300	LST 1	Colaboración LST ***	2018
Cámaras			
	CILBO	ESA (Intern.)	2011
	AMOS-CI	Univ. Bratislava (ES)	2014
	CAMARA	Univ. Leiden (PB)	2015
<p>B= Bélgica; D= Dinamarca; E= España; EEUU= Estados Unidos; ES=Eslovaquia; F= Francia; FI= Finlandia; IS = Islandia; IT= Italia; M= México; N= Noruega; P= Polonia; PB= Países Bajos; RCh= República Checa; RU= Reino Unido; S= Suecia; T= Tailandia; Intern.= Internacional</p> <p>* Colaboración FACT: Univ. Würzburg, TU Dortmund (A); ETH Zurich; ISDC, Univ. Ginebra (SZ).</p> <p>** Colaboración MAGIC: Inst. for Nuclear Research & Nuclear Energy (BU); Croatian MAGIC Consortium (Rudjer Boskovic Inst., Univ. Rijeka & Univ. Split.) (C); Finnish MAGIC Consortium (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 Consortium (ICRR, Univ. Tokyo, Tokyo & Division of Physics & Astronomy, Univ. Kyoto (J); Univ. Łódź (P); CIEMAT, Madrid, IAC, La Laguna, IFAE-BIST & CERES-IEEC, Univ. Autònoma de Barcelona, ICE-CSIC, Univ. Barcelona, Univ. Complutense, Madrid (E); ETH, Zurich, ISDC, Univ. Geneva (SZ).</p> <p>*** 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, Univ. Autònoma de Barcelona, ICC, Univ. Barcelona, Univ. Complutense, Madrid (E); Univ. Stockholm (S); ETH, Zurich (SZ).</p>			

COMISIÓN PARA LA ASIGNACIÓN DE TIEMPO (CAT)

En los Observatorios del IAC



Entre los objetivos del IAC figura “promover la investigación astrofísica” y “fomentar las relaciones con la comunidad científica nacional e internacional”. La forma más directa que tiene el Instituto de actuar en tal sentido es facilitando el uso de tiempo de observación disponible en cada uno de los telescopios instalados en los Observatorios de Canarias. La asignación de tiempo de observación se realiza a través de la “Comisión de Asignación de Tiempo” (CAT), constituido por astrofísicos de probada cualificación, que se adscribe a las listas de candidatos elegibles según sus campos de investigación. Las normas sobre su composición y funcionamiento las fija el Consejo Rector del IAC.

El Presidente del CAT continúa actuando en delegación del Director del IAC. Además hay un representante del Comité Científico Internacional (CCI).

Cada uno de los tres Paneles de la nueva composición está formado por un Comisionado, un Vice-comisionado, un representante de la Subdirección General de Promoción e Infraestructuras Tecnológicas y Grandes Instalaciones del Ministerio de Educación y Ciencia, en relación con el Programa de Mejora y Acceso a Grandes Instalaciones y tres vocales y especializados en un campo específico de la Astrofísica: el Panel de **Galaxias y Cosmología (GACOS)**, el de **Galaxias y Estrellas (GAES)** y el de **Estrellas y Planetas (ESPLA)**. El cometido de estos Paneles es reunirse para estudiar las propuestas de su especialidad, pre-evaluar las solicitudes y hacer llegar sus informes científicos al Presidente y Vicepresidente del CAT, por medio de sus respectivos Comisionados y Vice-comisionados, con el propósito de facilitarles su labor. Los tres Paneles se reúnen simultáneamente durante dos días consecutivos y los seis Comisionados y Vice-comisionados se reúnen a continuación con el Presidente y Vice-presidente durante dos días más.

Los miembros del CAT no permanecen en él más de 4 evaluaciones consecutivas (2 años). Al final de cada reunión semestral evaluadora se nombra el vocal correspondiente a la plaza que ha quedado vacante, de tal manera que vayan renovándose los vocales de uno en uno.

SALA NOCTURNA

El CAT, en la sala nocturna, para los telescopios nocturnos, se reunió en dos ocasiones y asistieron a las reuniones:

22-25 de junio (1)

23-26 de noviembre (2)

Presidenta	María Rosa Zapatero Osorio (CAB, CSIC-INTA) (1 y 2)
Vicepresidente	Ignacio Trujillo Cabrera (IAC) (1 y 2)

PANEL I; GALAXIAS Y COSMOLOGÍA (GACOS)

Comisionado	Helmut Dannerbauer (IAC) (1 y 2)
Vice-comisionado	Fernando Buitrago Alonso (Univ. de Valladolid) (1 y 2)
Vocales	Ariadna di Cintio (IAC) (1) Ignacio Martín Navarro (IAC) (1 y 2) Ignacio Ferreras Páez (IAC) (1 y 2) Silvia Mateos Ibañez (IFCA) (1) Mar Mezcua Pallerola (ICE) (2)

PANEL II; GALAXIAS Y ESTRELLAS (GAES)

Comisionado	Nancy Elias de la Rosa (ICE) (1 y 2)
Vice-comisionado	Giuseppina Battaglia (IAC) (1) Martín Guerrero Roncel (IAA) (2)
Vocales	Miriam García García (CAB, CSIC-INTA) (1) Mateteo Monelli (IAC) (2) Jorge García Rojas (IAC) (1 y 2) Ignacio Mendigutía Gómez (CAB, CSIC-INTA) (1 y 2) Nanda Rea (IAC) (1) Francesco Coti Zelati (ICE) (2)

PANEL III; ESTRELLAS Y PLANETAS (ESPLA)

Comisionado	Carlos Allende Prieto (IAC) (1 y 2)
Vice-comisionado	Jorge Lillo- Box (CAB, CSIC-INTA) (1 y 2)
Vocales	Paulo A. Miles Páez (ESO) (1 y 2) David Montes Gutiérrez (UCM) (1 y 2) Alejandro Suárez Mascareña (IAC) (1 y 2) Avidiu Vaduvescu (ING) (1 y 2)

SALA DIURNA

El CAT, en la sala diurna, distribuyó el tiempo de observación de los telescopios solares. Se reunió en dos ocasiones y los participantes fueron:

27 de enero

20 de octubre

Presidenta	Elena Khomenko (IAC)
Vocal del IAC	David Orozco Suarez (IAA)
Vocal de la Comunidad Nacional	Jaume Terradas (Univ. Islas Baleares)
Vocal Comité Científico Internacional	Jaime de la Cruz Rodríguez (Univ. de Estocolmo, Suecia)

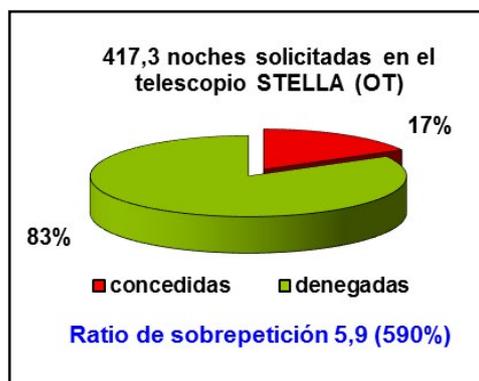
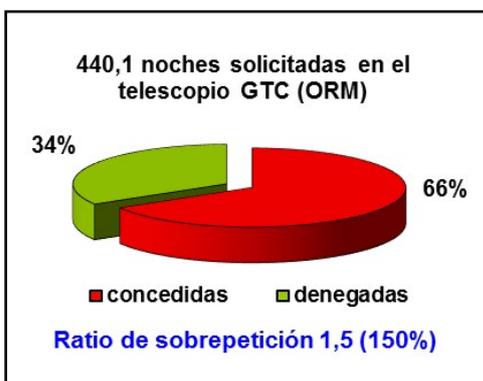
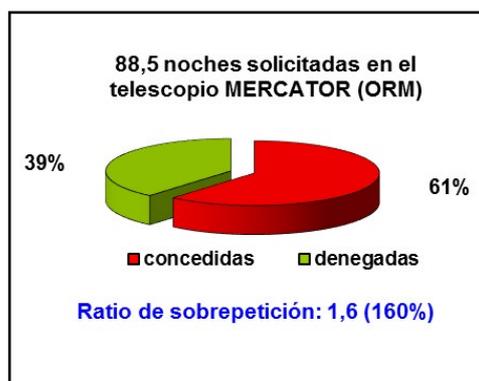
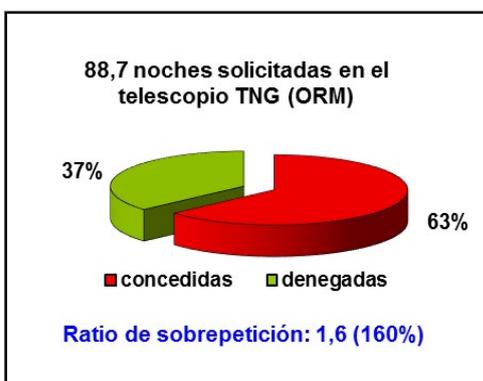
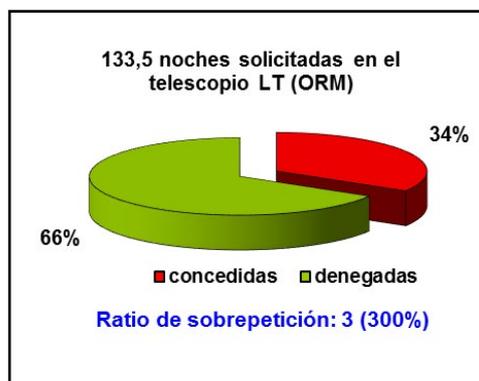
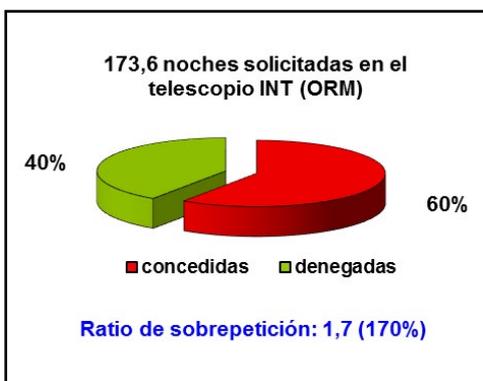
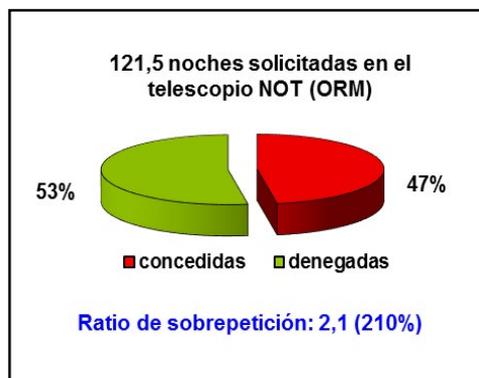
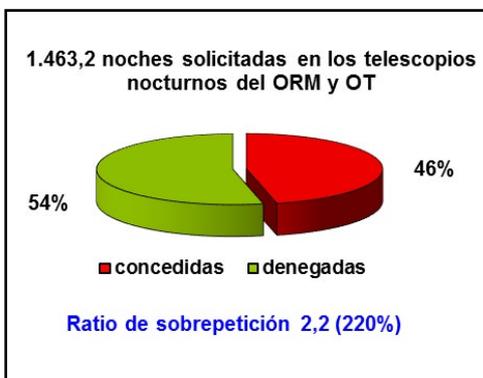
NOTA: Las resoluciones del CAT, con las propuestas seleccionadas, aparecen detallados en las siguientes direcciones electrónicas:

- telescopios solares: <http://www.iac.es/cat/pages/cat-solar/es/introducciasup3n.php>
 - telescopios nocturnos: <http://www.iac.es/cat/pages/cat-nocturno/es/presentacion.php>
- por lo que para evitar repeticiones no se incluirán en esta Memoria.

RATIOS DE SOBREPETICIÓN PARA EL TIEMPO ESPAÑOL EN LOS TELESCOPIOS NOCTURNOS DEL OT Y DEL ORM

El Telescopio WHT no se ofreció a la comunidad en estos dos semestres en preparación para la llegada del instrumento WEAVE.

El ratio de sobrepetición expresa el número de noches solicitadas por cada noche concedida.



ACUERDOS



A lo largo de 2020 se firmaron los siguientes Acuerdos:

CONCIERTO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN PARA LA FORMACIÓN PROFESIONAL DUAL EN CENTROS DE TRABAJO IES PUERTO DE LA CRUZ - TELESFORO BRAVO

Objeto: La realización coordinada del programa formativo del módulo profesional de FCT entre el centro docente y la empresa o entidad colaboradora con el fin de que el alumnado que cursa enseñanzas de formación profesional lleve a cabo adecuadamente dicho módulo en el centro de trabajo, de acuerdo con el currículo establecido y el perfil profesional que debe alcanzar el mismo.

Otros/participantes: IES Puerto de la Cruz-Telesforo Bravo (Puerto de la Cruz, S/C de Tenerife).

Fecha: 03/02/20

CONVENIO ENTRE LA UNIVERSIDAD DE LIEJA, EL MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY Y EL IAC PARA LA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DEL SPECULOOS NORTHERN OBSERVATORY (SNO) EN EL OBSERVATORIO DEL TEIDE

Objeto: La instalación y operación del SPECULOOS Northern Observatory (SNO) en el Observatorio del Teide (OT), Tenerife.

Otros/participantes: Universidad de Lieja (Bélgica) y el Massachusetts Institute of Technology (MIT) (EEUU).

Fecha: 05/02/20

CONCIERTO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN PARA LA FORMACIÓN PROFESIONAL DUAL EN CENTROS DE TRABAJO IES TACORONTE - ÓSCAR DOMÍNGUEZ

Objeto: La realización coordinada del programa formativo del módulo profesional de FCT entre el centro docente y la empresa o entidad colaboradora con el fin de que el alumnado que cursa enseñanzas de formación profesional lleve a cabo adecuadamente dicho módu-

lo en el centro de trabajo, de acuerdo con el currículo establecido y el perfil profesional que debe alcanzar el mismo.

Otros/participantes: IES Tacoronte-Óscar Domínguez (Tacoronte, S/C de Tenerife).

Fecha: 06/02/20

MEMORANDO DE ENTENDIMIENTO ENTRE LA UNIVERSIDAD DE CANTERBURY Y EL IAC

Objeto: Intercambio de información con carácter confidencial en el ámbito del sensado del frente de onda en el óptico y para el desarrollo de sistemas de Óptica Adaptativa.

Otros/participantes: Universidad de Canterbury (Christchurch, Nueva Zelanda).

Fecha: 09/03/20

ACUERDO DE COLABORACION ENTRE TERRA HUNTING Y EL IAC

Objeto: Crear un consorcio para perseguir conjuntamente un programa científico utilizando las capacidades del espectrógrafo de alta precisión HARPS-3; el objetivo del programa científico es detectar gemelos terrestres alrededor de estrellas cercanas.

Otros/participantes: Nederlandse Onderzoekschool Voor Astronomie - NOVA; Universidad de Princeton (EEUU); las universidades: Queen's University Belfast, Cambridge, Exeter y Oxford (Reino Unido); Universidad de Ginebra (Suiza) y el Observatorio Astronómico de Uppsala (Suecia).

Fecha: 26/03/20

ADENDA AL CONVENIO DE COLABORACION ENTRE LA UNIVERSIDAD DEGLI STUDI DI MILANO Y EL IAC

Objeto: La modificación del "Convenio entre la Università degli Studi di Milano y el Instituto de Astrofísica de Canarias para la instalación y operación del experimento LSPE/STRIP en el Observatorio del Teide", incorporando al Istituto Nazionale di Fisica Nucleare con los derechos y obligaciones estipulados.

Otros/participantes: Università Degli Studi Milano e Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (Italia).

Fecha: 09/04/20

CONVENIO DE COOPERACIÓN EDUCATIVA PARA LA REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS EXTERNAS, TRABAJOS FIN DE GRADO Y TRABAJOS FIN DE MÁSTER, DEL ALUMNADO DE LAS TITULACIONES DE GRADO Y DE MÁSTER OFICIALES DE LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (ULL)

Objeto: Regular la colaboración entre la entidad colaboradora y la Universidad de La Laguna (ULL) para facilitar al alumnado que participa en los cursos correspondientes a los títulos de Grado y Máster oficiales de la ULL, la realización de prácticas externas en centros de trabajo de la entidad colaboradora y conseguir, de esta manera, una formación más completa en contacto con el ambiente real del mundo laboral y el trabajo desarrollado en las ocupaciones profesionales relacionadas con los estudios que cursan.

Otros/participantes: Universidad de La Laguna (ULL).

Fecha: 26/05/20

CONVENIO ENTRE EL CABILDO INSULAR DE TENERIFE, EL PARQUE CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO DE TENERIFE (INTECH TENERIFE), LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (ULL) Y EL IAC PARA LA PROMOCIÓN DE LA I+D+i, LA ACTIVIDAD EMPRESARIAL Y LA TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO EN EL SECTOR DE ASTROFÍSICA Y ESPACIO VINCULADAS AL EDIFICIO IACTEC

Objeto: Uso del edificio IACTEC por parte del IAC. La promoción y colaboración entre las partes para el desarrollo de proyectos de I+D+i en el ámbito de los sectores de la Astrofísica, el espacio y las tecnologías afines, mediante el apoyo a la excelencia investigadora y al fomento de la transferencia activa al sector empresarial. El propósito es la implantación de la actividad empresarial intensiva basada en el conocimiento; la valorización de los resultados de I+D+i a través de viveros e incubadoras de empresas y la apuesta por la innovación abierta con el impulso en redes nacionales e internacionales.

Esta instalación, tiene una superficie de 3.700 m² y finalizó su construcción en 2019 en el en-



Fachada del edificio IACTEC. Crédito: Inés Bonet (IAC).

clave del Parque Científico y Tecnológico de La Laguna ("Hogar Gomero").

Otros/participantes: Cabildo Insular de Tenerife, Parque Científico y Tecnológico de Tenerife (INtech Tenerife) y la Universidad de La Laguna (ULL).

Fecha: 08/06/20

CONVENIO ENTRE LA UNIVERSIDAD DE TURKU Y EL INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS PARA LA OPERACIÓN DEL TELESCOPIO ÓPTICO NÓRDICO (NOT) EN EL OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (ORM)

Objeto: La operación del Telescopio NOT en el ORM (La Palma) en los términos y condiciones que se establecen en el Artículo 3 del Protocolo del Tratado Internacional y las que se contemplan en este Convenio.

Otros/participantes: Universidad de Turku (Finlandia).

Fecha: 18/06/20



La Rectora de la ULL, Rosa Aguilar; el presidente del Cabildo de Tenerife, Pedro Martín; el vicepresidente Enrique Arriaga; y el director del IAC, Rafael Rebolo; durante la firma del convenio. Crédito: Ramón de la Rocha (EFE).

MEMORANDO DE ENTENDIMIENTO ENTRE MORPHOPTIC INC. Y AL IAC

Objeto: Establecer la línea base del trabajo conjunto entre los participantes abordando intereses comunes, que incluyen el desarrollo de telescopios segmentados y otras posibles

colaboraciones específicas futuras. Las partes se han comprometido a promover la Astrofísica y desarrollar telescopios de próxima generación y a establecer esta colaboración sobre la base de las instalaciones avanzadas de cada parte (ej. el desarrollo de telescopios de nueva tecnología, así como el desarrollo de software por MorphOptic Inc. y la construcción y operación de telescopios por el IAC).

Otros/participantes: MorphOptic Inc. Maui (Hawai, EEUU).

Fecha: 03/08/20

MEMORANDO DE ENTENDIMIENTO ENTRE THE INDIAN INSTITUTO OF ASTROPHYSICS (IIA) EL IAC Y GRANTECAN S.A.

Objeto: Establecer la línea de base del trabajo conjunto entre los participantes abordando intereses comunes, que pueden incluir el desarrollo de tecnologías de telescopios segmentados así como el desarrollo de tecnologías robóticas así como el desarrollo de telescopios robóticos y otras posibles futuras colaboraciones. Las partes se han comprometido a promover la Astronomía y la Astrofísica y a establecer esta colaboración sobre la base de las instalaciones avanzadas de cada parte y las capacidades científicas y tecnológicas del IAC.

Otros/participantes: GRANTECAN S.A. e Indian Institute of Astrophysics (IIA) (Bangalore, India).

Fecha: 12/08/20

CONVENIO ENTRE EL INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS Y EL EXCMO. AYUNTAMIENTO DE GÜÍMAR EN MATERIA DE REGULACIÓN LUMÍNICA Y DIFUSIÓN DE LA ASTRONOMÍA

Objeto: Fijar las pautas generales de colaboración entre el IAC y el Ayuntamiento de Güímar, para el asesoramiento por parte del IAC en relación a temas de contaminación lumínica y normativas asociadas; y para la colaboración entre ambas instituciones con actividades de divulgación y educación en el Municipio para la difusión de la Astronomía y tecnologías asociadas.

Otros/participantes: Ayuntamiento de Güímar (S/C de Tenerife).

Fecha: 01/10/20

EXTENSION DEL MEMORANDO DE ENTENDIMIENTO ENTRE RIKEN CENTER FOR ADVANCED PHOTONICS Y EL IAC

Objeto: Continuar con El Memorando de Entendimiento firmado en 2016, de la misma manera y en los mismos términos y condiciones, con el fin de promover y hacer avanzar la actual relación de colaboración internacional en educación e investigación.

Otros/participantes: RIKEN Center for Advanced Photonics (Japón).

Fecha: 06/10/20

CONCIERTO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN PARA LA FORMACIÓN PROFESIONAL DUAL EN CENTROS DE TRABAJO IES VIRGEN DE LA CANDELARIA

Objeto: La realización de un proyecto de formación dual entre el centro educativo y la entidad colaboradora dirigido al alumnado de aquellos ciclos formativos duales autorizados con el fin de proporcionar una cualificación profesional que combine la formación recibida en un centro educativo con la actividad formativa en empresas, de acuerdo con el perfil profesional que deben alcanzar el alumnado en relación con los ciclos formativos en que cursan los estudios.

Otros/participantes: IES Virgen de la Candelaria (Santa Cruz de Tenerife).

Fecha: 15/10/20

PROTOCOLO DE COLABORACIÓN RELATIVO A LA PREVENCIÓN, ALERTA TEMPRANA Y RESPUESTA RÁPIDA FRENTE A ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS EN EL ÁMBITO DE LA ISLA DE LA PALMA

Objeto: El objetivo de esta es mejorar la coordinación y eficacia de las labores que llevan a cabo ambas entidades para preservar la biodiversidad en el área del Roque de los Muchachos y garantizar la actuación rápida ante nuevas amenazas.

Otros/participantes: Fundación Canaria Reserva Mundial de la Biosfera La Palma.

Fecha: 23/10/20

CONVENIO PARA LA MEJORA DE LOS INSTRUMENTOS OSIRIS, EMIR Y FRIDA EN EL GRAN TELESCOPIO CANARIAS (GTC)

Objeto: Promover la colaboración entre las partes para avanzar en nuevas, mejores y ma-

yores prestaciones de los instrumentos OSIRIS y EMIR, así como para actualizar el diseño del instrumento FRIDA en el Telescopio GTC. Estas mejoras y actualizaciones se han dado en llamar de aquí en adelante de forma conjunta y para mayor claridad "Proyecto ADFEMOS".

Otros/participantes: GRANTECAN S.A.

Fecha: 10/11/20

ACUERDO DE NO DIVULGACION ENTRE D-ORBIT SpA Y EL IAC

Objeto: La no divulgación de información técnica o comercial de naturaleza patentada o confidencial relativa al funcionamiento del instrumento DRAGO.

Otros/participantes: D-ORBIT SpA (Italia).

Fecha: 10/11/20

ADENDA CONCIERTO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN PARA LA FORMACIÓN PROFESIONAL DUAL EN CENTROS DE TRABAJO IES VIRGEN DE LA CANDELARIA

Objeto: La realización de un proyecto de formación dual entre el centro educativo y la entidad colaboradora dirigido al alumnado de aquellos ciclos formativos duales autorizados con el fin de proporcionar una cualificación profesional que combine la formación recibida en un centro educativo con la actividad formativa en empresas, de acuerdo con el perfil profesional que deben alcanzar el alumnado en relación con los ciclos formativos en que cursan los estudios.

Otros/participantes: IES Virgen de la Candelaria (Santa Cruz de Tenerife).

Fecha: 25/11/20

CONVENIO PARA LA DIFUSIÓN Y EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA POR MEDIO DEL MUSEO DE LA CIENCIA Y EL COSMOS

Objeto: La colaboración entre las partes para la difusión y el desarrollo de la ciencia y la tecnología basándose en el desarrollo tecnológico, los descubrimientos científicos y la actividad investigadora en el IAC estructurada en los distintos proyectos de investigación astrofísica, por medio del Museo de la Ciencia y el Cosmos. Asimismo, el establecimiento de un Programa Anual para las actividades a llevar a cabo en dicho Museo que conlleven que aquél se caracterice como un centro cultural y educativo vivo y dinámico, en constante y permanente evolución y actualización, incentivándose en el mismo el aprendizaje y el contacto de

los visitantes con la ciencia de forma lúdica y placentera, con mecanismos que inciten a la curiosidad del ser humano.

Otros/participantes: Organismo Autónomo de Museos y Centros de Tenerife.

Fecha: 01/12/20

PROTOCOLO GENERAL DE COOPERACIÓN Y DE GOBERNANZA DEL DIGITAL INNOVATION HUB DE CANARIAS - CIDIHUB

Objeto: Conseguir aumentar la competitividad de todas las empresas pymes de Canarias, en especial aquellas vinculadas a la Transformación Digital, la Economía Azul y la Economía Verde, fomentando la innovación y la digitalización de las mismas, a través de los siguientes objetivos específicos: colaborar y apoyar el desarrollo tecnológico innovador en el sector; impulsar la aplicación de soluciones tecnológicas innovadoras a todo tipo de empresas; fortalecer el tejido empresarial canario, a través de la colaboración entre empresas, asociaciones, organismos, etc. que fomenten la aparición de sinergias beneficiosas para todas las partes y favorezcan la internacionalización de las empresas canarias.

Otros/participantes: Asociación de empresas tecnológicas INNOVALIA; Avantalia Soluciones; Canarias Excelencia Tecnológica; Centro Tecnológico de Ciencias Marinas; Cluster Marítimo de Canarias (CMC); Confederación Canaria de Empresarios; Consorcio para el diseño, construcción, equipamiento y explotación de la Plataforma Oceánica de Canarias; Instituto Tecnológico de Canarias; Instituto tecnológico y de Energías Renovables, ITER S.A.; InTech Tenerife; Parque Tecnológico de Fuerteventura S.A. M.P.; Sociedad de Promoción Económica de Gran Canaria, S.A.; Universidad de La Laguna (ULL) y Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC).

Fecha: 14/11/20

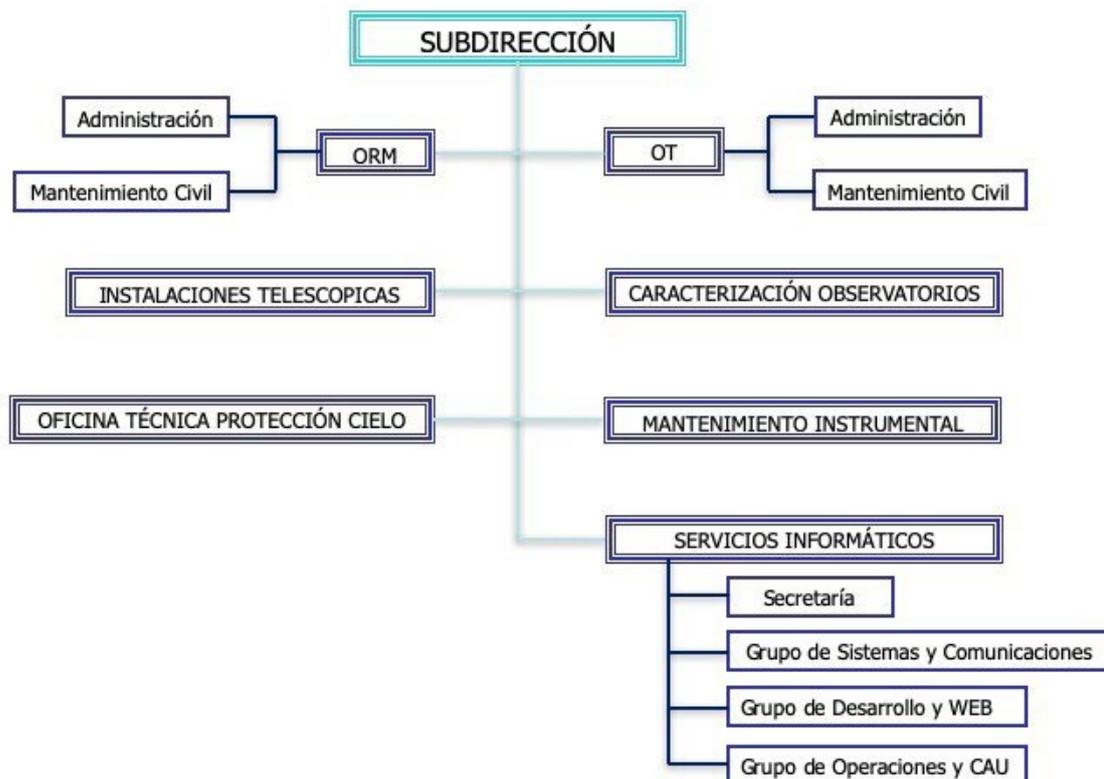
SUBDIRECCIÓN



Todas las unidades directamente relacionadas con la operación de los Observatorios de Canarias, están agrupadas y dependen de la Subdirección del IAC (decidido en el Consejo Rector de junio de 2015). De esta manera se asegura la sinergia entre ellas, una gestión activa de los acuerdos internacionales y la coordinación entre ambos Observatorios, Además se optimiza el trabajo de las diferentes unidades de apoyo a las actividades en La Palma y Tenerife.

Las unidades dependientes de la Subdirección son las que se detallan a continuación.

- Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM) + Centro de Astrofísica de La Palma (CALP)
- Observatorio del Teide (OT)
- Operaciones de las Instalaciones Telescópicas
- Caracterización de los Observatorios de Canarias
- Mantenimiento Instrumental
- Oficina Técnica para la Protección del Cielo (OTPC)
- Servicios Informáticos comunes (SI)





El IAC juega un papel clave garantizando la excelencia de los OCCC, no sólo a nivel científico; también en el despliegue de inversiones tecnológicas y técnicas que aseguran una explotación exitosa de los mismos y una operación ininterrumpida los 365 días del año.

Actualmente los OCCC albergan numerosos telescopios e instrumentos, constituyendo el grupo de instalaciones para astrofísica nocturna y solar, visible e infrarroja, más importante en los territorios de la Unión Europea (UE) y la mayor colección de telescopios multinacionales en todo el mundo. Otros experimentos para Astrofísica de Altas Energías y el estudio del Fondo Cósmico de Microondas completan la batería de instalaciones disponibles.

Los OCCC albergan el mayor telescopio Óptico-IR de Mundo, el Gran Telescopio Canarias (GTC), de 10,4 m de espejo primario. Además, dos telescopios Cherenkov (MAGIC I y MAGIC II) actualmente operativos, y cuya exploración científica será ampliamente reforzada por la red de telescopios Cherenkov Telescope Array (CTA) en el Hemisferio Norte. CTA constituirá el mayor y más sensible observatorio de rayos gamma de alta energía. El Proyecto consta de 4 telescopios Cherenkov de 23 m (Large-Sized Telescopes, LST) y 15 de 12 m (Medium-Sized Telescopes, MST). El primer LST se inauguró en 2018 y los otros 3 están en fase de construcción. Por su parte, el Observatorio del Teide acoge también un ambicioso experimento para el estudio del Fondo Cósmico de Microondas (QUIJOTE) y diversos instrumentos empleados en el Laboratorio Solar. Entre las instalaciones solares destacan el telescopio de 1,5 m GREGOR (situado en el OT) y la Torre Solar Sueca, de 1 m, en el ORM, además del futuro telescopio solar europeo (EST) de clase 4 m. A todo ello, debemos añadir los instrumentos de monitorización automática, dedicados es-

tos últimos a la cuantificación y 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. 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.

La organización detallada, planificación y funcionamiento cotidiano se articula a través de diferentes comisiones y comités. Se listan a continuación algunos de ellos de especial relevancia.

Comités oficiales relacionados con los Observatorios:

- Grupo de Trabajo Observatorio Sostenible
- Comité de Seguridad ORM
- Comité Internacional de Iluminación (CIE)
- Comité de Alto nivel Acuerdo IAC-AEMET
- Comité de Servicios Comunes del Observatorio del Roque de los Muchachos
- Comité de Servicios Comunes del Observatorio del Teide
- SuCOSIP (CCI)
- Subcommittee Site Properties CCI
- Laser Working Group (SUCOSIP/CCI)
- Comité Científico Internacional (CCI)

OBSERVATORIOS DE CANARIAS (OCC)

Los Observatorios de Canarias (OCC), administrados por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) están catalogados como Infraestructuras Científicas y Técnicas Singulares (ICTS). En los dos emplazamientos que lo conforman, el Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM, La Palma) y el Observatorio del Teide (OT, Tenerife), ambos a unos 2.400 m de altitud, colaboran más de 75 instituciones científicas de 25 países.

Ambos Observatorios, como uno sólo, bajo la denominación de Observatorios de Canarias (OCC), forman parte del mapa nacional de Instalaciones Científicas y Técnicas Singulares (ICTS), como parte integrante de la Red de Infraestructuras de Astronomía.

La excelente calidad astronómica del cielo de Canarias, perfectamente caracterizado y protegida por Ley, hace de los Observatorios del IAC una "reserva astronómica", abierta a la comunidad científica internacional desde 1979 mediante la firma de los Acuerdos de Coope-

ración en materia de Astrofísica. Los Acuerdos Internacionales de Astrofísica confieren a la participación española unas características singulares y un marco de colaboración con organizaciones científico-técnicas facilitando, entre otros aspectos, atraer notables inversiones a los observatorios; mantener en funcionamiento unas instalaciones de primer orden; reservar para la comunidad astrofísica española un porcentaje del tiempo de observación más un 5% adicional para programas cooperativos, lo que supone un retorno mucho más que proporcional a la inversión española; y desarrollar en Canarias tecnología avanzada de calidad, con una intensa promoción de la industria de la ciencia, posicionándola de manera estratégica para la construcción de la nueva generación de telescopios en los principales observatorios del mundo.



Panorámicas del Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM), arriba, y del Observatorio del Teide (OT) abajo.

FINANCIACIÓN

Si bien los OOCs disponen de numerosas infraestructuras de apoyo a la observación, la creciente demanda de nuevas instalaciones, unida a la alta competencia por consolidar a los OOCs como punto de emplazamiento de referencia mundial en el hemisferio norte, han propiciado la elaboración de un Plan Estratégico 2017-2021 (prorrogado hasta 2023) con 3 objetivos estratégicos:



Para ello se han priorizado inversiones estratégicas en las siguientes actuaciones clave:

- INSTRUMENTACIÓN AVANZADA PARA INSTALACIONES TELESCÓPICAS
- MEJORA EN OPERACIONES TELESCÓPICAS Y PROGRAMAS DE OBSERVACIÓN
- GRANDES INFRAESTRUCTURAS DE INVESTIGACIÓN
- SERVICIOS E INFRAESTRUCTURAS TÉCNICAS ESTRATÉGICAS DE APOYO A LA EXPLOTACIÓN CIENTÍFICA DE LOS OBSERVATORIO DE CANARIAS

Estas actuaciones se desagregan en 20 acciones prioritarias, incluyendo inversiones en infraestructuras únicas o excepcionales en su género, por valor próximo a los 30 millones de euros,

cuya importancia y carácter estratégico justifica que su uso esté abierto a todo el colectivo de I+D+i. Los OOCs dependen indefectiblemente del adecuado respaldo de Servicios e Infraestructuras Técnicas Estratégicas que desarrolla el Plan Estratégico. Cumplir con estas necesidades técnicas garantiza su reconocimiento como parte de la élite de la astronomía mundial y apalanca su impacto socio-económico. Por un lado, estos prestigiosos emplazamientos de investigación astrofísica abren la puerta a nuevas inversiones en instalaciones telescópicas clave para el sector astrofísico, reportando beneficios directos a empresas de diversos ámbitos, incluyendo aquellas de ingeniería especializada, de mecanizado de precisión de grandes y pequeñas dimensiones, empresas de calderería y punteados de precisión y empresas de desarrollo y construcción de circuitos electrónicos, software especializado, entre otras. Los beneficios son directos para todas ellas ya que deberán incorporar técnicas y recursos específicos para los nuevos proyectos incluyendo nuevos desarrollos en aspecto clave como: grandes estructuras mecánicas para telescopios gigantes, electrónica ultra-rápida y de bajo ruido para cámaras, integración de mecánica y electrónica en esas cámaras, sistemas de control, sistemas auxiliares, espejos, etc.

Los OOCs pueden acceder a financiación FEDER para desarrollar inversiones estratégicas gracias a su inclusión en el Mapa nacional de ICTS. Las ICTS son grandes instalaciones, de titularidad pública, que se caracterizan por ser únicas en su género y por estar abiertas a usuarios de toda la comunidad científico-tecnológica e industrial del sector público y privado. Son instalaciones complejas, de coste de construcción y operación elevado, que implican desarrollos tecnológicos específicos y la utilización de tecnología de vanguardia y que requieren de una masa crítica de científicos y tecnólogos. Las imágenes siguientes resumen la situación de financiación solicitada:

Plan Estratégico de los OOCs (2017-2021) PROCESO DE EVALUACIÓN INTERNACIONAL

MAPA DE INFRAESTRUCTURAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS SINGULARES (ICTS)

MAPA DE INFRAESTRUCTURAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS SINGULARES (ICTS)

INFRAESTRUCTURA DE CIOS

ÁREAS TEMÁTICAS

- ▶ FORMALMENTE APROBADO: DICIEMBRE 2018
- ▶ 19 acciones (de 33) priorizadas por la Junta de Evaluación Internacional
- ▶ Propuesta de ejecución: Ene 2019 - Jun 2023
- ▶ Número de acciones que han solicitado fondos: 17
- ▶ Número de acciones financiables con fondos FEDER: 11
- ▶ Fondos solicitados (provisionalmente): 8,1 Meuros
- ▶ Fecha prevista para la firma del convenio: Mayo 2020.

MAPA DE INFRAESTRUCTURAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS SINGULARES (ICTS)

El IAC ha presentado una primera operación denominada INSIDE-OOCC cuyo presupuesto total asciende a 8,139 k€. Asimismo, está en preparación una nueva solicitud para la construcción de 5 MSTs vinculados al proyecto de CTA-Norte y una actualización del Plan Estratégico para incluir las siguientes actuaciones:

1. The New 4m Robotic Telescope (NRT)
2. Zero discharge of sewage from observatories
3. A new 2m-class telescope as major upgrade of IAC-80
4. Upgrade the OGS and production of pilot interference filters for wide field surveys
5. New technology hybrid optical telescope (miniELF)
6. A multi-line integral field unit spectro-polarimeter for THEMIS

Respecto a la solicitud INSIDE, señalar que todas las actuaciones contempladas en esta operación y sus respectivas sub-actuaciones contribuyen a la implementación de las 4 estrategias definidas en el Plan Estratégico y se desarrollan a través de inversiones priorizadas por el Comité Asesor de Infraestructuras Singulares (CASI), cuyos principales bloques se listan a continuación:

Estrategia plan OOCC	Actuación / Subactuación	Presup. (k€)	Periodo
S2; S4	Actuación 1. Instrumentación avanzada para instalaciones telescópicas	2.325	2019- jun2023
S2	SUB-ACT1.2 WHT	200	2019- dic2022
S2	SUB-ACT1.3 ARES:HARPS3&HORUS	500	2019- dic2021
S4	SUB-ACT1.4 LGSF	1.000	2019- jun2023
S2	SUB-ACT1.5 FCM-QUIJOTE	625	2019- jun2023
S2	Actuación 2. Mejora en operaciones telescópicas y programas de observación	914	2019- jun2023
S2	SUB-ACT2.2 NUEVOS DETECTORES	594	2019- jun2023
S2	SUB-ACT2.3 IAC80&TCS	320	2019- jun2023
S1	Actuación 3. Grandes infraestructuras de investigación	1.000	2019- jun2023
S1	SUB-ACT3.1 EST	1.000	2019- jun2023
S3;S4	Actuación 4. Servicios e infraestructuras técnicas estratégicas de apoyo a la explotación científica de los Observatorios de Canarias	3.900	2019- jun2023
S3	SUB-ACT4.1 EQUIP EMERGENCIAS	300	2019- 2020
S3	SUB-ACT4.2 ORM-POWER ISSUES	2.700	2019- jun2023
S3	SUB-ACT4.3 REDIRIS-NOVA	490	2019- 2021
S4	SUB-ACT4.4 SKY QUALITY	410	2019- jun2023
Total general:		8.139	

La descripción detallada de cada una de las actuaciones y subactuaciones está en la memoria del IAC 2019 (<https://www.iac.es/es/divulgacion/ediciones/memoria-iac-2019>).

Por otra parte, 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 las islas de La Palma y Tenerife, que no sólo aprecian y valoran el cielo que poseen sino que además asumen la importancia de cuidarlo. El Plan actual contribuirá especialmente a la labor de sensibilización de residentes y visitantes de las Islas acerca de esta reserva astronómica, acercándoles la ciencia realizada en ambos Observatorios a la vez que se destaca la importancia de preservar las condiciones excepcionales de este patrimonio natural.

Durante 2020 se organizó la conferencia “online” Dark&QuietSkiesforScienceandSociety (https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/psa/schedule/2020/2020_dark_skies.html).

El progreso tecnológico, y en concreto la iluminación artificial de las áreas urbanas, hace que sea cada vez más difícil observar un cielo nocturno nítido. La polución lumínica y la interferencia de señales de radio están poniendo en peligro emplazamientos que fueron elegidos en su día para albergar los observatorios astronómicos más sofisticados por lo favorable de su ubicación. En los últimos tiempos, la interferencia visual de las megaconstelaciones de satélites artificiales en órbita terrestre baja ha añadido otro impacto negativo considerable a la observación del cielo nocturno.

La Unión Astronómica Internacional (IAU), junto con la Oficina de Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA) y el Gobierno de España promovieron una conferencia titulada “Cielos oscuros y silenciosos para la ciencia y la sociedad”, que tenía previsto organizar el Instituto (IAC) en octubre de 2020, finalmente, la pandemia obligó a celebrar el evento en línea.

El éxito de este taller en línea superó con creces las expectativas, con más de 950 participantes registrados de todo el mundo y entre 250 y 380 asistentes en cada uno de los cinco días del evento.

La redacción del informe estuvo a cargo de cinco grupos de trabajo formados por expertos de renombre internacional en diferentes campos y se puso de antemano a disposición de los participantes del taller. Los grupos de trabajo revisaron el texto incorporando el gran número de comentarios y sugerencias

que los participantes remitieron por escrito. El documento final constituye el informe más completo y actualizado hasta la fecha sobre la protección de los cielos oscuros y silenciosos. El Comité Ejecutivo de la IAU aprobó el resumen ejecutivo del documento (llamado documento de sesión o CRP, por sus siglas en inglés, en la jerga de la COPUOS) el 5 de enero de 2021. El CRP tiene como objetivo informar y concienciar sobre el creciente riesgo de una grave degradación de las observaciones astronómicas a los representantes de alto nivel de las 95 naciones de la ONU que pertenecen a la COPUOS.

El CRP incluye medidas de mitigación y recomendaciones específicas para contener y reducir el impacto negativo de todos los desarrollos tecnológicos mencionados. El documento, firmado por Chile, Etiopía, Jordania, Eslovaquia, España y la Unión Astronómica Internacional se presentó al Subcomité Científico y Técnico (STSC, por sus siglas en inglés) de la COPUOS en abril de 2021. Muchas delegaciones del STSC apoyaron sin reservas las recomendaciones y el comité aprobó la siguiente conclusión:

“El Subcomité alentó a la Oficina para Asuntos del Espacio Exterior a dialogar con todas las partes interesadas pertinentes, como la IAU y otras, sobre el tema de los cielos oscuros y silenciosos, ya que guarda relación con el mandato del Comité y sus subcomités, y a presentar el debate, incluidas las acciones y resultados que permitan proseguir el análisis de este tema, para que el Subcomité lo examine durante su 59.^a sesión, en 2022. A este respecto, la conferencia sobre cielos oscuros y silenciosos para la ciencia y la sociedad que organizará la UNOOSA junto con el gobierno de España y la IAU, prevista para octubre de 2021, podría proporcionar aportaciones para un debate sobre oportunidades de cooperación internacional”.

La IAU y la UNOOSA tratarán ahora cómo proceder, incluida la posibilidad de más intervenciones en las próximas reuniones del Subcomité Jurídico y de la COPUOS.

La reunión presencial se celebrará en octubre de 2021 para debatir y acordar estrategias de puesta en práctica de las recomendaciones. La IAU y la COPUOS expresaron su gratitud al Gobierno español y al Instituto de Astrofísica de Canarias por prestarse a albergar y organizar la conferencia tras la firma formal de un acuerdo con el país anfitrión.

OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (ORM)

El administrador del Observatorio, Juan Carlos Pérez Arencibia, resume en el texto que sigue los puntos esenciales de funcionamiento en 2020.

Desde que el Gobierno español declaró el estado de alarma el 15 de marzo de 2020 debido a la pandemia COVID-19, se pueden destacar varias etapas bien diferenciadas en el Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM) relacionadas con la operación de las instalaciones.

En las dos últimas semanas de marzo se llevaron a cabo las tareas esenciales para continuar las observaciones sólo en modo de servicio o de forma remota con la presencia de personal residente en la isla. Hacia el final de este período, se realizaron los trabajos para desconectar los instrumentos y proceder al cierre de todas las instalaciones del ORM, excepto el Telescopio robótico Liverpool.

Durante la primera quincena de abril se procedió al cierre total de las instalaciones del Observatorio, incluida la Residencia, manteniendo un mínimo de actividad en el lugar, para garantizar la conservación de los equipos e instrumentos científicos. Se organizaron varios convoyes de personal para subir y bajar algunos días.

Desde mediados de abril, la operación científica se fue reactivando paulatinamente, asegurándose, de acuerdo con los protocolos y directrices establecidos por el IAC y el Comité de Emergencia y Seguridad del ORM en lo concerniente al acceso del personal a las instalaciones y siempre acorde con la normativa e instrucciones recibidas de los Ministerios correspondientes. Hasta principios de junio, no se permitió trabajar en el Observatorio a observadores, técnicos o personal de empresas de fuera de la isla, por lo que la operación de los telescopios se hizo o en modo servicio o en modo remoto.

Como medida general, desde el 14 de marzo se suspendió cualquier visita (grupos de visitas concertadas, colegios, medios de comunicación, etc.) a los telescopios hasta nuevo aviso y se contrató un Servicio de Seguridad durante la vigencia del periodo del estado de alarma, cerrándose el acceso al Observatorio. Las Instituciones Usuaría presentaron Planes de Acción y Protección al COVID-19 para adaptar las condiciones de trabajo a la nueva situación.

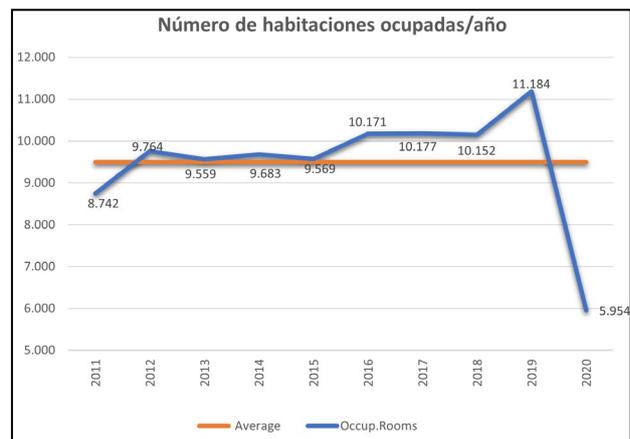
Se implantaron protocolos específicos para los servicios que se prestan en la Residencia, especialmente los de limpieza de las habitaciones y zonas comunes, así como el servicio de restauración. Se limitó la ocupación de las habitaciones al 50% y se instalaron mamparas de protección en los lugares de mayor riesgo de contacto como la recepción, mesas del comedor, etc.

El Comité de Seguridad y Emergencias del ORM se reunió de manera frecuente para acordar las medidas a adoptar por el personal en cuanto al acceso a las instalaciones y asesorar sobre el uso seguro de la Residencia en coordinación con los protocolos establecidos por el IAC. El trabajo del Comité resultó ser de una gran eficacia y fundamental para acometer las medidas.

RESIDENCIA

La pandemia tuvo consecuencias para el funcionamiento de la Residencia desde el punto de vista presupuestario, debido a la drástica caída de los ingresos por la baja ocupación, ocasionando pérdidas importantes. El funcionamiento de la Residencia es financieramente autónomo ya que existe un equilibrio ingresos/gastos basado en el número de pernoctaciones. Durante el 2020 la ocupación (y por tanto los ingresos) disminuyeron un 37% (Ver Figura). La fuerte caída de la demanda del servicio de restauración por parte de los usuarios habituales en el último año hizo que la empresa que lleva a cabo los servicios de la Residencia también tuviera pérdidas considerables relacionadas con el servicio de catering.

Las cifras anuales de alojamiento de la Residencia y Anexos, presentaron una media diaria de ocupación de 16 personas. El número



total de habitaciones ocupadas ascendió a 5.954 (Figura) que correspondieron a un total de 2.119 reservas. El total de pernoctaciones fue de 6.009 lo que supuso una disminución del 39% comparación con la media de los últimos diez años. Se alojaron en la Residencia 472 personas de 26 nacionalidades.

VISITAS Y ACCIONES CON MEDIOS/ SOCIEDAD/EMPRESAS

El número de visitantes que accedió a las instalaciones del Observatorio durante el año 2020 fue de 2.137 personas. La incidencia de la pandemia motivó la suspensión de esta actividad a partir del 14 de marzo de 2020, salvo algunas visitas que requirieron de un protocolo específico.

Cabe destacar durante el año 2020 las visitas: del Embajador de Japón en España; la del Legado de la Embajada de la República Federal de Alemania en España; y la de la Ministra de Turismo del Gobierno de España acompañada por una Delegación de la Organización Mundial del Turismo (OMT).

En febrero de 2020, tuvo lugar en el Observatorio parte del rodaje de la película "Midnight Sky" película dirigida y producida por George Clooney.

Como eventos culturales referir que en octubre de 2020, el Cabildo de La Palma, junto con el Cabildo de Tenerife, el IAC y el GRANTECAN S.A. promovieron un evento cultural produciendo un vídeo resultante de la grabación de la Sinfonía nº 3 "Eroica" de Ludwig Van Beethoven, en conmemoración de los 250 años del nacimiento del compositor. Dicho vídeo fue rodado en el Telescopio GTC por la Orquesta Sinfónica de Tenerife, dirigida por Víctor Pablo Pérez.

En este apartado es de destacar la visita de los escritores que participaron en el Festival Hispanoamericano de Escritores, celebrado durante el mes de septiembre de 2020 en Los Llanos de Aridane.

Con la prevista apertura del Centro de Visitantes para el año 2021 y una vez superada la pandemia, se establecerán nuevos modelos organizativos para realizar las visitas a los telescopios.

REUNIONES/COMITÉS

Los días 2 de abril y 1 de octubre de 2020 se celebraron las reuniones semestrales del Comité de Servicios Comunes del Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM) bajo la presidencia de Víctor Acciari, miembro de la Colaboración MAGIC. El Administrador del ORM actuó como Secretario.

ACTIVIDADES LLEVADAS A CABO

Actividades llevadas a cabo por la Administración del Observatorio

Entre las actividades llevadas a cabo por el Administrador del Observatorios resaltar las siguientes:

Dentro de las acciones del Plan Estratégico de los Observatorios:

- Culminaron los trámites y gestiones administrativas para la mejora de infraestructuras comunes del Observatorio, entre las que destacan, la repotenciación y paso a doble circuito de la línea eléctrica que suministra al ORM, la renovación de los depósitos de combustibles de la Residencia y grupo generador. A lo largo del año 2021 se espera ejecutar todos estos proyectos de mejora y renovación de infraestructuras así como el asfaltado de las carreteras interiores de acceso a los telescopios.
- Dentro del proyecto denominado "Vertido Cero", se instalaron contadores en cada una de las salidas de las cinco depuradoras con que cuenta hoy el Observatorio. El total del caudal medido en el año no superó los 1.500 m³ mostrando todas las depuradoras, excepto la de la Residencia vertidos inferiores a 120 m³/año
- La producción de energía fotovoltaica en el ORM a lo largo del año 2020 fue de 140,40 Mwh entregándose a la red general 41,83 Mwh lo que supuso un 70% de autoconsumo y una autosuficiencia del 66% en la Residencia.



- Se avanzaron los trámites del proyecto para la construcción de tres telescopios LST y un MST pertenecientes a la red de CTA, que está promovido por el IAC.

Otras actividades

Debido al incendio que se produjo el 21 de agosto en el término municipal de Garafía se tuvieron que evacuar por precaución, las instalaciones científicas del Observatorio. La aplicación del Plan de Emergencia del Observatorio así como la coordinación con las autoridades

competentes en la extinción del incendio funcionaron de forma adecuada sin que se registrara ninguna incidencia. Los medios operativos que se implementaron con celeridad en el área afectada por el incendio hizo que la evolución del mismo fuera controlado en pocos días por lo que no evolucionó hacia las cumbres de la Isla. El IAC agradeció públicamente la eficacia del operativo que tomó parte en el mismo.

Se aplicó un nuevo sistema para la facturación de las comunicaciones de datos que se aplica a las Instituciones Usuarias resultando mucho más económico para la gran mayoría de ellas y basados en criterios del uso de las comunicaciones en la forma de punto a punto.

Fue revisado por el Cabildo Insular de La Palma el protocolo de circulación por la carretera

LP4 de acceso al Observatorio para el personal que trabaja en el mismo, incorporando la posibilidad de acceso a empresas que pudieran apoyar las situaciones de emergencia producida por meteorología adversa o en situaciones especiales.

Se avanzaron los trabajos para actualizar el Plan de Emergencia del Observatorio involucrando a todas las Instituciones Usuarias y con la asesoría de una empresa externa especializada en esta materia.

Deja de operar el telescopio estelar sueco KVA-60 operativo desde el año 1982. Su destino final será el futuro Museo de la Historia de la Astronomía de La Palma que estará ubicado en Santo Domingo, Garafía.

CENTRO DE ASTROFÍSICA DE LA PALMA (CALP)

En la actualidad, las Instituciones Usuarias que utilizan las instalaciones del CALP de forma permanente son las siguientes: IAC, GTC, Colaboración MAGIC, Universidad de Tokio y la empresa M3 relacionada con la construcción del TMT. Continúan los convenios firmados con la empresa Canalink y el Gobierno de Canarias, para operar, respectivamente, instalaciones de comunicaciones y una estación medioambiental de medición de la calidad del aire.

El personal del GRANTECAN S.A. colaboró de forma activa, en tareas relacionadas con la producción de pantallas de protección para el personal sanitario cuando hubo escasez de

material sanitario como mascarillas. Fueron suspendidas todas las visitas de centros escolares de la isla que imparten ciclos formativos de informática al **Nodo de Supercomputación La Palma** ubicado en el CALP. Se fomentó el teletrabajo entre el personal de las diversas instituciones que utilizan el CALP. En ese sentido se señaló el edificio con información apropiada para la prevención del COVID-19, activándose protocolos especiales de acceso, permanencia y uso de las instalaciones.

La producción de energía fotovoltaica en el CALP a lo largo del año 2020 fue de 36,7 Mwh lo que supuso una autosuficiencia del 5%.



OBSERVATORIO DEL TEIDE (OT)

El administrador del Observatorio, Miquel Serra Ricart, resume en el texto que sigue los puntos esenciales de funcionamiento en 2020.

MEDIDAS PREVENTIVAS COVID-19

El COVID-19 ha estado activo durante todo el año 2020 y se han tomado las siguientes medidas en el Observatorio del Teide:

- Se realiza un estricto control de los accesos (check in/out) en la entrada del Observatorio.
- El personal de los telescopios de las distintas Instituciones Usuarias (IU) han definido las medidas de control de infecciones en cada edificio. El máximo de miembros que pueden entrar a trabajar ha estado bajo la responsabilidad de cada IU.
- Las visitas al Observatorio se anularon desde el principio de la pandemia, en el mes de marzo.
- Las empresas externas que trabajen en las instalaciones de las distintas IU del Observatorio deben ser autorizadas -con antelación- por los respectivos responsables.
- Todo el personal que acceda al Observatorio, en general, y a la Residencia, en particular, han seguido todas las normas dictadas desde el Gobierno de Canarias y/o Gobierno de España.

Durante el año 2020 no ha habido ningún contagio probado por COVID-19 en el Observatorio.

VISITAS Y JORNADAS DE PUERTAS ABIERTAS

Debido a la pandemia por el COVID-19 el Observatorio del Teide no ha recibido visitantes durante el año 2020. Las Puertas Abiertas también fueron anuladas.

PROSPECCIONES GEOLÓGICAS TELESCOPIOS ASTRI

El Proyecto ASTRI tiene como principal objetivo la instalación de un mini-array de un mínimo de 9 (y hasta 12) telescopios de doble espejo de "tamaño pequeño" de 4 m de diámetro para estudiar el Universo en rayos gamma utilizando las técnicas Cherenkov Atmosféricas.

Durante los meses de verano de 2020 se iniciaron las prospecciones geológicas de los lugares propuestos para la colocación de los distintos telescopios. El proyecto de construcción, con los correspondientes permisos, estará listo a principios del año 2021 y se espera empezar su construcción en verano.



Simulación de la red de telescopios ASTRI en el Observatorio del Teide.

OPERACIÓN DE LAS INSTALACIONES TELESCÓPICAS DEL IAC

Álex Oscoz Abad.

Joshua Barrios Pérez, María V. Bollo Tesoro, Rosa Clavero Jiménez, Román A. Gómez Águeda, Alberto Madrigal Aguado, Matteo Monelli, Antonio Pimienta de la Rosa, Marta Puig Subirà, Miguel Rodríguez Alarcón, Manuel Sánchez Benavente, Carla Varela Núñez y Olga M. Zamora Sánchez.

Colaboradores del IAC: Jerónimo L. Bru Agulló, Carlos Colodro Conde, Francisco J. Hernández Hernández, Roberto López López y Jorge A. Pérez Prieto.

A. Pérez (UPCT); S. Fernández Acosta (GTC).

INTRODUCCIÓN

El objetivo fundamental del Proyecto es la correcta gestión de aquellas instalaciones pertenecientes al IAC en los Observatorios de Canarias, así como de la instrumentación propia del centro y de la parte del tiempo de observación que se disfruta en otros telescopios.

Existen tres tipos de instalaciones: Instrumentos, Telescopios y Experimentos (ITE). En el primer grupo entrarían aquellos desarrollados por el IAC que están en operación en la actualidad, tales como AOLI, GHaFaS o LIRIS en el Telescopio WHT; FastCam en Telescopio NOT; TIP o TIP-II en el Telescopio VTT y GREGOR; FastCam o MuSCAT-2 en el Telescopio TCS; CAMLOT-2 en el Telescopio IAC-80; etc. Los telescopios incluyen aquellos pertenecientes al IAC: TCS, IAC-80 o MONS, el tiempo reservado para España en la OGS o telescopios de la red SARA -JKT, KP y CT- y las noches de servicio CAT en instalaciones extranjeras (TNG, INT y NOT). Asimismo, se realizan tareas de revisión o pequeñas actuaciones en otros telescopios, como SPECULOOS. Con respecto a los experimentos, hay tres grupos: el complejo CMB, el Laboratorio Solar y los pequeños telescopios y experimentos (DIMMA, SQM, TAT, etc.).

Teniendo en cuenta esta variedad de instalaciones, los principales objetivos que se buscan son tres:

- Lograr que las instalaciones funcionen de forma correcta durante los períodos disponibles para la comunidad astrofísica internacional.
- Adaptación continua de las instalaciones a las nuevas tecnologías y realización de mejoras que proporcionen a los astrónomos un entorno de trabajo más amigable.
- Maximizar el beneficio obtenido por los astrónomos usuarios de las ITE.

HITOS

Se han completado más de 100 noches de servicio, la mayoría en el Telescopio IAC-80, pero también en los telescopios TNG y NOT. Además, se han realizado numerosas pruebas y mejoras instrumentales.

A pesar de la pandemia, COVID-19, los telescopios han seguido operando con éxito la mayor parte del tiempo, siendo el personal del Proyecto quienes, en gran parte, han llevado a cabo las observaciones.

En las pruebas de Óptica Adaptativa con ALIO-LI en el Telescopio TCS se cierra el lazo con éxito por primera vez, incluso bajo condiciones meteorológicas adversas.

Se desarrollan un software de astrometrizado, una pipeline completa de observación de satélites y un programa para autocalibrar el Telescopio IAC-80.

Avances importantes en el nuevo sistema de control de los telescopios TCS e IAC-80.

Actuaciones en Laboratorio Solar, SONG, CONG, QUIJOTE, VTT, DIMMAS, SQMs, etc.

DESARROLLO Y RESULTADOS

TCS e IAC-80 - Observaciones. Debido a las circunstancias excepcionales de 2020, en el Telescopio IAC-80 se han llevado a cabo más de 100 noches de servicio, mientras que en el Telescopio TCS la ocupación ha sido del 100%. En 2020 se han generado 16 publicaciones en revistas con árbitro en cada telescopio. Además de las observaciones habituales, se han realizado algunas especiales, como las de Venus con TCS e IAC-80 para un proyecto de investigación, observó con masa de aire entre 2.34 y 2.40, 0.1s en Halfa. También se realizaron observaciones del centro galáctico con el IAC80 a masa de aire 2.2. Gracias a unas observaciones para un TFM con el IAC-80, se llegó a demostrar que hay materia oscura en una

galaxia, llegándose a conseguir mejor brillo superficial que el HST. Tras unas observaciones especialmente demandantes de basura espacial con el IAC-80 se descubrió y solucionó un pequeño offset en el tiempo de referencia. Además, con objeto de mejorar las prestaciones, el personal del Proyecto ha desarrollado un software de astrometrizado y una pipeline completa de observación de satélites, ambos de un elevadísimo nivel. Se crean scripts para la copia automática de los datos de CAMELOT2 y para que se genere un log de los datos, así como un programa para calibrar IAC-80 cada noche. Se incluye un calculador de tiempos de exposición en la Web.

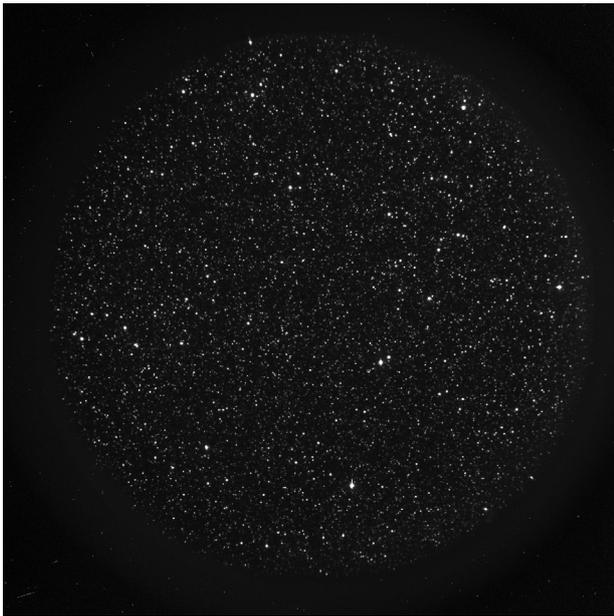


Imagen del centro galáctico obtenida con el Telescopio IAC-80.

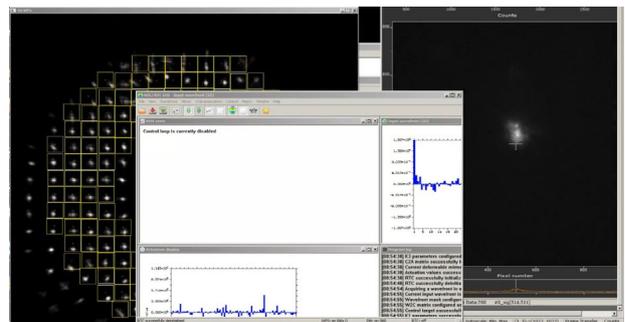
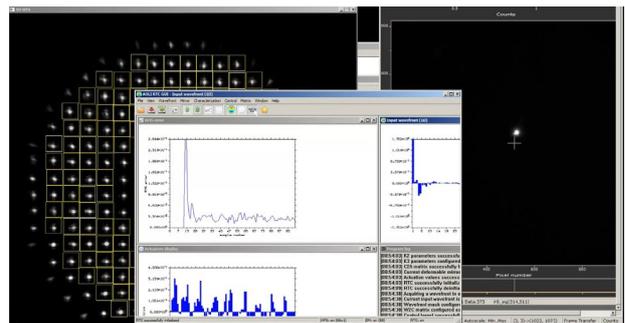
TCS e IAC80 - Instrumentación. Se aluminizaron los espejos de ambos telescopios y se ha realizado un gran esfuerzo con el nuevo software de control. Asimismo, se hicieron pruebas de guiado con los buscadores, se instalaron nuevos codificadores y se llevaron a cabo diversos trabajos de reparación. El personal del proyecto ha ayudado en varias tareas con las cámaras de MuSCAT2, incluyendo su instalación. Han comenzado los trabajos para la modificación total de la interfaz de CAMELOT2, con objeto de solucionar varios problemas existentes en la actual. Se está trabajando en un aplanador de campo para mejorar la calidad de imagen del IAC-80. Por último, se han realizado diversas pruebas con sCMOS en el IAC-80.

Los instrumentos y experimentos en el área SolarLab del OT (Pirámide van der Raay y Cielo Nocturno) han funcionado durante todo el año, con observaciones continuas y diarias. Los instrumentos actuales son Mark-I/BiSON (observaciones RV del Sol como estrella que

requieren mano de obra al comienzo y final del día), GONG (observaciones solares automatizadas, I, V, M), SONG (observaciones nocturnas robóticas de RV de alta precisión en tiempo real de objetos brillantes) y Solar-SONG (observaciones sinópticas diurnas del TSI más espectro solar Echelle). Se realizan diversos trabajos y reparaciones en Mark-I y GONG. En SONG se organiza la limpieza de los espejos con CO₂, se instala el nuevo PC en Cielo Nocturno para la toma de datos del pirheliómetro, se reconecta la fibra del seguidor solar, diversas revisiones y conexiones (magnetos, racks, etc.) y tests para localizar el error en el motor de azimut.

Otras instalaciones. Se realizan diversas jornadas de entrenamiento con SPECULOOS y comienzan las revisiones diaria y quincenal por parte del personal del proyecto. Se colabora en numerosas pruebas del telescopio y la estructura. Se vuelve a poner en marcha el SQM del ORM. Se realizan distintas actuaciones en los telescopios VTT, GREGOR, QUIJOTE, DIMMAs, etc. En cuanto a las noches de servicio CAT en el ORM, en 2020 se efectúan 10 noches de este estilo.

Alta resolución espacial. Se ha firmado un MoU con la Univ. de Canterbury (Nueva Zelanda) para la colaboración en proyectos de Alta Resolución Espacial. Se ha seguido trabajando en la nueva interfaz de FastCam y se han realizado con éxito pruebas de ALIOLI, la evolución de AOLI más compacta, en el TCS, cerrándose el lazo por primera vez con un WFS S-H bajo condiciones meteorológicas muy adversas.



Imágenes de lazo abierto (arriba) y lazo cerrado (abajo) obtenidas durante las pruebas de ALIOLI en el Telescopio TCS.

Personal. A pesar de las dificultades de la pandemia por COVID-19, se ha seguido operando casi todo el tiempo, si bien el personal del Proyecto se ha hecho cargo de la mayor parte de las observaciones o ha ayudado a su realización de forma remota. Por ejemplo, solo 2 de los 6 nodos de la red BISON permanecieron funcionando durante la pandemia, uno de ellos en el OT. El personal también ha creado o mejorado multitud de manuales y procedimientos, como el de MuSCAT2, cambio y limpieza de filtros, protocolos para las propuestas de servicio ORM o el de CAMELOT2.

Propuestas, informes, comités. Se ha preparado la nueva propuesta OPTICON-Radionet, se ha modificado el Plan Estratégico de los OOCC y se han realizado los informes para la RIA-2020 y el Consejo Rector. Se ha hecho un estudio de la cantidad y efectividad de las noches de servicio en el ORM. Reuniones varias

sobre los efectos del COVID19 en las operaciones y en las observaciones. Se ha revisado y mejorado el documento para la instalación de nuevos telescopios o experimentos y se han estudiado los convenios de SLOOH, AMOS y JKT. Se coordina un grupo de trabajo para futura instrumentación en los OOCC.

Divulgación. Se empieza a mover el uso de redes sociales para promocionar al Grupo de Operaciones Telescópicas. Participación en las jornadas de INEUSTAR e INDUCIENCIA sobre el futuro de la astrofísica. Se reactiva el proyecto de astrofoto y se preparan los calendarios de 2021.

Megaconstelaciones. Se trabaja en el estudio sobre el impacto de las megaconstelaciones de pequeños satélites sobre las observaciones astronómicas, colaborándose con diversos grupos y comités.

CARACTERIZACIÓN DE LOS OBSERVATORIOS DE CANARIAS

Casiana Muñoz-Tuñón.

Julio A. Castro Almazán, Sebastián Hidalgo Rodríguez y Antonia M^a Varela Pérez (tiempo compartido con la Fundación Starlight).

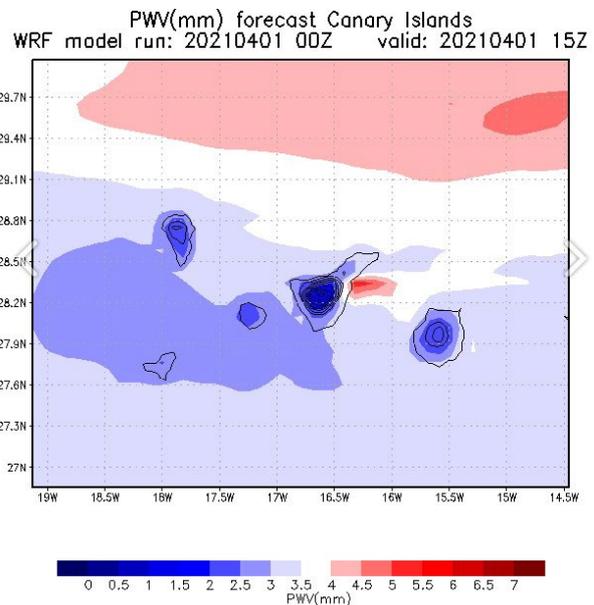
La caracterización de los Observatorios de Canarias es tarea del Equipo de Calidad del Cielo del IAC (SQT), tiene el objetivo de implementar técnicas, obtener medidas, y analizar y publicar resultados que cuantifiquen, de manera objetiva, la calidad de los Observatorios de Canarias para la Astronomía. También es el interlocutor del IAC con otras instituciones internacionales y observatorios en este campo.

Durante el año 2020, las actividades del SQT han estado muy marcadas por la pandemia por COVID-19, como tantos otros grupos. No obstante, se ha desarrollado una intensa labor en modo teletrabajo que se resume en las siguientes actividades.

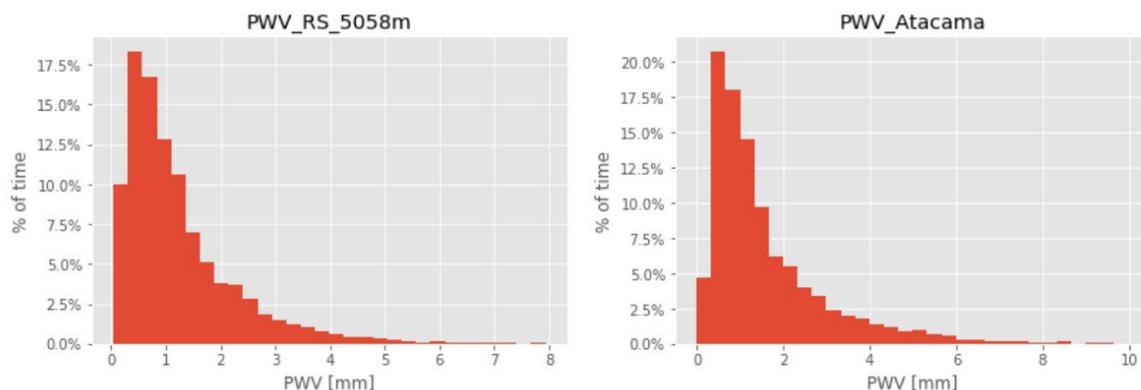
VAPOR DE AGUA PRECIPITABLE (PWV)

El PWV sigue siendo un tema muy activo del SQT y muy demandado por otros proyectos e instituciones usuarias. Esto hace que tanto los monitores de PWV, basados en la técnica GNSS, como el sistema de predicción ForO (Forecasting the Observatories), requieran de un soporte periódico. A mediados de 2020 se anunció una serie de cambios en el formato internacional de intercambio de datos de las órbitas GNSS con los que los monitores derivan el PWV. Dicha actualización, de formato RINEX 2 a RINEX 3, vino, además, acompañada del abandono de los protocolos no se-

gueros FTP y HTTP, en favor de FTPS y HTTPS, en muchos de los servidores de geodesia que alimentan los monitores. Todos estos cambios impulsaron la actualización de los monitores a su versión 2.2. La tarea fue subcontratada a la empresa Soluciones Avanzadas Canarias S.L. La actualización incluyó también mejoras en la Web de los monitores, la inclusión de los errores determinados experimentalmente por el SQT y la corrección de bugs.



Uno de los mapas de salida del sistema de predicción ForO para PWV.



Distribuciones acumuladas de PWV sobre el OT a partir de 5058 m (PWV mediano 0.92 mm) y sobre el llano de Chajnantor, Chile, (PWV mediano 1.12 mm) a la misma altitud. Los resultados confirman que, a igual altura, las características de la Troposfera de Canarias hacen que la cantidad de PWV sea menor. [Resultado de L. Velarde durante su proyecto de Beca de Verano 2020 "Atmospheric contamination of high frequency radio surveys in Tenerife"].

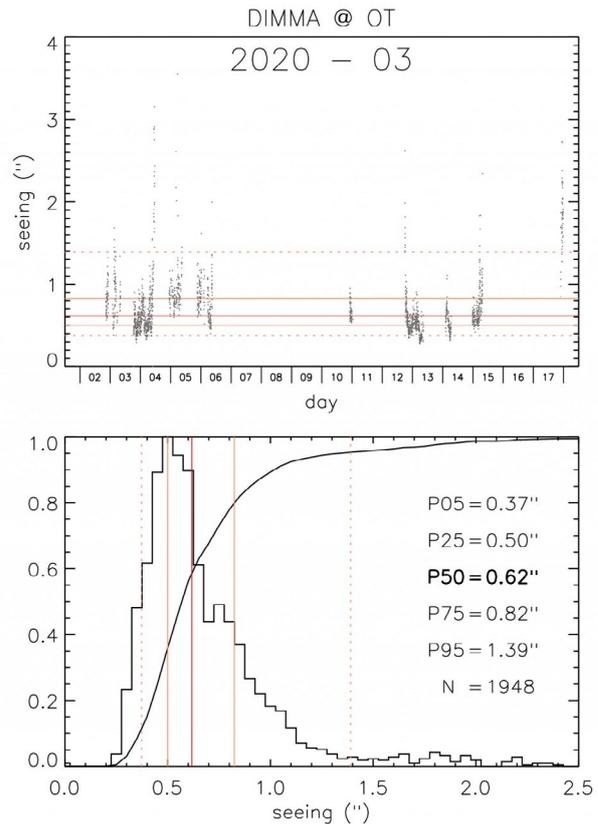
El SQT ha gestionado la cesión de resultados y datos de PWV, ha dado soporte y asesoría técnica, incluso en tiempo real durante las campañas de observación, y ha habilitado accesos a los monitores y al sistema de predicción, a los siguientes proyectos: instrumento CanariCam en el Telescopio GTC, Proyecto TMT, instrumento KISS en QUIJOTE y telescopios SPECULOOS.

Finalmente, se proporcionaron datos de PWV, tanto de los monitores GNSS como de los radiosondeos de la estación de Güímar (AEMet), así como referencias y abundante soporte técnico, para el trabajo de Beca de Verano 2020 de Lina Velarde Gallardo titulado "Atmospheric contamination of high frequency radio surveys in Tenerife", dirigido por los investigadores del IAC M. Peel y R. Génova-Santos, dentro de la línea de observaciones del Fondo Cósmico de Microondas en el IAC. Entre otros resultados, Velarde confirmó que, a igual altura, las características de la Troposfera de Canarias hacen que la cantidad de PWV sea significativamente menor que en otras localizaciones de referencia.

DIMMA

El cierre de los Observatorios en marzo 2020, por las restricciones asociadas al COVID-19, afectó particularmente a los instrumentos DIMMA. Coincidiendo con el inicio de la cuarentena, mientras el DIMMA-OT se encontraba en plena fase de comisionado, tras su automatización de 2019, se vio afectado por la nevada de marzo 2020. Como consecuencia, la cámara sufrió un percance que la dejó inhabilitada y las pruebas fueron suspendidas. La adquisición e instalación de la nueva cámara, que en condiciones normales hubiera demorado unas semanas, se vio totalmente paralizada por el cierre, de modo que las pruebas finales de operación automática no vigilada del DIMMA-OT fueron pospuestas hasta el final del año. Estas pruebas no solo son el paso final del nuevo DIMMA-OT, sino que son el requisito necesario para clonar el sistema en el DIMMA-ORM. Las pruebas, finalmente se reiniciaron a finales de 2020 y se alargarán en 2021.

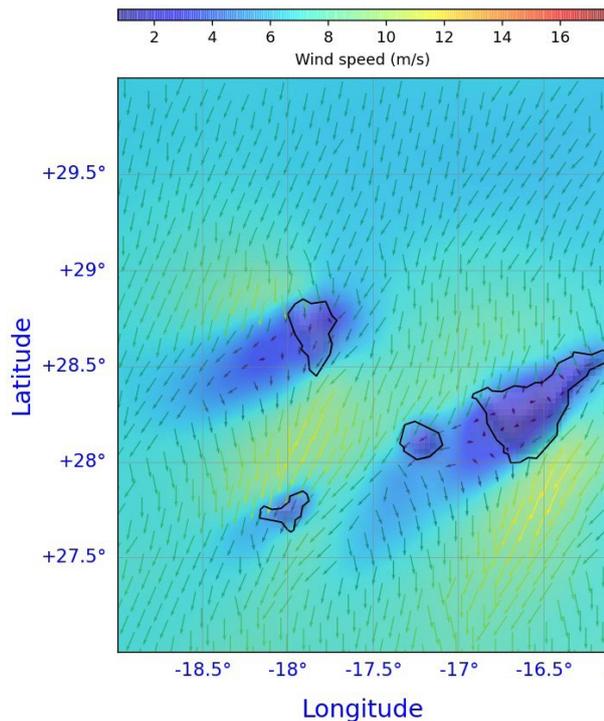
El proyecto de automatización fue realizado por la empresa Shidix Technologies S.L., con el soporte de los departamentos de Software y de Electrónica del IAC. Para el seguimiento de incidencias se cuenta con los Técnicos de Operaciones Telescópicas (TOTs) del OT y para su resolución con los departamentos de Mantenimiento Instrumental del IAC y Mantenimiento Civil del ORM.



Datos de seeing obtenidos con el DIMMA-OT durante su fase de comisionado tras su automatización. El periodo corresponde al mes de marzo de 2020, inmediatamente antes de la fecha del cierre por mal tiempo y posterior avería de la cámara, coincidiendo con el inicio de la cuarentena por COVID-19.

CARACTERIZACIÓN PARA EL FUTURO TELESCOPIO SOLAR EUROPEO (EST)

En 2019, el SQT prestó soporte al proyecto EST, particularmente durante su fase de selección de sitio. Los resultados de ese trabajo se plasmaron en un informe final titulado "EST: Site Comparison Report. Meteorological conditions at OT and ORM in the period 2003–2019". En este informe se comparan los datos de viento (dirección y velocidad), humedad relativa y temperatura del ORM y OT, provenientes del reanálisis climático UERRA. UERRA es un proyecto europeo de vanguardia de reanálisis climático con un dominio que abarca completamente el área entre Tenerife y La Palma, con 24 niveles verticales y con una resolución horizontal de 11x11 km, lo que permite llevar a cabo comparativas entre los Observatorios. Las series usadas cubren de forma homogénea un periodo de 16 años y han seguido generando resultados a petición del Proyecto durante todo 2020. Los resultados del SQT están siendo utilizados para la elaboración del informe interno del Proyecto "EST Environmental Conditions Code: EST-0302-EPO-SPE-0085v1 Issue:1.A".



Mapa de viento cerca de la superficie (cota 300 m) obtenido con UERRA. Promedio del mes de Enero durante 16 años. Este resultado es uno de los empleados para alimentar el modelo numérico de viento local desarrollado por el CIMNE para EST.

La discusión científica de los resultados aportados por el SQT se llevó a cabo en la redacción del paper titulado "Canarian Observatories meteorology; comparison of OT and ORM using regional climate reanalysis" (Hidalgo et al., enviado para publicación en PASP).

Tras la selección del ORM como sitio predilecto para el EST, son varios los trabajos de diseño de ingeniería que se activaron para distintos subsistemas del telescopio. Muchos de estos diseños han requerido simulaciones con datos y resultados atmosféricos del ORM que hemos proporcionado.

Se han preparado y cedido datos y resultados de distintos parámetros, como, por ejemplo, precipitación en forma de granizo, o datos de frecuencia de episodios de calima y su composición mineralógica, con énfasis en la proporción de Fe libre, susceptible de adherirse a superficies magnetizadas, así como umbrales de concentración de partículas PM10. También datos de frecuencia y distribución de rachas locales de viento y un análisis de la evolución de la temperatura diaria. Por último, una estimación de umbrales de riesgo sísmico y volcánico, en contexto con otros observatorios del Mundo.

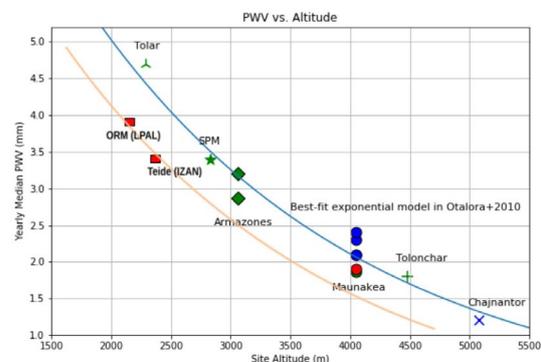
Dentro del procesado exhaustivo de datos de UERRA, se llevó a cabo un análisis específico de viento alrededor de la isla de La Palma, a distintos niveles, para alimentar el modelo lo-

cal de viento desarrollado por el CIMNE en la localización prevista para el EST.

Las tareas de soporte a EST se extenderán a 2021, con trabajos en marcha como son el estudio de la extrapolación en altura de los datos de seeing diurno medido en el SST al nivel previsto de la cúpula del EST, un análisis de vientos de estaciones meteorológicas locales en los alrededores del emplazamiento, o una estimación del flujo de calor del suelo.

COLABORACIÓN CON TMT

Desde que el Consorcio TMT comenzó, a inicios de 2016, la búsqueda de un sitio alternativo a Mauna Kea, el SQT inició una intensa colaboración con el equipo de site-testing centralizado en Caltech (California, EEUU). Se han preparado y cedido datos, dado soporte sobre los mismos y sobre el Observatorio, recalculado parámetros, elaborado informes y respuestas, guiado visitas, etc. A partir de la elección del ORM, en octubre de 2016, las demandas de datos e información fueron cada vez más especializadas y enfocadas a la operación y diseño de ingeniería. Sin embargo, a finales de 2019, uno de los socios mayoritarios del Consorcio, el Observatorio Astronómico Nacional de Japón (NAOJ), expuso la necesidad de elaborar un informe propio de cara a sus autoridades científicas.



Valores medianos de PWV para distintos observatorios del Mundo. Las condiciones de los Observatorios de Canarias son más secas (favorables) que la de otros observatorios de altura equivalente. Los datos para ORM y Teide se obtuvieron con la técnica GNSS a partir de datos de las antenas LPAL e IZAN. La antena LPAL está situada 150-200 m más baja que la altura de los telescopios del ORM.

El trabajo se ha desarrollado en la primera mitad de 2020. Las restricciones por COVID-19 limitaron las visitas de los técnicos a una sola, la de W. Aoki, que visitó el ORM el 27 de febrero, acompañado por el SQT. Partiendo de una teleconferencia inicial en febrero, el SQT ha preparado una serie de respuestas e informes, además de ceder nuevamente la totalidad de



Infografía con la representación del TMT en su posible ubicación en el ORM. El TMT es la cúpula más a la derecha.

los datos. El equipo de NAOJ demandó, particularmente, datos de seeing de los distintos DIMM y campañas en el ORM, datos de perfiles de turbulencia, tanto con la técnica g-SCIDAR, como con MASS, así como información sobre la identificación de la capa ligada y el posible modelado de la evolución del seeing a 60 m. También pusieron especial interés en datos de extinción y calima, así como su efecto sobre la reflectividad del espejo primario segmentado del Telescopio GTC. Se recopilaban datos y curvas de evolución de la reflectividad, así como de la frecuencia de sustitución y de la experiencia con las distintas técnicas de limpieza de los segmentos, con apoyo del personal de GTC (principalmente M. Abril). Finalmente, las condiciones para IR medio, en lo que respecta a PWV, fueron, así mismo, objeto de debate y re-cálculo de resultados.

NAOJ emitió su informe titulado “Supplementary investigation of La Palma site” a finales de junio. Las conclusiones del informe fueron muy favorables al ORM, dejando clara la viabilidad del 100% de los programas científicos previstos para TMT en el ORM, incluso en IR medio, a pesar de la diferencia de altura entre el ORM y Mauna Kea. Las conclusiones fueron incorporadas al informe general de TMT sobre las características del ORM, cuyos resultados fueron presentados formalmente a todos los partners por la Oficina del Proyecto en un webinar en el que participó el SQT como invitado.

COMISIONES Y COMITÉS

Son varias las comisiones y comités de los que forma parte o es responsable el SQT, o bien algunos de sus miembros. En 2020, por las limi-

taciones impuestas por la COVID-19, se reunieron telemáticamente tanto el Subcomité de Propiedades de los Observatorios (SUCOSIP) como el Comité Científico Internacional (CCI). En estas reuniones tuvieron especial peso los aspectos relativos al futuro EST. Otros grupos de trabajo, como el de láseres de SUCOSIP, en cambio, han pospuesto sus reuniones. El grupo de seguimiento del acuerdo IAC-AEMet, por su parte, celebró una reunión extraordinaria en el mes de junio.

La Comisión del Clima y Calidad del Aire del Observatorio de Cambio Climático del Gobierno de Canarias, coordinada por A. Varela, presentó el informe “Importancia de una ley del cielo para el Archipiélago Canario”, en septiembre, para su inclusión en la Ley de Recursos Naturales de Canarias. También se celebraron jornadas sobre protección del cielo y sobre oportunidades de empleo asociadas a la conservación del cielo, tanto en Tenerife como en La Palma.

OTRAS COLABORACIONES, PARTICIPACIONES Y SOPORTES

Control de tráfico de láseres para el OT

En 2020 se contactó con D. Summers, ingeniero óptico de la Univ. de Arizona, ex-responsable de varios de los sistemas de Óptica Adaptativa de los telescopios Keck, para la instalación, en 2021, del sistema de control de tráfico de láseres (LTCS) en el OT. Asimismo, se iniciaron los trámites para la contratación en el IAC de un ingeniero de software junior para esta tarea. Este proyecto tendrá un peso importante en 2021.

Nuevos Monitores de Extinción Nocturna (Proyecto COXMo)

Se ha realizado el diseño conceptual de los nuevos monitores de extinción nocturna para los Observatorios: COXMo (Canarian Observatories eXtinction Monitors). El desarrollo del proyecto será uno de los puntos de más importancia en 2021.

Telescopios SPECULOOS

Ha continuado el apoyo a la operación de los telescopios SPECULOOS (Search for habitable Planets ECLipsing ULtra-cOOl Star), manteniendo una plataforma de datos compartidos en tiempo real (datos de PWV de los monitores GNSS y de partículas PM10 obtenidos por AEMet en Izaña y gestionados por el SQT), además de mantener el acceso a otros productos como ForO.

Proyecto ELF

El SQT preparó un informe con un resumen de los valores promedios de los principales parámetros de alta resolución en el OT para el Proyecto ELF (ExoLife Finder). Los parámetros incluidos fueron seeing, parámetro de Fried (r_0), tiempo de coherencia (T_0), ángulo isoplanático (θ_0), resumen de los perfiles Cn2 de turbulencia y viento local y en atmósfera libre. Los futuros telescopios del proyecto ELF estarán diseñados para operar en rangos de Óptica Adaptativa extrema y con muy elevado contraste, lo que hace que los requisitos exigidos al emplazamiento sean muy elevados.

Empresa Miratlas

La empresa Miratlas está especializada en equipos de medida de parámetros de óptica atmosférica. Previo a la implantación de un equipo de medición de seeing en el OT, la empresa está validando sus equipos con resultados obtenidos con el DIMMA-OT, para lo que se suministraron datos e información.

Extinción diurna

Estamos colaborando en el análisis y discusión de los resultados de experimento de extinción óptica diurna con el piroheliómetro del telescopio solar SONG. El experimento está liderado por el investigador del IAC P.L. Pallé y participa la investigadora de la ULL I. Martín Mateos. Uno de los objetivos es la armonización de estos resultados con los valores nocturnos analizados en el pasado por el SQT.

Perfiles de Na

Se estableció una colaboración, aún abierta, con una estudiante de doctorado de la Univ. Nacional de Australia (ANU), S. Krishna, sobre perfiles de Na mesosférico para estrellas guía láser. Se han cedido datos obtenidos en el OT por el SQT y se han discutido resultados.

Otros

Se han preparado informes puntuales para el Telescopio Vera Rubin (seeing en bandas V y R) y para CTA (datos de AEMet de la tormenta de febrero 2020 en el ORM).

MANTENIMIENTO INSTRUMENTAL

Emilio J. Cadavid Delgado.

Jesús E. García Velázquez, José J. González Nóbrega, Pedro A. Ayala Esteban y Hugo Lamosa Garrido.

En el año 2020 está marcado por dos hitos importantes, la primera fueron las labores de apoyo a los telescopios durante la pandemia por COVID-19. Durante ese período los técnicos de Mantenimiento Instrumental mantuvieron, dentro de sus competencias, funcionando las instalaciones telescópicas del Observatorio del Teide. También consideramos relevante que a falta de resolver algunos flecos la parte más importante de los trabajos en el MONS esté finalizada.

HITOS

Finalizado el cambio de la electrónica de control del MONS.

Mejora en el mobiliario del taller de Mantenimiento Instrumental en la Sede Central.

Mantener operativos los TTNN y demás instalaciones de las que se hace cargo Mantenimiento Instrumental durante el estado de alerta por COVID-19.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Durante el año 2020 la distribución de los trabajos por los diversos proyectos se ve en el Gráfico.

Operación de las Instalaciones Telescópicas del IAC

Como siempre el Proyecto Operación de las Instalaciones Telescópicas del IAC, fue el más importante. A este proyecto se cargan las ho-

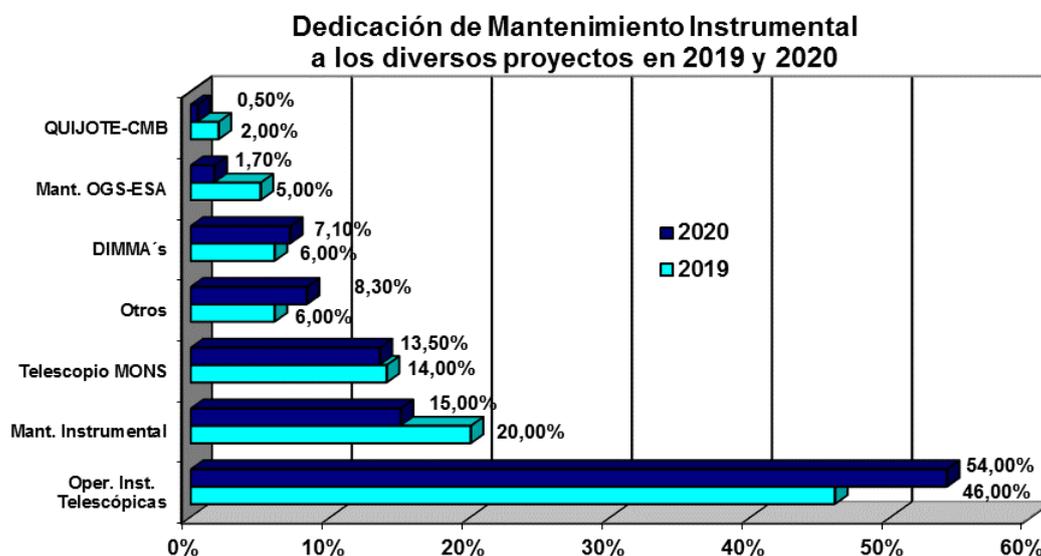
ras correspondientes a los trabajos en los telescopios TCS e IAC-80, el mantenimiento del instrumento LIRIS que se detallarán a continuación.

IAC-80

Además de los trabajos de mantenimiento preventivo como hitos importantes en 2020 tenemos el aluminizado de los espejos. También ocurrieron una serie de fallos relacionados con la comunicación del controlador de la cúpula con el PC de Control. Finalmente cambiamos el antiguo codificador de la posición de azimut de la cúpula por otro más moderno.

TCS

En 2020 tanto en el TCS como en el IAC-80, se realizaron las labores de mantenimiento preventivo y aluminizamos los espejos. En el apartado de averías ocurrieron fallos intermitentes en el sistema de foco y en el control de la cúpula. Para intentar mejorar la estabilidad del Control de Cúpula se realizaron una serie de pruebas que nos llevaron a finalmente cambiar el codificador de la posición de azimut de la cúpula por otro igual al de IAC-80. Algunas cosas mejoraron con relación a la cúpula, pero llegamos a la conclusión de que definitivamente el control no es estable y requerirá un cambio en el futuro.



LIRIS

Este año debido a la pandemia de COVID-19 se optó por evitar viajes que no fueran estrictamente necesario y se pospuso el mantenimiento anual de LIRIS para 2021. Eso ya se hizo en alguna otra ocasión sin que se resintiese el correcto funcionamiento del instrumento.

Mantenimiento Instrumental

Este año con la idea de mejorar la zona de trabajo del personal técnico, ergonomía y seguridad, se adquirieron cuatro bancos de trabajo nuevos para el taller. Esto permitirá aislar más la zona de trabajo individual pensando en los protocolos anti COVID-19. Además, al ser antiestáticos mejoramos la seguridad eléctrica de los equipos en que trabajamos.

MONS

A mediados de 2019 el telescopio MONS fue retirado del servicio por un fallo de la electrónica de seguimiento. La electrónica existente en ese momento ya no se podía reparar dada su obsolescencia. Se propuso, y se aprobó, realizar una actualización completa de toda la electrónica de control, el cableado y varias mejoras en la seguridad.

Los trabajos pasaron por montar un nuevo armario de control en la pared norte de la cúpula. Este armario dispone de un controlador de velocidad para el motor de seguimiento, También sustituimos la práctica totalidad del cableado, las raquetas de movimiento y de foco, el sistema de iluminación del buscador y algunas mejoras estéticas. Todas las señales eléctricas de control van a 24V y en la actualidad la tensión de 220V solo se utiliza para los motores con la consecuente mejora en la seguridad.

Algunas de las modificaciones se pueden ver en las siguientes imágenes.



Mejoras en el control de iluminación del retículo y del foco del MONS.



Nuevo cuadro de control del MONS montado en la cúpula.



Modificaciones en el eje de Declinación del MONS.

Paralelamente Mantenimiento del Observatorio del Teide se puso a trabajar en una serie de mejoras del edificio. Inicialmente estimábamos finalizar todo en el primer trimestre de 2020. Debido a varios problemas, incluyendo la COVID-19, sólo se pudo finalizar de los trabajos en noviembre

En noviembre se realizaron pruebas nocturnas de comprobación del seguimiento con estrellas y parece que todo lo realizado funciona correctamente.

Para finalizar el proyecto a lo largo de 2021 habrá que abordar los siguientes aspectos:

- Aluminizar los espejos del telescopio que están en muy mal estado.

- Reparar la cúpula que se atasca en algunas posiciones. Este problema se detectó en las pruebas realizadas en noviembre. En una revisión detectamos que los rodillos en que se apoya la parte móvil de la cúpula están en muy mal estado y bloqueados. Para arreglar el problema y se requiere la sustitución de todos por unos nuevos.
- Manuales de usuario y de mantenimiento.
- Al ser la parte eléctrica una instalación de media tensión hay que obtener los debidos permisos para poder permitir su uso.

QUIJOTE

En QUIJOTE básicamente se realizó alguna reparación menor y se apoyó a Ingeniería en diversas acciones.

Caracterización de los Observatorios de Canarias

En el Proyecto se realizaron varias reparaciones en los DIMMA's, tanto del ORM con del OT, y los trabajos previstos de mantenimiento preventivo.

OFICINA TÉCNICA PARA LA PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL CIELO (OTPC)

Francisco J. Díaz Castro.

Federico de la Paz Gómez y Cristina Padilla Hernández.

La OTPC ha continuado con las labores de emisión de informes técnicos e inspección a instalaciones de alumbrado. En el 2020 se han realizado 135 inspecciones y se han formulado 97 denuncias (36% más que en 2019 pero similar al 2018) y se han resuelto 43 denuncias. La mayoría de inspecciones y denuncias son en instalaciones de alumbrado con nuevas tecnologías LED incumpliendo las especificaciones técnicas y sin los preceptivos informes técnicos del IAC así como de letreros luminosos encendidos después de las 24 h o por excesivo brillo. La colaboración de la Consejería de Industria, al amparo del Reglamento RD.1890/2008 continua siendo nula por lo que cada vez resulta más difícil hacer cumplir la Ley. El número de informes técnicos se ha reducido solo un 14% (186). Se han realizado 199 registros de entrada y 455 de salida (por la Sede Electrónica gestionados por la OTPC, 194 entradas y 194 salidas, un 9% más que en 2019). El número de correos electrónicos para consultas fue de 2.068 mensajes (1.188 en consultas a instalaciones y 655 de luminarias, 225 relacionadas con las denuncias), similar al año 2019. Se continúa certificando un importante número de luminarias y lámparas con un total de 65 certificaciones este año.

La inactividad desde 2013 en las funciones de la Consejería de Industria del Gobierno de Canarias, respecto a las infracciones en los alumbrados de exteriores, al amparo del Reglamento RD.1890/2008, está haciendo peligrar el buen mantenimiento de la calidad astronómica.

Continúa funcionando los ASTMON en el OT y ORM tras varias reparaciones. Siguen dando fallos de forma aleatoria por problemas con Windows y conexiones por lo que se van obteniendo datos con dificultad a falta de disponer de personal dedicado a su actualización y mantenimiento.

No ha habido denuncias por invasión del espacio aéreo protegido en ambos Observatorios ni por sobrepasar los niveles de campo electromagnético.

Durante este año hemos podido contar con la ayuda de nuestra compañera Cristina Padilla Hernández que nos ha aliviado la carga de tra-

bajo con un rápido y estupendo acoplamiento en las funciones de la OTPC.

LABORES REALIZADAS POR LA OTPC DURANTE 2020

Divulgación (charlas, ponencias y cursos impartidos)

- Ponencia en las Jornadas sobre protección del cielo y oportunidad de empleo. IAC, Fundación Starlight y Star4all. La Laguna Gran Hotel, 28 de enero.
- Ponencia en las II Jornadas sobre protección del cielo y oportunidad de empleo-Astrofest 2020-29. Cabildo de La Palma y Fundación Starlight. Septiembre.
- Ponencia en el Congreso Transfronterizo Contaminación Lumínica. Diputación de Badajoz, 24 septiembre.
- Ponencia del papel de la OTPC en la aplicación de la Ley del Cielo en Canarias para reducir la contaminación lumínica, WORKSHOP ON LIGHT POLLUTION, SEO Birdlife/LumiAves, 23-27 octubre.
- Ponencia "Alumbrado inteligente e innovación en tecnología de ledes. (Iluminación con tecnología led respetuosa con los cielos oscuros)" en "III ENCUENTRO STARLIGHT DE ASTROTURISMO Y I MEETING DE GUÍAS Y MONITORES STARLIGHT". Monasterio de El Olivar, Teruel, 14-16 octubre.
- Participación en el Workshop "Dark and Quiet Skies for Science and Society", COPUOS. Octubre.
- Realización del "Curso Starlight sobre prevención de la Contaminación Lumínica", Tenerife 24 y 26 de noviembre.
- Entrevistas en TV, radio y notas de prensa.

Colaboraciones

Se continúa colaborando con el Comité Internacional de Iluminación (CIE) para la actualización de la recomendación sobre instalaciones de iluminación en el entorno de los observatorios astronómicos. Igualmente, se continúa colaborando con la iniciativa STARLIGHT y la Red Española de Estudio sobre Contaminación Lumínica (REECL).

En los alumbrados exteriores públicos de las zonas de Tenerife no protegidas por la “Ley del Cielo”, se realizaron reuniones y obtuvimos el compromiso de usar ledes de no más de 2700°K (o Led Blanco Cálido IAC) con el Gobierno de Canarias, el Cabildo de Tenerife y los ayuntamientos de Santa Cruz de Tenerife y San Cristóbal de La Laguna. Con el ayuntamiento de Güímar se firmó un acuerdo de colaboración.

También se han llevado a cabo reuniones con ENAIRE para la instalación de antenas receptoras en el ORM para la identificación de aeronaves, así como la colaboración de AENA en ser respetuosas con la Astronomía en las ins-

talaciones de alumbrado en el aeropuerto de TFS (fuera de la zona de protección).

Medidas, Control y Calidad

Medidas del fondo del cielo: Se continúa con las medidas en el OT y ORM con el “All Sky” ASTMON en el OT y ORM, pero con dificultad.

Se ha retomado las medidas de emisiones radioeléctricas con la Dirección General de Telecomunicaciones instalando un equipo portátil en el OT y en el ORM. No obstante, los datos que aportan son por bandas de frecuencias y no permiten identificar las emisoras más contaminantes por lo que se les ha solicitado la identificación de estas emisoras.



Equipo de medición automática de emisiones radioeléctricas de la Secretaría de Estado para el Avance Digital.

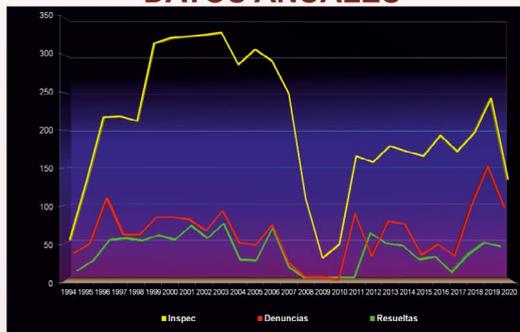
INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR

EVOLUCIÓN DE INSPECCIONES Y DENUNCIAS 1994-2020

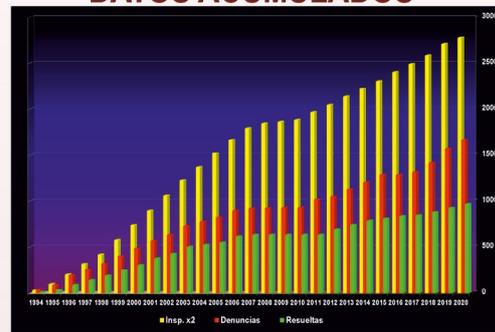
AÑO	Inspec	Denuncias	Resueltas
1994	56	36	10
1995	133	49	24
1996	217	110	52
1997	215	61	54
1998	212	61	51
1999	314	84	58
2000	321	84	52
2001	323	81	71
2002	325	66	54
2003	328	93	74
2004	286	50	25
2005	306	47	24
2006	291	74	68
2007	248	23	15
2008	110	4	0
2009	32	4	0
2010	60	0	0
2011	166	89	0
2012	158	32	61
2013	179	79	47
2014	172	75	44
2015	166	34	25
2016	193	48	29
2017	172	33	8
2018	196	99	32
2019	242	152	48
2020	135	97	43

AÑO	Insp. x2	Denuncias	Resueltas
1994	28	36	10
1995	95	85	34
1996	203	195	88
1997	312	256	140
1998	418	317	191
1999	575	401	249
2000	736	485	301
2001	897	566	372
2002	1060	632	426
2003	1224	725	500
2004	1367	775	525
2005	1520	822	549
2006	1665	896	617
2007	1789	919	632
2008	1844	929	632
2009	1860	927	632
2010	1885	927	632
2011	1968	1016	632
2012	2047	1048	693
2013	2137	1127	740
2014	2223	1202	784
2015	2306	1284	809
2016	2402	1284	838
2017	2488	1317	846
2018	2586	1416	878
2019	2707	1568	926
2020	2775	1665	969

DATOS ANUALES

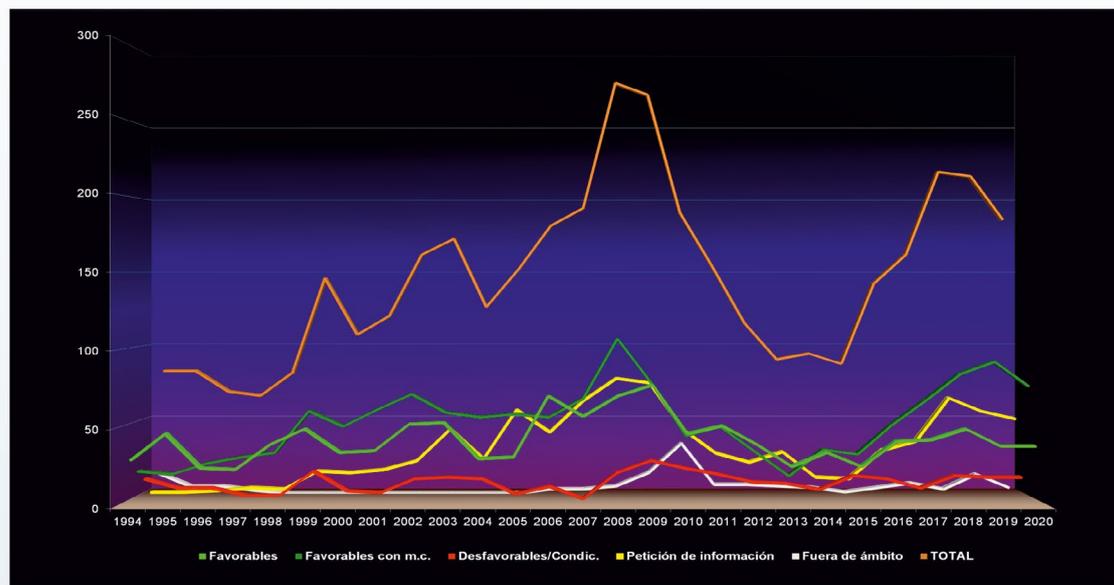


DATOS ACUMULADOS



EVOLUCIÓN DE INFORMES TÉCNICOS 1994-2020

INFORMES	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Favorables	45	30	47	25	24	40	50	35	36	53	54	31	32	71	58	71	78	47	52	40	26	35	26	42	43	50	39	39
Favorables con m.c.	24	21	19	26	30	33	60	50	61	71	59	56	58	56	68	107	78	44	50	34	18	35	32	51	67	84	92	76
Desfavorables/Condic.	6	14	8	8	3	3	19	6	5	14	15	14	4	9	1	18	26	21	17	12	11	7	16	14	8	16	15	15
Petición de información	4	3	3	4	6	5	17	16	18	24	45	25	58	43	64	79	76	45	29	23	30	13	12	31	37	66	57	52
Fuera de ámbito	0	14	5	5	2	*	*	*	*	*	*	*	*	3	3	5	14	34	6	6	5	4	1	4	7	3	13	4
TOTAL	79	82	82	68	65	81	146	107	120	162	173	126	152	182	194	280	272	191	154	115	90	94	87	142	162	219	216	186



Grráfico y tablas de evolución.

SERVICIOS INFORMÁTICOS (SI)

Los Servicios Informáticos del Instituto de Astrofísica de Canarias (en adelante SI) ofrecen y gestionan los servicios informáticos al resto de las Áreas del centro, con el objetivo de que puedan desempeñar sus funciones con la máxima eficiencia y así realizar una investigación y desarrollo tecnológico de calidad.

Para lograr este objetivo realizamos proyectos de adaptación y mejora continua de nuestros servicios, incluyendo actualización tecnológica de redes de comunicaciones y sistemas, desarrollos software y servicios de atención al usuario. Todas estas actividades se realizan garantizando la continuidad, la confidencialidad y la seguridad de activos y sistemas.

El SI presta servicio en todas las sedes: en La Laguna, en el Centro Astrofísica La Palma (CALP), en los observatorios del Teide (OT) y Roque de los Muchachos (ORM), en la nueva sede de IACTEC y en el departamento de astrofísica de la Universidad de La Laguna.

Este último año 2020 ha venido especialmente marcado por la pandemia mundial que hemos sufrido, y que nos ha obligado a todos en cierta manera a adaptar nuestras vidas y por supuesto nuestra manera de trabajar. Las tecnologías han jugado un papel extremadamente importante para permitir el teletrabajo y el acceso electrónico a los recursos.

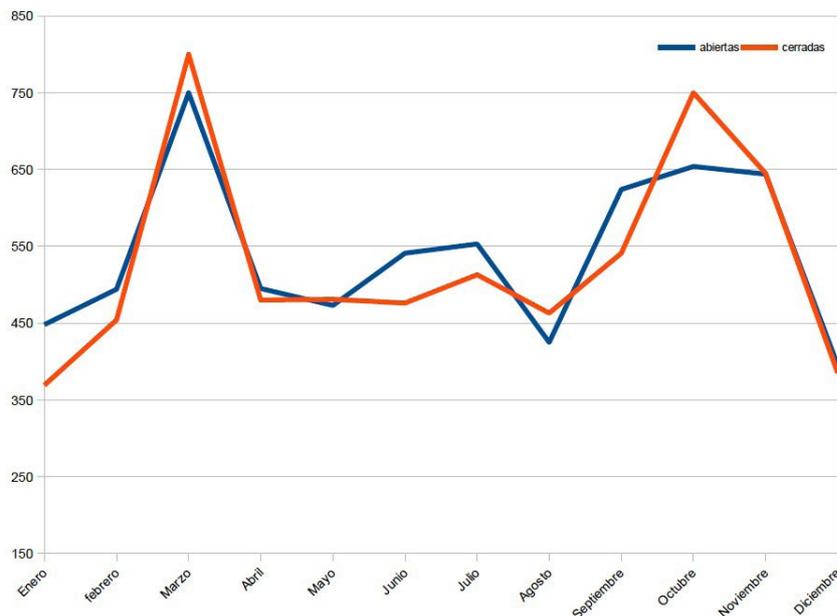
Con gran esfuerzo, los servicios informáticos han dado continuidad a sus servicios, y los principales logros en este año 2020 se detallan en los siguientes apartados.

SERVICIO DE ATENCIÓN AL USUARIO

La atención al usuario es uno de nuestros servicios principales. Nuestro Centro de Atención al Usuario (CAU) atiende solicitudes e incidencias en el uso de infraestructuras y aplicaciones. Durante este último año se han atendido más de 6.500 incidencias. Hemos además gestionado el préstamo de material, gestionado los equipos audiovisuales del aula y asesorado y tramitado todas las compras de material informático del centro.

Durante el confinamiento se mantuvo el soporte de forma telemática, gestionando además la instalación y entrega de equipamiento para que todo el personal del IAC pudiera realizar su actividad de forma remota desde su hogar. Este hecho ha supuesto la adaptación de herramientas y métodos de trabajo de nuestros técnicos, que han logrado ofrecer un servicio de calidad acorde a la situación.

Para facilitar el uso de solicitudes de soporte hemos terminado de implantar un nuevo sistema de gestión de tickets integrado con herramientas de inventario, gestión documental, formación y planes de acción, que permite la aplicación de buenas prácticas en tecnologías de la información.



Número de incidencias abiertas y cerradas por el CAU durante el 2020.

SERVICIO DE RED

Este año el principal reto ha sido la ampliación de capacidades para poder teletrabajar de forma segura durante el confinamiento y de forma presencial una vez terminado el mismo. Las principales acciones realizadas en este sentido fueron:

- Ampliación y supervisión de canales de VPN (redes privadas virtuales) para todos los empleados.
- Despliegue de licencias de teléfonos software para poder enviar y recibir llamadas por el área de administración usando el número corporativo.
- Monitorización y seguimiento de la seguridad en la red ante los intentos de ataque por parte de ciberdelincuentes aprovechando la pandemia.

Al margen de las acciones extraordinarias tomadas a causa de la pandemia hemos seguido trabajando en el mantenimiento y mejora de nuestra red de comunicaciones. Nuestra red se extiende en cinco sedes, con una tecnología de fibra oscura entre sus sedes principales y los observatorios que permite la ampliación de nuevos canales dedicados entre diferentes instalaciones propias o incluso con otras instalaciones de investigación extranjeras.

Las acciones más reseñables durante este 2020 fueron las siguientes:

- Se ha concluido la renovación del equipamiento principal de comunicaciones de nuestra red con la sustitución del router principal del ORM.
- Se ha concluido el proyecto de despliegue de la red WIFI, dotando al ORM de una red de amplia cobertura en todas las habitaciones de su residencia.
- Se ha mejorado la disponibilidad de red de 10G el Proyecto CTA, dotándolo de dos enlaces.
- Se ha ampliado la conexión del Telescopio TNG a 10Gbps en el ORM.
- Se ha ampliado la conexión a 1 Gbps en la zona de Las Moradas, destinada a la caracterización de los Observatorios.
- Se ha realizado un estudio para la conectividad de la red del Proyecto ASTRI en el OT.
- Se ha habilitado nuevas lambdas de conexión para los proyectos CTA y VTT.
- Ha finalizado con éxito la conexión distribuida mediante redes privadas virtuales del Proyecto WEAVE.

- Se ha dotado de telefonía IP al Proyecto SPECULOOS en el OT.
- Se ha conectado a nuestra red la nueva zona de acceso y control de seguridad del OT.

El servicio de red sigue siendo pues uno de nuestros principales servicios por ser la base fundamental para la conexión de nuestras instalaciones y los proyectos de investigación que allí se despliegan.

SERVICIO DE SUPERCOMPUTACIÓN

Durante 2020 concluyó la actualización a Ubuntu de las principales máquinas de cómputo del IAC, comenzando además con los puestos de los investigadores.

Se ha adquirido y puesto un funcionamiento una máquina de altas prestaciones para la realización de cálculos de un grupo de físico solar, compuesta por 13 nodos de cómputo de 192 GB de memoria y 40 núcleos. El sistema cuenta además con un sistema de almacenamiento paralelo de 116 TB y se conecta internamente mediante una red de 100 Gbits/s.

Para dar soporte de almacenamiento a otras máquinas de altas prestaciones se ha instalado un sistema de almacenamiento paralelo a partir de unas cabinas de almacenamiento cedidas por el Barcelona Supercomputing Center.

Como todos los años hemos dado soporte técnico a todos los grupos de investigación que han obtenido tiempo de cómputo en nuestro nodo de la Red Española de Supercomputación, LaPalma.

SERVICIO DE AUDIOVISUALES

En el año 2020 hemos continuado dando soporte de retransmisión a diferentes seminarios y charlas divulgativas. Este año en concreto hemos tenido, como el resto de centros del mundo, un sobreuso de los sistemas de videoconferencia. En concreto, nuestro proveedor de red RedIRIS ha tenido que aumentar el número de licencias Zoom para dar cabida a toda la demanda.

También seguimos trabajando en mejorar las instrucciones de uso en las salas de videoconferencia de nuestras sedes.

SERVICIO WEB

Durante el año 2020 se ha consolidado el portal externo www.iac.es y se ha dotado de contenido a todas las secciones que lo conforman. También se han logrado grandes avances en el desarrollo del portal interno. En concreto, se han añadido nuevas secciones, alguna de ellas

para cubrir comunicación esencial durante el confinamiento:

- Sección de Medio ambiente y sostenibilidad.
- Alerta Coronavirus.
- Solicitudes de conexión remota VPN, accesos a libros, revistas y artículos de biblioteca, o comunicación y evaluación de riesgos laborales.
- Formularios de inscripción al proyecto Habla con Ellas.

Además se han implementado mejoras en el funcionamiento global de ambos portales:

- Mejoras en la clasificación y búsqueda de la galería multimedia y ediciones.
- Mejoras en la clasificación y búsqueda de subvenciones.
- Revisión de la sección de accesibilidad y generación de procedimiento asociados en la sede electrónica.
- Mejoras en seguridad y asignación de permisos.
- Actualización de la infraestructura y actualización a las últimas versiones estables.

Parte de este servicio es el asesoramiento a otras unidades del IAC en la contratación y seguimiento de portales de proyectos. En concreto se ha realizado asesoramiento para los proyectos Cosmolab y PETER y el gestor de subvenciones de la OTRI.

SEDE ELECTRÓNICA

Durante el año 2020, debido a las restricciones derivadas del COVID-19, la Sede Electrónica ha demostrado ser un mecanismo fundamental para poder seguir ofreciendo a la ciudadanía, con todas las garantías necesarias, el acceso a los diversos procedimientos administrativos y servicios que ofrece el IAC como organismo público. A lo largo de este año atípico se han recibido 890 solicitudes, cifra muy similar a la de solicitudes recibidas en el año anterior.

Además, se ha incorporado a la Sede Electrónica el procedimiento de "Selección de Personal Investigador Postdoctoral" que, gracias al mecanismo de autenticación mediante usuario y contraseña que se desarrolló para nuestra sede, ha permitido la participación en diversos procesos selectivos del IAC a la ciudadanía que no posee un NIF o NIE y que, de otra manera, no hubiera podido hacer uso de nuestra Sede Electrónica.

PLAN DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL

Durante este último año hemos realizado un análisis de la situación actual del IAC en materia de Administración Electrónica. A partir de los resultados obtenidos se ha elaborado y presentado un Plan de Acción para la Transformación Digital del IAC, en el que se identifican los puntos clave en los que tenemos que centrarnos para cumplir con las medidas dispuestas en el PTD de la AGE, y en el que se definen un conjunto de proyectos a ejecutar en el período 2021-2023.

En las actuaciones previstas se abordarán cuestiones relacionadas con la gestión documental, la implantación de herramientas para mejorar la prestación de servicios digitales, la formación básica en materia de administración electrónica, o el teletrabajo, entre otras. Algunos de estos proyectos ya están en marcha.

El proceso de Transformación Digital conlleva muchos cambios que se irán incorporando de forma progresiva a lo largo de los próximos años. En este primer acercamiento se abordarán los aspectos fundamentales que nos permitirán cumplir con las medidas necesarias, tratando de aportar al IAC a su vez soluciones prácticas y que puedan resultar de utilidad.

ALMACENAMIENTO CENTRALIZADO

Se han realizado nuevas actualizaciones en los sistemas de almacenamiento y copias de seguridad. Durante este último año se ha añadido un nuevo espacio de trabajo con una capacidad de 700 TB y se ha comenzado con la instalación de un nodo de datos que formará parte de la Red Española de Supercomputación.

CORREO ELECTRÓNICO

El correo electrónico es uno de los servicios esenciales en el trabajo diario del personal del IAC. Durante el año 2020 ha desempeñado además un papel todavía más relevante al tratarse de un medio de comunicación que permite el intercambio de información y documentación aunque no estés presencialmente en la oficina. Este último año se ha mejorado el acceso a los mismos, balanceando las peticiones de servicio y mejorando su seguridad. En este último aspecto hemos configurado reglas para detectar dinámicamente fuentes de ataques al servicio y bloquear su acceso.

APLICACIONES DE USO COMÚN

Los servicios informáticos ponen a disposición de los usuarios del IAC diferentes aplicaciones

software para la gestión y organización de las instalaciones. Este año 2020 se han consolidados servicios como el portal de formación que ya dispone de 7 cursos con más de 400 matrículas y el sistema de reservas de salas que ya supera las 500 reservas.

También damos soporte a algunas aplicaciones para la gestión del software. En concreto el software para el control de versiones de proyectos y desarrollos GIT aloja a más de 200 proyectos en el que trabajan casi cien usuarios.

DESARROLLO DE APLICACIONES

Durante este año hemos realizado mantenimiento de las aplicaciones de uso común desarrolladas por nuestro grupo. La labor principal en este servicio se ha basado en tareas de actualización tecnológica para la actual aplicación del Comité de Asignación de Tiempos (CAT). Se ha realizado además un estudio de viabilidad para el desarrollo de una nueva aplicación dotada de más funcionalidad y adaptada a los usos actuales de aplicaciones web.

Se ha desarrollado además una aplicación de reservas de material fungible, integrada en el portal web interno, a partir de un módulo de e-commerce.

SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL SAP

Este año se presentó el “Plan de Acción para la Transición a S/4 HANA” que pretende, de forma proactiva, dar respuesta al desafío que plantea el cambio de producto promovido por SAP, fabricante de nuestro ERP. Este plan de acción, que nace por iniciativa de los Servicios Informáticos y que elaboró una de las principales empresas de consultoría españolas del sector, servirá de guía para orientar las inver-

siones y actuaciones más relevantes relacionadas con SAP durante los próximos años. Además de esta actuación estratégica, dentro de las labores de mantenimiento correctivo y evolutivo de nuestro sistema, se han ampliado las funcionalidades del mismo al incorporar la gestión de diversas tareas realizadas por diferentes unidades del IAC al ERP o la adaptación a nuevas necesidades. Como ejemplos de estas mejoras, podemos destacar la gestión de las revisiones médicas de PRL, la generación de órdenes de transferencias específicas del Banco de España, la modificación del régimen retributivo del Personal Investigador de OPIS o la tramitación de los expedientes de ingresos, entre otras.

IMPRESIÓN

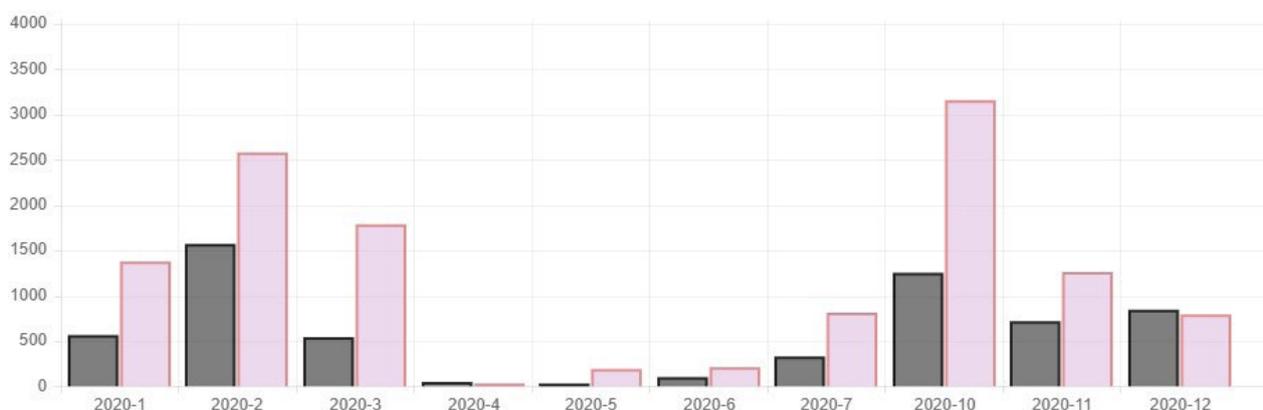
El IAC dispone de un parque de más de 50 impresoras multifunción conectadas a su red, y que permiten el fotocopiado, escaneo e impresión desde los puestos de trabajo. En el SI se monitoriza el consumo y se realiza un control con fines económicos y medioambientales.

En el año 2020 estuvimos menos en nuestros centros de trabajo, debido al confinamiento. Esto trajo consigo una disminución considerable del gasto de impresiones tanto en blanco y negro como en color. En la gráfica se puede observar el impacto que tuvo el confinamiento en el servicio.

ALOJAMIENTO DE SERVIDORES

Siguiendo directrices de racionalización de infraestructuras, hemos seguido actualizando nuestro servicio de virtualización, realizando una gestión automatizada de los servidores y

Impresiones B/N y Color



Impacto del confinamiento en el servicio de impresión.

disminuyendo el coste energético. En concreto se ha actualizado parte del equipamiento del cluster de virtualización alojado en el Centro de Astrofísica La Palma.

COMPRAS INFORMÁTICAS

Tanto el asesoramiento técnico, como los primeros trámites en la adquisición de material informático en el IAC son realizados por el SI. Las necesidades informáticas de los usuarios son transformadas en propuestas de configuración de equipos que posteriormente habrá que adquirir por alguno de los procedimientos contemplados para contratación pública. En el 2020 se recibieron 284 peticiones de usuario que siguieron los procedimientos establecidos de compra pública.

SEGURIDAD INFORMÁTICA

La seguridad es una actividad transversal para todos los servicios que hemos relatado. La actualización a las últimas versiones de todos los elementos es necesario para minimizar la probabilidad de un incidente. El IAC por ser administración pública dependiente de la Administración General del Estado, debe cumplir con el Esquema Nacional de Seguridad.

Durante el año 2020 se comenzó un proyecto de adecuación al Esquema Nacional de Seguridad. Ya se ha adaptado parte de la normativa interna y se renovará próximamente el Comité de Seguridad. En lo que refiere a medidas de

protección hemos finalizado con la distribución del agente de antivirus en equipamiento con sistema operativo Windows y en los servidores.

También se ha trabajado en la configuración de nuestro sistema de cortafuegos protegiendo detrás del mismo algunas instalaciones que tenían instrumentos accesibles desde internet.

FORMACIÓN Y EVENTOS

El año 2020 ha sido complejo para la celebración de eventos o la realización de formación. Durante el confinamiento todo el personal del IAC tuvo que realizar una formación específica sobre prevención de COVID-19 y Teletrabajo. En los servicios informáticos, el equipo asistió a una cantidad considerable webinars y formación online que de forma gratuita durante el confinamiento diferentes empresas ofrecieron.

Los procesos de diseño, implementación, operación, mantenimiento y mejora continua de estos servicios ocupa al equipo humano que conforman los Servicios Informáticos. La gestión de estos procesos conlleva además la organización de todas las actividades y el seguimiento de los contratos intervinientes. Para ello, en el SI tratamos en la medida de nuestras posibilidades de aplicar estándares de buenas prácticas de gestión TIC y herramientas que lo soporten.

ÁREA DE INVESTIGACIÓN



Corresponde al Área de Investigación la “elaboración y desarrollo de Proyectos de Investigación en el campo de la Astrofísica y en áreas relacionadas con ella”. A fin de cumplir sus objetivos, el Área tiene una estructura organizativa, de gestión y de servicios enfocada a facilitar y encauzar el desarrollo de la actividad investigadora.

El Área está encabezada por el **Coordinador de Investigación** como responsable directo de las actividades de investigación del IAC. El **Consejo de Investigadores** es el órgano asambleario del Área y en él están presentes todos los Doctores que realizan su actividad investigadora en el Centro, con una antigüedad de al menos seis meses en el IAC. Tiene como máximas atribuciones el proponer el nombramiento (y, en su caso, el cese) del Coordinador, así como valorar sus informes de Gestión y los de las comisiones que de él dependen.

Para asistir al Coordinador en el desempeño de sus funciones, existe la **Comisión de Investigación**, que él mismo preside, y de la que forman parte el Director del Departamento de Astrofísica de la Universidad de La Laguna, cinco doctores del centro, uno de ellos elegido por los estudiantes de Doctorado, y la Gerente de Investigación. Si bien es éste un órgano consultivo del Coordinador - para estudiar todos los asuntos relativos a la investigación y proponer las resoluciones pertinentes a los órganos competentes - éste lleva a través de la misma una dirección colegiada del Área de Investigación.

La organización del Área se apoya en la Secretaría y tres Servicios. La **Gerencia**, que dirige la Secretaría, tiene como misión asistir al Coordinador en sus funciones y llevar a cabo, bajo sus directrices, la gestión interna del Área. La **Secretaría** (compuesta por dos administrativos) asiste al Coordinador y a la Gerente en las tareas administrativas y de gestión, a la vez que ofrece apoyo al personal investigador.

Los Servicios del Área comprenden, los Servicios Informáticos Específicos, el Servicio Multimedia y el Servicio de Corrección Lingüística.



SERVICIOS

- *Servicios Informáticos Específicos (SIE)*

Su cometido es la instalación, mantenimiento y asistencia al usuario, en lo que concierne a todo el software de uso astronómico. El Servicio cuenta con un astrónomo responsable y gestor del mismo y un ingeniero que dedican una buena parte de su tiempo a estas labores de soporte.

- *Servicio MultiMedia (SMM)*

Ofrece apoyo a los usuarios en todo lo referente a temas gráficos, tratamiento de imágenes, elaboración de ilustraciones o pósters y trabajos de vídeo o de infografía 3D. El Servicio está compuesto por un técnico especializado.

- *Servicio de Corrección Lingüística (SCL)*

Se encarga de la revisión de textos de investigación astrofísica en lengua inglesa, destinados a ser publicados en revistas especializadas del campo. El servicio está formado por un técnico especializado.

ACTIVIDAD INVESTIGADORA

Finalmente, la actividad netamente investigadora en el IAC se estructura en **Proyectos de Investigación** que actualmente se engloban en seis líneas de investigación temática y que abarcan la mayoría de campos de la Astrofísica tanto teórica como observacional o instrumental. Las Líneas de Investigación actuales en el IAC son: Física Solar (FS), Sistema Solar y Sistemas Planetarios (SEYSS), Física Estelar e Interestelar (FEEI), La Vía Láctea y el Grupo Local (MWLG), Formación y Evolución de las Galaxias (FYEG) y Cosmología y Astropartículas (CYA-CTA).

Cada uno de 37 proyectos individuales, actualmente vigentes, está dirigido y gestionado por un *Investigador Principal* (IP) y aglutina la dedicación formal (total o parcial) de investigadores pre- y post- doctorales del IAC. Las vinculaciones y colaboraciones con investigadores de otros centros están reconocidas e incentivadas.

El personal investigador adscrito al Área (con relación contractual) se eleva a 222 personas, además de 26 *Investigadores Afiliados* y 3 doctores con el status de *Colaborador* adscritos al Área, quienes participan en distintos proyectos.

Durante el año 2020 se solicitaron 18 proyectos de investigación dirigidos por investigadores del IAC, en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2017-2020, por un total de 4.234.350 €. Asimismo, se incorporaron al IAC 10 investigadores postdoctorales a través de los proyectos del Plan Estatal (Proyectos I+D, Programa JCI y Programa RYC), 2 en el marco del Programa Severo Ochoa, 4 en el marco del Programa de la UE y 5 contratados con otros fondos.

Igualmente ha habido una intensa actividad de Seminarios y Coloquios en el Área. A lo largo de este año, 2 investigadores de reconocido prestigio internacional de otras instituciones han sido invitados a dar un Coloquio en el IAC (una charla con una estancia de algunos días para favorecer la discusión), y otros 38 investigadores han impartido Seminarios, Charlas y *Breaking News* además de 10 charlas impartidas por ingenieros.

Finalmente, cabe destacar que durante 2020 se ha alcanzado la cifra de 579 artículos científicos publicados en revistas internacionales contempladas en SCI. La gran mayoría de estos artículos han sido publicados en las revistas más prestigiosas de la especialidad.

FÍSICA SOLAR (FS)

SIMULACIÓN NUMÉRICA DE PROCESOS ASTROFÍSICOS (P/300313)

Fernando Moreno-Insertis.

Iñigo Arregui Uribe-Echevarría, Belén Coronado Granados, Tobías Felipe García, Peter Hunana, Elena Khomenko Shchukina, Valeria Liakh, Manuel Luna Bennasar, David Martínez Gómez, M. Modestov, Ana M. Navarro Noguera, Daniel E. Nóbrega Siverio, Andrea Perdomo García, Beatrice A. Popescu Braileanu y Nikola Vitas.

M. Luna (Univ. Islas Baleares); J. Martínez Sykora, V. Hansteen (Lockheed Martin Solar and Astrophysical Lab., EEUU); E.R. Priest (Univ. St. Andrews, Reino Unido), N. Shchukina (Obs. Kiev, Ucrania), M. Madjarska (Max Planck Inst. for Solar System Research; Alemania), C. Fischer (Kiepenheuer Inst., Alemania), B. Schmieder (Obs. de Meudon, París, Francia); L.R. Van der Voort (ROCS/ITA, Univ. de Oslo, Noruega), V. Olshevsky (Katholieke Univ. de Leuven, Bélgica), P. Cally y S. Shelyag (Monash Univ. Melbourne, Australia).

INTRODUCCIÓN

La simulación numérica mediante códigos complejos de ordenador es una herramienta fundamental en la investigación física y en la técnica desde hace décadas. El crecimiento vertiginoso de las capacidades informáticas junto con el avance notable de la matemática numérica ha hecho accesible a los centros de investigación de tamaño medio esta rama de la investigación, a caballo entre la física teórica y la física experimental. La astrofísica no es excepción a lo anterior, habiéndose desarrollado desde finales de los 70 una especialidad de la misma, la astrofísica computacional, que ha permitido llegar a comprender gran variedad de fenómenos inaccesibles a la investigación teórica pura y dar cuenta de observaciones hasta entonces inexplicadas. Su mayor campo de aplicación en las décadas pasadas han sido los fenómenos (magneto) hidrodinámicos y de dinámica de gases en multiplicidad de entornos cósmicos, por ejemplo los interiores y atmósferas estelares y planetarios y el medio

interestelar, incluyendo magnetoconvección y dínamo, discos de acreción, evolución de nebulosas planetarias, explosiones y restos de supernova, etc. La incorporación a las simulaciones numéricas de las ecuaciones del transporte radiativo, ocurrida ya en décadas pasadas, ha permitido dotar de mayor realismo a los estudios de procesos hidrodinámicos en fotosferas y cromosferas estelares.

El presente Proyecto quiere apoyar el desarrollo en el IAC de la investigación astrofísica basada en el uso de grandes códigos numéricos que requieren el uso de ordenadores masivamente paralelos y su enlace con los resultados de observación. Objetivo general de este Proyecto es la realización de cálculos de física de fluidos cósmicos y de transporte radiativo. La temática de dichos cálculos se centrará en:

- Fenómenos de dinámica de gases magnetizados en interiores y atmósferas estelares.
- Transporte de radiación y señales de polarización en líneas espectrales en base a modelos atómicos y moleculares realistas y los efectos Hanle y Zeeman.
- Comparación de resultados teórico/numéricos con datos de observación.

Este Proyecto es especialmente relevante a la vista de la involucración, cada vez mayor, del IAC en las redes de supercomputación nacionales y europeas y, en general, en grandes iniciativas de instalación de superordenadores.

HITOS

Se ha dado explicación al impacto de jets coronales en filamentos solares. Estos fenómenos espectaculares han sido observados repetidamente pero aún no tenían explicación. Mediante modelado MHD, la propagación de los chorros hacia el filamento, las características del impacto y la naturaleza de las oscilaciones generadas en la protuberancia han sido dilucidadas.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Física Coronal

Jets coronales y oscilaciones de filamentos: se han obtenido avances significativos en la com-

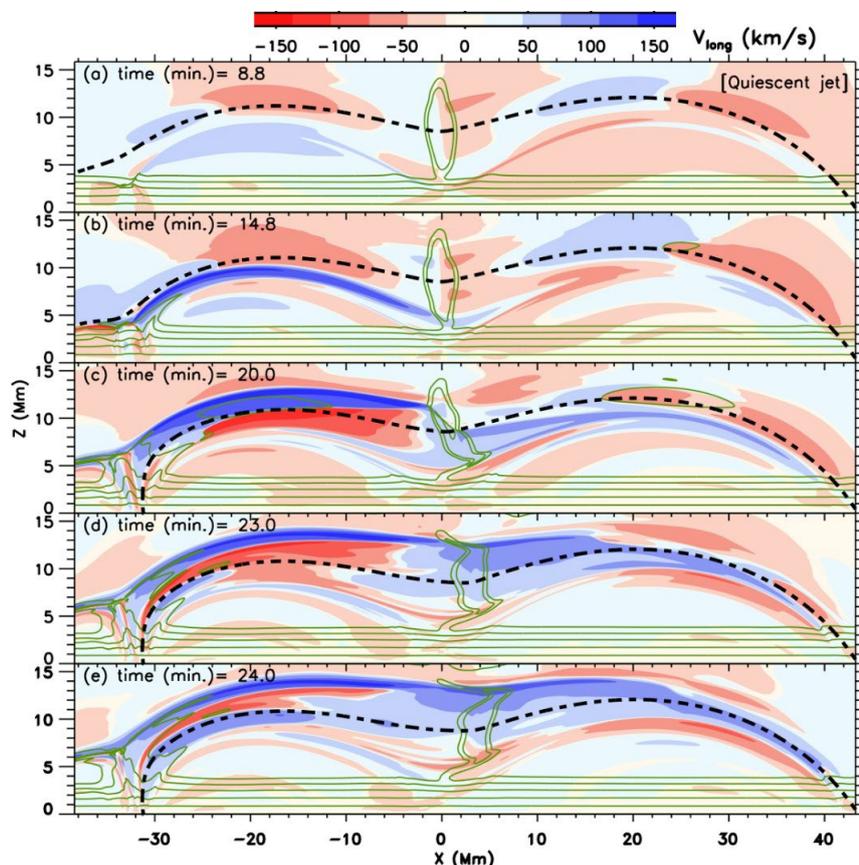
prensión de la interacción entre chorros coronales y filamentos/protuberancias. En un modelo numérico calculado con el código Mancha, se generaron jets coronales mediante reconexión en lo alto de una región magnética parasítica localizada en las cercanías de una protuberancia solar. Se estudió en detalle la propagación de ondas no lineales de diferente naturaleza que surgen del sitio de reconexión y se propagan a lo largo del canal del filamento, con atención especial a su reflexión y transmisión en el filamento y a las oscilaciones que se excitan en el mismo. El modelo explica las observaciones del impacto de chorros coronales en filamentos conducentes a oscilaciones de gran amplitud (conocidas como LAOs, por sus siglas en inglés); este fenómeno fue detectado a lo largo de la pasada década, pero no tenía explicación teórica todavía. (Luna + Moreno-Insertis, Ap. J 2021).

En colaboración con investigadores de diversas universidades e institutos de investigación internacionales se ha elaborado una revisión acerca de los avances recientes en calentamiento coronal mediante disipación de ondas magnetohidrodinámicas. La revisión se centra en aspectos tales como mejoras en modelos teóricos, simulaciones numéricas más realistas y recientes observaciones en alta resolu-

ción espacial y temporal. La revisión llega a la conclusión de que aún no somos capaces de explicar las temperaturas observadas mediante los modelos basados en disipación de ondas de los que disponemos. (Van Doorselaere et al incl I Arregui, SSRv 2020).

Lluvia coronal y oscilaciones en estructuras coronales: se han llevado a cabo simulaciones numéricas con el código Mancha3D que analizan el efecto de la presión y el campo magnético en la caída de nubes de lluvia coronal. También se han estudiado los efectos de la interacción entre partículas cargadas y neutras en la generación del campo magnético por medio del mecanismo de batería de Biermann en plasmas parcialmente ionizados. Finalmente, se han analizado los efectos de las inhomogeneidades de densidad en los periodos y tiempos de amortiguamiento de oscilaciones en tubos de flujo magnético totalmente ionizados usando el código MoLMHD (Martinez Gomez et al incl E. Khomenko and N. Vitas).

Se ha usado un conjunto extenso de observaciones de un punto brillante coronal (coronal bright point o CBP en inglés) que incluye datos fotosféricos y cromosféricos en el rango visible, y datos EUV coronales para estudiar la relación entre un CBP y los niveles de la atmósfera baja por debajo del mismo. Esta com-



Impacto de un jet coronal sobre un filamento solar que causa oscilaciones de gran amplitud en el material frío de la protuberancia.

binación de observaciones es difícil de tratar dada la disparidad en los conjuntos de datos; sin embargo, realizar ese trabajo es de crucial importancia dado que las raíces de los CBPs en la baja atmósfera están casi inexploradas. Además, se han obtenido distribuciones 3D de líneas de campo magnético para esta región a partir de magnetogramas fotosféricos usando técnicas de extrapolación con diferentes métodos. Como aspecto particularmente importante en este estudio, se ha documentado el calentamiento de un CBP como consecuencia de un episodio de emergencia de flujo ocurrido durante la vida del CBP (Madjarska et al, incl F. Moreno-Insertis).

Se ha complementado un estudio multi-longitud de onda de una serie de jets coronales y cromosféricos asociados a una región activa con consideraciones teóricas procedentes de los modelos de Moreno-Insertis y Galsgaard 2013 y los de Nóbrega-Siverio et al 2016-2018. Las observaciones combinan datos de SDO-HMI, IRIS y SDO-AIA y, por tanto, cubren las capas desde la fotosfera hasta la región de transición y corona. Se han encontrado indicaciones llamativas que apuntan a que estos jets tuvieron su origen en episodios de emergencia de flujo magnético. (Joshi et al, ApJ 2020, incl F. Moreno-Insertis).

Fotosfera y cromosfera

Comparación de simulaciones numéricas de granulación solar y observaciones: se han comparado simulaciones numéricas realizadas con el código Mancha y observaciones de gránulos explosivos y los resultados se han enviado a la revista *Astronomy & Astrophysics* (Ellwart et al, incl N Vitas).

Se ha estudiado la formación de capas de flujo magnético resultantes de expansión granular en diferentes estadios de la vida del gránulo; para ello se han tomado como base observa-

ciones tomadas en el telescopio solar sueco (Swedish Solar Telescope, SST). Estos resultados observacionales se han considerado a la luz de los resultados teóricos del artículo de Moreno-Insertis et al (2018).

Física del plasma fundamental. Métodos numéricos y códigos para la solución de problemas magnetohidrodinámicos

Se ha generalizado el formalismo de la teoría del modelado de fluidos no colisionales al régimen débilmente colisional, aplicable a la corona solar (Hunana et al). Este formalismo había sido resumido recientemente en un artículo de revisión en dos volúmenes.

Difusión ambipolar y el código Bifrost: como parte de la tesis de D. Nóbrega (IAC, 2018), se había desarrollado un nuevo módulo para el código Bifrost. En 2020, se ha realizado una publicación que contiene los detalles de la implementación completa de dicho módulo, incluye múltiples tests para el mismo, y estudia la importancia de la difusión ambipolar en el contexto de simulaciones multidimensionales realistas, como las que posibilita el código Bifrost (Nóbrega-Siverio et al, incl. Moreno-Insertis, A&A 2020).

Mejoras en el código Mancha: se han reescrito diferentes módulos y subprogramas del código Mancha, especialmente aquellos que tienen que ver con el cálculo de difusividades, derivadas espaciales y condiciones de contorno. Se ha continuado trabajando en tres códigos subsidiarios de este código, a saber: Mancha-EOS, Mancha-Ray y Co-Mancha. Se está trabajando también en la puesta al día del paquete de opacidades Synspec y su inclusión en el código Mancha (N. Vitas).

MAGNETISMO SOLAR Y ESTELAR (P/309902)

Tobías Felipe García.

Iñigo Arregui Uribe-Echevarría, Andrés Asensio Ramos, Sangeetha Chitrapadi Rajaram, Manuel Collados Vera, Carlos H. Domínguez-Tagle Paredes, Bruno Femenía Castello, Elena García Broock, Sergio J. González Manrique, Elena Khomenko Shchukina, María J. Martínez González, Carlos Quintero Noda, Basilio Ruiz Cobo, Juan C. Trelles Arjona y Carlos Westendorp Plaza.

Colaborador del IAC: Héctor D. Socas Navarro.

L.R. Bellot Rubio, J.C. del Toro Iniesta (IAA); R. Kostic, N. Shchukina (Obs. de Kiev, Ucrania); V. Olshevsky (Univ. de Leuven, Bélgica); A. Sainz Dalda (Univ. de Stanford, EEUU); W. Schmidt, D. Soltau, Th. Berkefeld, S.K. Solanki, A. Gandorfer, A. Birch (Kiepenheuer Inst. für Sonnenphysik, Alemania); P. Cally, S. Shelyag (Monash Univ., Melbourne, Australia); M. Stangalini (Univ. de Tor Vergata, Roma, Italia); C. Beck (NSO, EEUU); C. Kuckein (Potsdam, Alemania); C. González Fernández (Univ. de Cambridge, Reino Unido); J. de la Cruz Rodríguez, A. Pastor Yabar, C. Díaz Baso (Univ. de Estocolmo, Suecia); M. Leitinger (Univ. de Graz, Austria); A. López Ariste (CNRS, Francia); F. Leone (Univ. de Catania, Italia); R. Manso Sainz (MPI, Alemania); D. Braun (North West Research Associates, EEUU).

INTRODUCCIÓN

Los campos magnéticos son uno de los ingredientes fundamentales en la formación de estrellas y su evolución. En el nacimiento de una estrella, los campos magnéticos llegan a frenar su rotación durante el colapso de la nube molecular, y en el fin de la vida de una estrella, el magnetismo puede ser clave en la forma en la que se pierden las capas externas de forma dramática. En la vida adulta, el magnetismo da lugar a la actividad de las estrellas. Nuestro Sol tiene campos magnéticos que dan lugar a una actividad tan espectacular que es capaz de tener un impacto en la Tierra. Pero en otras estrellas, la actividad magnética es, en algunos casos, órdenes de magnitud más intensa que la solar, influenciando drásticamente el transporte de especies químicas y de momento angular, así como afectando posibles sistemas planetarios alrededor de éstas.

La finalidad de este Proyecto es estudiar diversas manifestaciones del campo magnético que se pueden observar en la atmósfera solar y en otras estrellas. Estas incluyen estructu-

ras tan diversas como las manchas solares, los campos débiles presentes en el sol en calma o estructuras cromosféricas y coronales como los filamentos y las protuberancias. Así, se han ido abordando gradualmente los siguientes temas de investigación:

Magnetismo solar

- Estructura y evolución del campo magnético en manchas solares.
- Estructura y evolución del campo magnético en el Sol en calma.
- Estructura y evolución del campo magnético en la cromosfera y en estructuras cromosféricas (protuberancias, espículas,...).
- Estructura y evolución del campo magnético en bucles coronales.
- Estructura y evolución del campo magnético global del Sol. Estudios del ciclo de actividad magnética.
- Estudio empírico de la propagación de ondas magnetohidrodinámicas en el seno de estructuras magnéticas.
- Estudio empírico de mecanismos relacionados con el calentamiento de las capas externas del Sol.
- Estudio empírico de la influencia de la ionización parcial en la dinámica de la atmósfera solar.
- Implicación en el proyecto del Telescopio Solar Europeo.

Magnetismo estelar

- Desarrollo de métodos numéricos para el diagnóstico del campo magnético estelar, tanto en la superficie como en la cromosfera.
- Estudio del magnetismo en protuberancias estelares.
- Impacto del campo magnético en las últimas fases de la evolución estelar.

HITOS

Aplicando métodos Bayesianos de comparación de modelos se ha llegado a la conclusión de que es necesario considerar la asimetría en origen en la generación de ondas para explicar las observaciones en regiones extensas de la corona obtenidos por el instrumento CoMP.

Se ha confirmado la existencia de una cavidad resonante sobre manchas solares.

Se han producido los primeros resultados con la unidad de campo integral del instrumento GRIS.

Se ha caracterizado el magnetismo del polo solar.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Sismología de la corona solar

Se continúa con desarrollos de aplicación de técnicas bayesianas de inferencia de parámetros físicos y comparación de modelos en sismología de la atmósfera solar. En particular:

Se ha desarrollado un modelo teórico de ondas MHD que muestra que la asimetría en la generación de ondas en los pies de bucles coronales en la fotosfera del Sol puede repercutir en nuestras inferencias acerca de la magnitud del amortiguamiento de las mismas ondas observadas en la corona y caracterizadas a partir de medidas de espectro de potencias. Se hace así necesaria la utilización de técnicas de comparación de modelos para discriminar entre discrepancias en potencia debidas a amortiguamiento por absorción resonante de ondas y aquellas generadas en origen en la fotosfera. Aplicando un modelo Bayesiano de comparación de modelos se ha llegado a la conclusión de que es necesario considerar la asimetría en origen en la generación de ondas para explicar las observaciones de ondas en regiones extensas de la corona obtenidas por el instrumento CoMP (COronal Multichannel Polarimeter).

M. Montes-Solis & I. Arregui, "Quantifying the evidence for resonant damping of coronal waves with foot-point wave power asymmetry", *A&A*, 640, L17 (2020).

Ondas en inestabilidades en la corona solar

Se continúa con desarrollos teóricos acerca de propiedades de ondas e inestabilidades en la corona solar. En particular:

En colaboración con la Univ. de Lovaina (Bélgica) y la Univ. Illes Balears, se han estudiado las propiedades teóricas del campo de vorticalidad asociado a los modos de oscilación MHD kink en tubos de flujo de la corona solar. Se ha encontrado que en estructuras con variación de la densidad en la dirección radial de los tubos de flujo, la componente longitudinal de la vorticalidad es dominante en la capa resonante donde se produce la transferencia de energía entre las oscilaciones globales y los modos de Alfvén localizados. Las ondas MHD kink son así propagadores de vorticalidad a lo largo de las líneas de campo magnético. Ello no significa que el gradiente de presión no sea importante, ya que es precisamente la presión, aunque pequeña en magnitud, la que conecta las dinámicas dentro y fuera de los tubos de flujo coronal en este tipo de oscilaciones.

M. Goossens, I. Arregui, R. Soler, T. Van Doorselaere, "Resonant Absorption. Transformation

of Compressive Motions into Vortical Motions", *A&A*, 641, A106 (2020).

Cavidad resonante sobre manchas solares

Por medio de simulaciones numéricas, se han analizado las propiedades de las oscilaciones en la cromosfera de manchas solares. Este análisis se ha empleado para buscar las señales que permitan distinguir entre dos modelos propuestos para explicar dichas observaciones: la existencia de una cavidad resonante o la presencias de ondas que se pueden propagar. Nuestros resultados han confirmado la existencia de esta cavidad resonante por medio del análisis de la fase de las fluctuaciones en temperatura y velocidad. Además, se ha descartado que la presencia de picos de potencia a frecuencias altas sea suficiente para confirmar la cavidad resonante.

Felipe, T.; Kuckein, C.; González Manrique, S. J.; Milic, I.; Sangeetha, C. R., "Chromospheric Resonances above Sunspots and Potential Seismological Applications", *Ap.J. Lett.*, 900, 29 (2020).

Frecuencia de corte en la atmósfera solar

Se han desarrollado simulaciones numéricas para evaluar la frecuencia de corte de modelos semiempíricos de la atmósfera solar, tanto en manchas solares como en Sol en calma. Los resultados indican que la frecuencia de corte predicha por modelos teóricos difiere significativamente de los valores encontrados en las simulaciones numéricas. Además, estos modelos teóricos no tienen en cuenta otros procesos que también son afectados a la frecuencia de corte, como el transpote radiativo y el campo magnético.

Felipe, T.; Sangeetha, C. R., "Numerical determination of the cutoff frequency in solar models", *A&A*, 640, 4 (2020).

Asimetría de Stokes V asociada a eventos de cancelación de flujo magnético

Se han analizado observaciones de Sol en calma tomadas con la unidad de campo integral (IFU) del instrumento GRIS en el telescopio GREGOR. Las observaciones en Si I 10827 Å. La cancelación de flujo está precedida de un aumento de temperatura, aparentemente debido a eventos de reconexión magnética entre regiones con polaridad opuesta. Este fenómeno se acompaña de asimetrías en el área de Stokes V.

Kaithakkal, A. J.; Borrero, J. M.; Fischer, C. E.; Dominguez-Tagle, C.; Collados, M., "Evolution of Stokes V area asymmetry related to a quiet

Sun cancellation observed with GRIS/IFU”, A&A, 634, 131 (2020).

Erupción de un filamento solar

Se ha investigado la dinámica y las propiedades magnéticas del plasma de un filamento que ha erupcionado usando observaciones en He I 10830 Å obtenidas con GREGOR. El filamento se encontraba en la fase de ascenso rápido, alcanzando velocidades de 124 km/s. No se detectaron cambios en la orientación del campo magnético.

Kuckein, C.; González Manrique, S. J.; Kleint, L.; Asensio Ramos, A., “Determining the dynamics and magnetic fields in He I 10830 Å during a solar filament eruption”, A&A, 640, 71 (2020).

Topología magnética del polo solar

Se ha caracterizado el magnetismo de una región amplia del polo norte solar por medio de observaciones adquiridas con la SST. Las medidas de esta región se han comparado con las realizadas en una zona del centro del disco solar. Ambas regiones muestran propiedades compatibles, por lo que concluimos que el magnetismo de los polos no presenta propiedades específicas.

Pastor Yabar, A.; Martínez González, M. J.; Collados, M., “Photospheric magnetic topology of a north polar region”, A&A, 635, 210 (2020).

Ionización parcial en la atmósfera solar

Se ha continuado con el estudio de los efectos de la ionización parcial en la atmósfera del Sol. Se han realizado análisis estadísticos de simulaciones numéricas de Sol en calma en las que se tiene en cuenta estas contribuciones (efectos Hall y ambipolar). Ambos efectos muestran diferentes contribuciones a la generación de ondas Alfvén y flujo de energía magnético.

González-Morales, P. A.; Khomenko, E.; Vitas, N.; Collados, M., “Joint action of Hall and ambipolar effects in 3D magneto-convection simulations of the quiet Sun. I. Dissipation and generation of waves”, A&A, 642, 220 (2020).

Evaluación del método de bisectores en la línea de Si I 10827 Å

Se han usado síntesis espectrales de la línea de Si I 10827 Å en simulaciones numéricas para estimar la capa atmosférica muestreada por bisectores medidos a diferentes profundidades de la línea espectral. Se ha demostrado que este método permite obtener medidas rápidas y fiables de la velocidad desde capas profundas hasta capas altas de la fotosfera solar.

González Manrique, S. J.; Quintero Noda, C.; Kuckein, C.; Ruiz Cobo, B.; Carlsson, M., “Capabilities of bisector analysis of the Si I 10827 Å line for estimating line-of-sight velocities in the quiet Sun”, A&A, 634, 19 (2020).

SISMOLOGÍA SOLAR Y ESTELAR Y BÚSQUEDA DE EXOPLANETAS (P/300008)

Savita Mathur.

Roi Alonso Sobrino, Paul Beck, Juan A. Belmonte Avilés, Hans Deeg, Lucía González Cuesta, Antonio Jiménez Mancebo, Pere L. Pallé Manzano, Fernando Pérez Hernández y Teodoro Roca Cortés.

Colaboradores del IAC: Antonio M. Eff-Darwich y Jesús Patrón Recio.

R.A. García (CEA Saclay, Francia); L. Bugnet (Flatiron Inst., EEUU); A.R.G.S. Santos (Univ. Warwick, Reino Unido), T.S. Metcalfe (SSI, Boulder, Colorado, EEUU); M. Pinsonneault (OSU, Ohio, EEUU), M.F. Anderson, J. Christensen-Dalsgaard, F. Grundahl, H. Kjeldsen (Univ. de Aarhus, Dinamarca); Corsaro (INAF Obs. Astrofisico de Catania, Italia); K. Jain (NSO, Boulder, Colorado, EEUU); M. Cunha (CAUP, Portugal); G. Davies (Univ. de Birmingham, Reino Unido); T. Bedding (Univ. de Sydney, Australia); S. Korzennik (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, EEUU); M. Deleuil (LAM Marsella, Francia); D. Gandolfi, (Univ. de Torino, Italia); M. Fridlund (Univ. Chalmers, Suecia); L. Doyle (SETI, EEUU); H. Rauer, Sz. Czismadia, P. Klagyivik, J. Cabrera (DLR, Alemania); J. Schneider (Obs. Meudon, Francia); V. Kozhevnikov (Ural State Univ., Rusia); T. Mazeh (Univ. de Tel Aviv, Israel); D. Queloz (Obs. de Ginebra, Suiza); J. Ballot (CNRS, Univ. de Toulouse, Francia); O. Creevey (Lab. Lagrange, Univ. de Niza, Francia); T. Boyajian (Univ. de Yale, EEUU); D. Martín (Univ. de Ginebra, Suiza); A. Triaud (Univ. de Cambridge, Reino Unido); D. Fabrycky (Univ. de Chicago, EEUU); K.P. Schroder (Univ. de Guanajato, México); I. Martín Mateos (ULL).

INTRODUCCIÓN

Los objetivos genéricos de este Proyecto son: el estudio de la estructura y dinámica del interior solar, la extensión de dicho estudio al caso de otras estrellas, la búsqueda de planetas extrasolares por métodos fotométricos (principalmente mediante tránsitos por delante de sus estrellas principales) y espectroscópicos (variaciones en la velocidad radial de la estrella).

Para el primer objetivo se utiliza la heliosismología tanto global (la que se obtiene de los modos propios de oscilación) como la local (que deriva del estudio de ondas viajeras). La sismología solar permite inferir de modo preciso in-

formación acerca de la estructura y dinámicas internas del Sol.

El presente proyecto cubre las distintas facetas necesarias para alcanzar dicho objetivo, desde la instrumental, pasando por la observacional, técnicas de reducción, análisis e interpretación de los datos, así como el desarrollo de técnicas teóricas de inversión y elaboración de modelos de estructura y evolución.

Por otro lado, la astrosismología pretende obtener un conocimiento similar en otras estrellas. Hoy en día esta rama de la astrofísica está produciendo un gran número de resultados gracias a la enorme cantidad de estrellas observadas por las misiones espaciales CoRoT, Kepler y TESS, siendo posible extraer información sobre la estructura y dinámica de cientos de estrellas, tanto de tipo solar como de gigantes rojas. Todo ello se verá complementado con el desarrollo de la red SONG (Stellar Observations Network Group), una batería de telescopios en Tierra dotados con espectrógrafos de alta precisión.

Actualmente el método de tránsitos, observando la disminución del brillo de una estrella cuando uno de sus planetas pasa por delante, es la metodología preferida para la investigación de planetas pequeños, no sólo por su sensibilidad sino también porque permite llevar a cabo estudios relativamente detallados de los planetas descubiertos. Sus observaciones fotométricas de alta precisión son similar a las que se utilizan en helio y astrosismología por lo que se puede entender como una extensión lógica de lo aprendido con los anteriores objetivos. Por otro lado, es importante desarrollar algoritmos y métodos observacionales para la detección inequívoca y el análisis de los planetas, distinguiéndolos de los que resultan ser falsas alarmas.

El panorama actual para los estudios de exoplanetas involucra nuevas misiones espaciales como CHEOPS y TESS que serán seguidos por JWST y en 2026, PLATO. Por lo tanto, se abre una ventana temporal en la que los observatorios terrestres pueden complementar estos datos. Para ello se siguen llevando a cabo observaciones usando principalmente con los telescopios TNG, NOT, GTC, además de contribuir al desarrollo de las nuevas misiones espaciales.

HITOS

Se ha participado en la caracterización astrosismológica de la estrella nu Indi observada con TESS y que contribuido a verificar y datar

la temprana colisión de nuestra galaxia con otra más pequeña llamada “Gaia-Enceladus”.

Se ha caracterizado el sistema binario sigma2 Coronae Borealis y estimada la rotación diferencial, a partir de los datos espectroscópicos obtenidos con el telescopio “Hertzsprung SONG” y aplicándoles, por vez primera, las técnicas de “Doppler Imaging”.

L. González Cuesta, investigadora predoctoral del IAC, ha sido la ganadora del Concurso de Divulgación Científica “Somos Científicos y Científicas”. El premio le permitió liderar el Proyecto Itinerante de Divulgación Científica “Allande Stars”, organizando talleres y actividades de Astronomía en su región nativo, Concejo de Allande del suroccidente de Asturias.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Heliosismología

Análisis y evaluación de los datos de “Solar-SONG” en comparación con el instrumento de referencia en Heliosismología GOLF (SoHO). Se ha concluido el trabajo de comparación de los datos obtenidos por el instrumento terrestre y espacial concluyendo que el primero presenta ciertas ventajas en cuanto al nivel de ruido presente en el espectro de potencias lo que permitiría una mayor identificación de modos propios de oscilación a frecuencias altas. La discontinuidad de las observaciones de Solar-SONG (ciclo día-noche) es sin lugar a dudas una limitación. El trabajo está listo para su envío a arbitraje en la revista A&A.

Astrosismología

Es en esta área donde se ha desarrollado la mayor parte y esfuerzo de la actividad del grupo como consecuencia de la explotación de los datos obtenidos con las misiones espaciales Kepler, K2 (Kepler Extended Mission) y TESS conjuntamente con los provenientes de otros telescopios en Tierra (entre ellos SONG). Los trabajos realizados inciden en nuevas técnicas de análisis de las curvas de luz (K2 y Kepler), revisión y depuración de los catálogos existentes, nuevas técnicas para obtener información física de parámetros estelares (i.e rotación, magnetismo,..) y modelado. Entre otros desarrollos y resultados cabe citar:

Elaboración de un nuevo código de “machine learning” denominado ROOSTER para determinar el periodo de rotación de estrellas de tipo solar y que se ha aplicado a unas 20 000 estrellas. El trabajo ha sido ya aceptado para su publicación en A&A y está liderado por el estudiante de tesis S. Breton.

Se concluyó el análisis de la rotación de las aproximadamente 133 000 estrellas de tipo solar (tipo espectral F, G y sub-gigantes) observadas por Kepler utilizando el pipeline de rotación y el código ROOSTER. Se determinó el periodo de rotación para 40 000 estrellas. Junto con los resultados de 2019 sobre las estrellas de secuencia principal (K y M), ahora se dispone de valores fiables del periodo para unas 55 000 estrellas, 62% más que el catalogo más grande de Kepler hasta la fecha. Asimismo, se estudió la rotación de unas 15 estrellas con planetas dentro de la colaboración de KESPRINT para TOI y K2.

El análisis astrosismológico de la estrella nu Indi ha permitido confirmar y sobretodo datar, una antigua colisión de nuestra Galaxia, en el principio de su historia evolutiva, con otra más pequeña denominada Gaia-Enceladus.

Caracterización de las oscilaciones de tipo solar de la sub-gigante G8 del sistema triple 94Aqr utilizando las series fotométricas obtenidas con TESS en uno de los sectores (27 días de observación continua).

Se ha realizado el primer estudio de conjunto astrosismológico de estrellas gigantes rojas observado por TESS usando una muestra de 25 estrellas para las cuales se determinaron sus propiedades y parámetros estelares fundamentales, como radio, masa y edad. Este trabajo dio lugar a una publicación novel sobre gigantes rojas de TESS (Silva Aguirre et al. 2020).

Se amplió el análisis sobre gigantes rojas observadas en el SCVZ (South Continuous Viewing Zone) de TESS. Para ello, se adaptó la pipeline del grupo (A2Z, Mathur et al. 2010), para mejorar la detección de modos en los datos de TESS con una señal a ruido más bajo que Kepler y K2. Se detectaron modos en más de 7 000 gigantes rojas, abriendo la puerta para hacer estudios de “arqueología galáctica” en toda nuestra galaxia. Este trabajo dio lugar a una publicación (Mackereth et al. 2020) en donde los miembros del grupo tienen una contribución muy relevante.

Se ha progresado sustancialmente en los resultados obtenidos con una muestra de 90 estrellas de los segmentos C1-C8 de la misión K2/KEPLER. De estos trabajos se prevén dos publicaciones: una con 5 estrellas tipo solar procediendo a su modelización y otro con otras 85 estrellas mayoritariamente sub-gigantes. Simultáneamente se seguirán analizando nuevas estrellas de las misiones Kepler, K2 y TESS.

Concluido el análisis de todas las gigantes rojas observadas por la misión K2 dentro de las

propuestas del “Guest Observer program” para estudios de “arqueología galáctica” en el plano eclíptico. Representan más de 27 000 gigantes rojas con detección de modos de tipo solar utilizando distintos pipelines (incluyendo A2Z). Este análisis se combinó con observaciones espectrocópicas de APOGEE. Un primer artículo sobre las campañas C4, C6, C7 está publicado (K2 DR2; Zinn et al. 2020) y el último para el resto de las campañas va a ser enviado (K2 DR3) con una contribución importante del grupo.

Por otra parte, se ha progresado en depurar y completar el “Red Giants Legacy Catalog” de Kepler en el que se incluyen los parámetros tanto astrosismológicos (más de 20.000 estrellas) como espectroscópicos obtenidos con APOGEE (~15,000 estrellas).

Se prosigue con la caracterización astrosismológica de estrellas con y sin planetas, en particular mejorando la optimización de la apertura de los datos de corta cadencia de TESS para una mejor determinación de sus parámetros astrosismológicos.

Se ha completado la caracterización de estrellas tipo solar observadas con Kepler en el primer año de misión (Survey Phase). Se incluyeron unas 60 nuevas estrellas para las cuales se estudió la rotación y la actividad magnética. En otras 10, dada la relación señal a ruido de los espectros, de potencia fue posible la identificación de modos individuales. Se prepara el envío de este trabajo para su publicación.

Por primera vez se han aplicado las técnicas de “Doppler Imaging” a los datos espectroscópicos obtenidos con el telescopio Hertzprung SONG y su espectrógrafo de alta precisión y resolución, obteniéndose la caracterizado el sistema binario sigma2 Coronae Borealis y estimada la rotación diferencial.

Exoplanetas

Se llevaron a cabo simulaciones de las curvas de luz para la preparación de la misión PLATO. Uno de los análisis consintió en valorar el impacto de diferentes códigos para eliminar la señal originada por tránsitos a fin de ser utilizadas en astrosismología y otro complementario para determinar los periodos de rotación de la estrella.

Se publicó un artículo sobre el seguimiento terrestre de tránsitos de 20 planetas descubiertos por la misión CoRoT, con observaciones de 8 diferentes telescopios, dentro de ellos el IAC80, Stella, LT y GTC. Gracias a ello, se obtuvieron valores de efemérides mucho más precisos y la identificación de planetas

con posibles variaciones de su periodo orbital. Se publicaron asimismo resultados de los dos últimos planetas descubiertos con la misión CoRoT.

Se llevó a cabo una mejora sustancial el clásico algoritmo de Kwee-Van Woerden para la medición de tiempos de mínimos de eclipses o tránsitos. Para evaluar su rendimiento se llevó a cabo el análisis de eclipses del sistema binario CM Dra obtenidos por la misión espacial TESS.

Se participa activamente en las observaciones y el análisis de candidatos a planetas obtenidos con TESS. Esta actividad se lleva a cabo en el marco del consorcio KESPRINT y en 2020 dio lugar la publicación de 11 artículos con miembros de nuestro grupo. En la mayoría de estos trabajos se describe la detección de sistemas con planetas de tamaño terrestre.

Se ha desarrollado un método para la identificación de tránsitos de planetas circumbinarios en series temporales, en el marco de una colaboración con el Basque Center for Applied Mathematics y que se plasmó en un TFM (Trabajo de Fin de Master) en dicho centro.

Trabajos preparatorios de la misión PLATO. Miembros del grupo han actuado como revisores de los ‘Ground Data Processing User Requirements Documents’ para productos de los niveles L2 (medio) y L3 (altos) de la misión. H. Deeg participa también en reuniones regulares del ‘PLATO Product Definition Group’, como representante para la ciencia de exoplanetas. Se está supervisando también la contribución técnica del IAC, encargado de suministrar la fuente de alimentación (PSU) de la unidad MEU (Main Electronics Unit).

Laboratorio Solar del Observatorio del Teide

En cuanto a los instrumentos ubicados en el Laboratorio Solar bajo la supervisión científica del personal del grupo, los instrumentos de heliosismología “Mark-I” (espectrofotómetro por dispersión resonante) y GONG-TD (interferómetro Michelson) han estado operativos la totalidad del año y sin mayores incidencias. Por el contrario, la instalación telescópica SONG (observaciones en los campos de astrosismología y otros de física estelar) vio interrumpida la realización de las campañas previstas de observación en julio de 2020. La rotura de los cables de alimentación de los motores de azimut del telescopio fue el motivo y su reparación tuvo que esperar hasta enero de 2021 ya que precisaba, entre otras cosas, el desplazamiento al Observatorio de los técnicos de la compañía constructora del mismo. Se reanudaron las observaciones en febrero de 2021.

Dos nuevos proyectos han arrancado en este año: "Mini-BiSON" y "MUSOL". El primero de ellos consiste en la miniaturización y robotización de un instrumento análogo (en el aspecto científico) al "Mark-I" y que debería de sucederle en el verano de 2022. En cuanto a MUSOL, es una mejora sustancial al experimento "Solar-SONG" con prestaciones adicionales, siendo la más destacada la capacidad de realizar medidas polarimétricas con el espectrógrafo SONG y que permitiría por vez primera una medida del campo magnético dipolar del Sol como estrella utilizando el efecto Hanle. El proyecto ha sido financiado por el IAC y el I.P. es la Dra. Marian Martínez.

MAGNETISMO, POLARIZACIÓN Y TRANSFERENCIA DE RADIACIÓN EN ASTROFÍSICA (P/300725)

Tanausú del Pino Alemán.

David Afonso Delgado, Ernest Alsina Ballester, Andrés Asensio Ramos, Edgar S. Carlín Ramírez, Sara Esteban Pozuelo, Supriya Hebbur Dayananda, Jaume Jaume Bestard, Hao Li, Héctor D. Socas Navarro, Andrii Sukhorukov, Javier Trujillo Bueno, Andrés Vicente Arévalo, Ángel M. Vicente Garrido y Nikola Vitas.

Colaboradores del IAC: Carlos Allende Prieto, Iñigo Arregui Uribe-Echevarría, Manuel Collados Vera, María J. Martínez González, Cristina D. Ramos Almeida y Basilio Ruiz Cobo.

M. Bianda, L. Belluzzi, R. Ramelli (Inst. Solari Ricerche, Suiza); R. Casini, R. Centeno (High Altitude Obs., NCAR, EEUU); R. Manso Sainz (MPIA, Alemania); J. de la Cruz (Univ. de Estocolmo, Suecia); N. Shchukina (Main Astronomical Obs., Kiev, Ucrania); H. Uitenbroek (NSO, EEUU); D. McKenzie (Univ. de Alabama, EEUU); R. Ishikawa (NAOJ, Japón); F. Auchère (IAS); J. Stepan (Astronomical Inst., Rep. Checa).

INTRODUCCIÓN

Los campos magnéticos están presentes en todos los plasmas astrofísicos y controlan la mayor parte de la variabilidad que se observa en el Universo a escalas temporales intermedias. Los tenemos en estrellas a lo largo de todo el diagrama de Hertzsprung-Russell, en galaxias, e incluso quizás en el medio intergaláctico. La polarización de la luz nos proporciona la fuente más fiable de información para la teledetección de campos magnéticos en Astrofísica, incluyendo los campos magnéticos del Sol. En particular, el diagnóstico de campos magnéticos en las atmósferas del Sol y de otras estrellas requiere de la medida e interpretación física de señales de polarización en líneas espectrales, las cuales son inducidas por varios mecanismos físicos que operan a las escalas atómicas. Además del efecto Zeeman, hay muchos otros mecanismos físicos que producen polarización en la radiación electromagnética. Por ejemplo, la polarización de los niveles atómicos o moleculares inducida por el bombeo óptico de un campo de radiación anisótropo, las interferencias cuánticas entre niveles de estructura fina o hiperfina, el efecto Hanle, etc. La polarización generada por tales mecanismos es sensible a las condiciones físicas del plasma astrofísico en consideración y,

en particular, a la presencia de campos magnéticos en un rango de intensidades que va desde valores tan bajos como 1 microgauss hasta varios miles de Gauss.

El principal objetivo de este Proyecto es explorar, en profundidad, la física y el origen de la radiación polarizada en plasmas astrofísicos, así como su utilidad como medio de diagnóstico para descifrar y entender la actividad magnética en Astrofísica, con énfasis en el magnetismo de la atmósfera solar. Nuestras investigaciones involucran:

- La física de la polarización, lo que requiere profundizar en la teoría cuántica de la interacción radiación-materia, teniendo en cuenta procesos de «scattering» en presencia de campos magnéticos y eléctricos.
- El desarrollo de técnicas de diagnóstico de plasmas para la exploración de campos magnéticos en Astrofísica, con particular interés en descifrar el complejo magnetismo de la atmósfera solar, envolturas circunestelares y nebulosas planetarias.
- Observaciones espectropolarimétricas y su interpretación en términos de modelos físicos.
- Desarrollo de métodos numéricos para la solución de problemas de transporte radiativo sin suponer equilibrio termodinámico local, con aplicaciones a modelos tri-dimensionales de atmósferas estelares resultantes de simulaciones magneto-hidrodinámicas.
- Espectroscopia y espectropolarimetría atómica y molecular, con aplicaciones en varios campos de la Astrofísica.

Este Proyecto está formado por un grupo de científicos convencidos de la importancia de complementar investigaciones teóricas, observacionales e instrumentales para hacer frente a algunos de los retos actuales de la Astrofísica.

HITOS

Se ha finalizado el primer análisis de las observaciones sin precedente del experimento suborbital CLASP-2, en que se ha obtenido la componente longitudinal del campo magnético a diferentes alturas de la atmósfera solar. Se ha aceptado para publicación en Science Advances.

Se ha desarrollado un esquema general de entrenamiento sin supervisión de sistemas de aprendizaje profundo para la deconvolución ciega usando únicamente observaciones. El método es mil veces más rápido que los méto-

dos basados en optimización y tiene el potencial de ser usado en tiempo real. Se ha aceptado para publicación en A&A.

Se ha completado el desarrollo de la primera versión pública del código PORTA, incluyendo un completo manual de usuario. Se ha continuado con el desarrollo de nuevas funcionalidades y se ha mejorado su rendimiento a partir de las recomendaciones de una evaluación externa.

Se ha entrenado una red neuronal convolucional de inversión con perfiles de Stokes sintéticos. Esta puede inferir la estructura de la atmósfera con precisión comparable a los métodos basados en optimización, pero es un millón de veces más rápidas y proporciona información adicional. Se ha aceptado para publicación en A&A.

Se ha analizado la sensibilidad de la línea 422.7 nm del calcio a las diferentes contribuciones que rompen la simetría axial y al campo magnético. Se han simulado las observaciones que serán posibles con el Visible Spectro-Polarimeter en el Daniel K. Inouye Solar Telescope. Se ha aceptado para publicación en Ap.J.

Se ha analizado el efecto de la resolución temporal finita en las señales de polarización lineal observadas en la línea 460.7 nm del estroncio en el centro del disco solar. Se han simulado las observaciones que serán posibles con el Visible Spectro-Polarimeter en el Daniel K. Inouye Solar Telescope. Se ha aceptado para publicación en Ap.J.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Se ha finalizado el primer análisis de las observaciones sin precedente del experimento suborbital CLASP-2. Se ha inferido la componente longitudinal del campo magnético en una región activa (plage) en diferentes alturas en la atmósfera solar. Basado en los estudios teóricos sobre la sensibilidad al campo de la polarización observada desarrollados en este grupo, se ha podido mostrar cómo el campo magnético acopla diferentes capas de la atmósfera y cómo el calentamiento cromosférico de una región de plage tiene origen magnético. Se ha aceptado para publicación en Science Advances.

Se ha completado el manual de usuario del código de transporte radiativo multidimensional PORTA y se ha hecho disponible al público. Se ha continuado con su desarrollo, incluyendo nuevas funcionalidades (e.j., posibilidad de escoger el esquema de solución formal) y la mejora de su rendimiento en superordenadores a partir de las recomendaciones resul-

tantes de una evaluación externa en el marco del proyecto «PoP: Performance Optimisation and Productivity» del Barcelona Supercomputer Center.

Se ha derivado una cuadratura angular especialmente adecuada para problemas de transporte de radiación polarizada en tres dimensiones. La cuadratura propuesta es más eficiente que el habitual producto tensorial de cuadratura gaussiana y trapezoidal, ahorrando un tercio del tiempo de cómputo a un nivel de precisión equivalente. Se ha publicado en A&A.

Se ha estudiado la sensibilidad a la rotura de la simetría axial, debido tanto a efectos tridimensionales como a los gradientes de la velocidad horizontal, y al campo magnético de la polarización lineal del calcio neutro en 422.7 nm en el centro del disco solar. Para ello se ha resuelto el problema de transporte de radiación polarizada en un modelo tridimensional resultante de una simulación magnetohidrodinámica de la cromosfera solar. Se ha estudiado la validez de la aproximación columna a columna y se ha demostrado cómo puede mejorar el resultado cuando se tiene en cuenta la velocidad horizontal al aplicar dicha aproximación. Además, se ha mostrado el tipo de observaciones que podrán llevarse a cabo con el Visible Spectro-Polarimeter en el Daniel K. Inouye Solar Telescope. Se ha aceptado para publicación en Ap. J.

Se ha estudiado la señal de polarización lineal de la línea de estroncio neutro en 460.7 nm en el centro del disco solar. Para ello se ha resuelto el problema de la generación y transporte de radiación polarizada en una serie temporal resultante de una simulación magnetohidrodinámica de la fotosfera solar. Se ha analizado el efecto observacional de la resolución temporal finita, tanto de forma independiente como en dos configuraciones instrumentales concretas. La primera ha permitido explicar la falta de señales de polarización comunicada en una publicación reciente, que contrastaba con los resultados teóricos sin tener en cuenta efectos instrumentales. La segunda muestra el tipo de observaciones que se espera obtener con el Visible Spectro-Polarimeter en el Daniel K. Inouye Solar Telescope. Se ha aceptado para publicación en Ap. J.

Se ha desarrollado un esquema general de entrenamiento sin supervisión de sistemas de aprendizaje profundo para la deconvolución ciega (solo observaciones) de imágenes y se ha aplicado con éxito a datos de FastCam y del Telescopio Solar Sueco. El método es unos tres órdenes de magnitud más rápido que las

técnicas de deconvolución basadas en optimización y tiene el potencial de ser utilizado en tiempo real en telescopios. Se ha aceptado para publicación en A&A.

Se ha entrenado una red neuronal convolucional de inversión a partir de perfiles de Stokes sintéticos obtenidos de simulaciones magnetohidrodinámicas tridimensionales de diferentes estructuras de la atmósfera solar. La red infiere la estructura termodinámica con una precisión comparable a la de los métodos de inversión basados en optimización, pero es un millón de veces más rápida y proporciona información adicional, como la altura geométrica o la corrección implícita de efectos instrumentales de función de dispersión de punto. Se ha aceptado para publicación en A&A.

Se ha publicado en A&A los trabajos de las tesis de A.B. Griñón Marín y M. Cubas Armas, finalizadas en 2019. En el primero se analizó la evolución temporal de la inclinación del campo magnético en la penumbra de manchas solares aisladas, encontrándose una ancha distribución de periodos de eventos con estructura filamentosa que aparecen de forma no homogénea alrededor de la penumbra y que visualmente se relacionan con bucles coronales que la conectan con parches magnéticos de polaridad opuesta. En el segundo se ha usado la línea prohibida [O I] 630 nm para encontrar valores de la abundancia de oxígeno que sean robustos frente a incertidumbres del modelo de atmósfera.

SISTEMA SOLAR Y SISTEMAS PLANETARIOS (SEYSS)

EXOPLANETAS Y ASTROBIOLOGÍA (P/301301)

Enric Pallé Bago.

Roi Alonso Sobrino, Anelise Audibert, Juan A. Belmonte Avilés, AntonioL. Cabrera Lavers, Carlos Cardona Guillén, Patricia Chinchilla Gallego, Hans Deeg, Akhiko Fukui, Nikolas C. Cedric Lodieu, Manuel Mallorquín Díaz, Thomas Masseron, Savita Mathur, Paul Ross McWhirter, Giuseppe Morello, Felipe A. Murgas Alcaino, Norio Narita, Grzegorz Nowak, Jaume Orell Miquel, Mahmoudreza Oshang, Vaib hav Pant, Hannu Parviainen, José C. Ruiz Luque, Víctor J. Sánchez Bejar, Héctor D. Socas Navarro y Monika Beata Stangret.

P. Miles Páez (ESO); M.R. Zapatero Osorio (CAB-INTA-CSIC); M. MasHesse (CAB); M. Deleuil (LAM Marseille, Francia); M. Fridlund (Leiden, Países Bajos - Onsala, Suecia); L. Doyle (SETI, EEUU); H. Rauer, J. Cabrera, S. Csizmadia, P. Klagyivik (DLR, Alemania); D. Pollacco (Queens Univ. Belfast, Reino Unido); E. Günther, A. Hatzes (Obs. Tautenburg, Alemania); T. Mazeh (Univ. de Tel Aviv, Israel); T. Boyajian (Univ. de Yale, EEUU); D. Martin (Univ. de Ginebra, Suiza); A. Triaud (Univ. de Cambridge, Reino Unido); D. Fabrycky (Univ. de Chicago, EEUU); S. Grziwa (Univ. de Colonia, Alemania); J. Buday (Slovak Academia de Ciencias, Eslovaquia); P. Kabath (Obs. Ondrejov, Chequia); N. Casayas (Univ. de Leiden, Países Bajos); G. Chen (Purple Mountain Obs., R.P. China).

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de vida en el Universo se ha visto impulsada por los recientes descubrimientos de planetas alrededor de otras estrellas (los llamados exoplanetas), convirtiéndose en uno de los campos más activos dentro de la Astrofísica moderna. En los últimos años los descubrimiento cada vez más numerosos de nuevos exoplanetas y los últimos avances en el estudio de sus atmósferas no sólo están dándonos valiosa nueva información sobre sus propiedades físicas, sino que nos están permitiendo además poner las propiedades de los planetas de nuestro Sistema Solar dentro un contexto

más global. El campo está acercándose al importante descubrimiento de los primeros planetas potencialmente habitables, impulsando estudios más detallados de estos planetas. Con el lanzamiento de las nuevas misiones como JWST, CHEOPS, TESS, ARIEL o PLATO, al campo de exoplanetas se le plantea un futuro muy excitante.

Es por esta razón que este campo se ayuda de y, a su vez motiva, el desarrollo de instrumentación cada vez más sensible y estable tanto para telescopios de tierra como para las misiones espaciales. Dos frentes para los que el grupo está especialmente preparado. Por un lado, durante los últimos años hemos desarrollado técnicas de observación y reducción de tránsitos de exoplanetas para los telescopios del ORM, siendo el nuestro uno de los grupos más productivos en la explotación del Telescopio GTC. Por otro lado, todas las misiones espaciales ESA (presentes y futuras) enfocadas a exoplanetas cuentan con uno o varios de los componentes del Proyecto como Colis, contribuyendo a la explotación científica de misiones actuales (TESS, CHEOPS) y la preparación de los futuros (PLATO, ARIEL).

En el marco de este Proyecto, se pretende que los investigadores del IAC mantengan una situación aventajada con la explotación de OSIRIS y EMIR, instrumentos de primera luz de GTC, y participen en la construcción, comisionado y operación de nuevos instrumentos. La explotación de la fotometría y espectroscopia de tránsitos es también uno de nuestros principales intereses.

En resumen, el proyecto "Exoplanetas y Astrobiología" se centrará entorno a estas cuatro líneas principales de actuación:

- Caracterización de las propiedades físicas y atmosféricas de exoplanetas (GTC, WHT, HARPSN, CARMENES, ESPRESSO, ARIEL etc.).
- Búsquedas y confirmación de exoplanetas por tránsitos (CoRoT, Kepler, K2, TESS, CHEOPS, XO, LCOGT, WFC, PLATO, etc.).
- Búsquedas/confirmación de exoplanetas por velocidad radial (HARPSN, HORUS, LCOGT, SONG, NOT/FIES, CARMENES).
- Astrobiología.

HITOS

Espectroscopia de tránsitos de HD209458b, descartando la presencia de Na en su atmósfera usando datos de CARMENES y HARPS-N.

Descubrimiento de nuevos planetas jóvenes transitantes entorno a AU Mic.

Primer paper usando técnicas de cross-correlación para el estudio de atmósferas.

Primer paper de ESPRESSO sobre atmósferas estelares donde se detectan diferencias en la composición química entre los dos hemisferios de WASP-76b.

Descubrimiento del primer exoplaneta entorno a una enana blanca.

Descubrimiento de un sistema multi-planetario entorno a la estrella M GJ 887.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Búsqueda y confirmación de exoplanetas

Durante 2020, continuamos la búsqueda de exoplanetas alrededor de las estrellas Ms con el instrumento CARMENES, lo que ha llevado al descubrimiento de varios nuevos planetas. En particular el programa de seguimiento de los candidatos del satélite TESS con CARMENES, ha doblado el número de planetas rocosos entorno a estrellas M con masas y radios determinados con precisión, lo que nos ayuda a acotar los mecanismos de formación y evolución de esta población de planetas.

Se continuó la colaboración con TESS, SuperWASP, y Qatar Exoplanet Survey (QES) coordinando las observaciones de seguimiento de sus candidatos utilizando mediciones de RV con HARPS-N y datos fotométricos con MUSCAT2. También se utilizaron las instalaciones del Observatorio Las Cumbres (LCO) para la validación de candidatos de la misión TESS como parte del proyecto clave de exoplanetas de LCO y TESS EXOFOP.

Dentro de la colaboración KESPRINT y otras dedicadas a la búsqueda de planetas, se han realizado seguimientos de velocidad radial usando HARPS en La Silla, y HARPS-N y FIES en el ORM, de datos de las misiones espaciales K2 y TESS, llevando a la publicación de varios artículos anunciando nuevos sistemas de planetas.

El instrumento MUSCAT2, en el telescopio TCS, sigue con su large survey de exoplanetas, y sus curvas de luz han sido usadas en una docena de artículos científicos sobre descubrimientos de nuevos planetas o variabilidad estelar.

Caracterización de las propiedades físicas y atmosféricas de los Exoplanetas

Dispusimos de tiempo de observación en diferentes instalaciones de alta resolución espectral (HARPS-N, GIANO y CARMENES) para estudiar la atmósfera de exoplanetas utilizando espectroscopia de transmisión y técnicas de correlación. Destacan el análisis de la atmósfera de HD209458b usando datos de HARPS-N y CARMENES (Casasayas-Barris + 2020) y el estudio de la atmósfera de MaASCARA-2b (Stangret et al, 2020). Las características observadas en el espectro de transmisión del exoplaneta HD 209458b son consistentes con un efecto estelar llamado Rossiter-McLaughlin y, en contraste con hallazgos anteriores, las observaciones no muestran ningún indicio de la atmósfera del exoplaneta. También el re-análisis con nuevas observaciones de MuSCAT2 / TCS y HARPS-N / TNG con los que se midió la oblicuidad del sistema WASP-74 por primera vez y refutó afirmaciones anteriores sobre la presencia de moléculas de TiO / VO en la atmósfera del planeta.

En 2020 son destacables también los primeros artículos con el espectrógrafo ESPRESSO sobre atmósferas planetarias, en los que nuestro grupo en el IAC tiene gran participación. El primero de ellos fue publicado en Nature.

Misiones Espaciales

En diciembre 2019 se produjo el lanzamiento con éxito de CHEOPS, y durante 2020 se han analizado los primeros datos, que responden a las expectativas esperadas. Se han publicado ya varios artículos, con decena más en la fase de preparación.

El grupo sigue activamente involucrado en la explotación de la misión TESS, que ocupan una gran parte de las labores del equipo.

Para las misiones PLATO y ARIEL se participa activamente en varios grupos de trabajo para su preparación, liderando nuestro grupo muchos de ellos. Se supervisa también una contribución técnica del IAC a la misión PLATO centrado en el suministro de la fuente de alimentación del Main Electronics Unit (MEU).

Objetos fríos

Se han descubierto 2 nuevos compañeros a gran separación en la asociación de Upper Scorpius (USco1621B + USco1556B) por Chinchilla, Bejar y colaboradores. Sus masas están al límite de la quema del deuterio a 13 masas de Júpiter.

PEQUEÑOS CUERPOS DEL SISTEMA SOLAR (P/300004)

Julia de León Cruz.

Javier A. Licandro Goldaracena, Vania Lorenzi, Hissa M. Lúcio Mederos, David Morate González, Alejandro Oscoz Abad, Juan L. Rízos García, Miquel Serra Ricart, Eri Tatsumi, Fernando Tinaut Ruano y Ovidiu Vaduvescu.

N. Pinilla-Alonso, H. Campins, Y. Fernández (Univ. Central Florida, UCF, EEUU); F. Moreno, L. Lara, J.L. Ortiz, R. Duffard (IAA); C. de la Fuente Marcos, R. de la Fuente Marcos (UCM); P. Michel, A. Morbidelli, M. Delbó, P. Tanga (Obs. de la Côte d'Azur, Francia); J. Carvano, D. Lazzaro, A. Alvarez-Candal (Obs. Nacional, Brasil); J. Fernández, G. Tancredi (Univ. de Uruguay); G.P. Tozzi (INAF/Obs. de Arcetri, Italia); M. Melita (IAFE, Argentina); R. Gil-Hutton (CASLEO, Argentina); M. Popescu (Inst. de Astronomía, Rumanía).

INTRODUCCIÓN

Este Proyecto (grupo de Sistema Solar) estudia las propiedades físicas y composicionales de los llamados pequeños cuerpos del Sistema Solar, que incluyen asteroides, objetos helados y cometas. Entre los grupos de mayor interés destacan los objetos trans-neptunianos (TNOs), incluyendo los objetos más lejanos detectados hasta la fecha (Extreme-TNOs o ETNOs); los cometas y los objetos transicionales cometa-asteroide (Centauros y los llamados Main Belt Comets o MBCs); y los asteroides primitivos. Los dos últimos grupos contienen el material más primordial y prístino del Sistema Solar y son claves para comprender su origen y evolución. Los estudios de composición superficial y propiedades físicas y térmicas de estos cuerpos se llevan a cabo utilizando espectroscopia en un amplio rango de longitudes de onda (desde 0.35 a 24 micras), así como imagen y fotometría en el mismo rango. Los datos se interpretan utilizando modelos de scattering y termo-físicos. El proyecto trabaja además en el análisis de las propiedades físicas de los núcleos cometarios y de las propiedades del polvo y el gas en las comas cometarias, muy especialmente en el estudio del polvo en las colas de los MBCs y de los mecanismos por los cuales se emite.

Se está liderando el estudio de los asteroides primitivos: la IP del Proyecto es además IP (junto con la N. Pinilla-Alonso) de un survey espectroscópico (visible e infrarrojo cercano) de asteroides primitivos (PRIMitive Asteroid

Spectroscopic Survey - PRIMASS), que ha obtenido hasta la fecha más de 700 espectros que se están subiendo al Small Bodies Node del NASA Planetary Data System. E grupo está además muy enfocado en el estudio de los asteroides que se acercan a la órbita de la Tierra (near-Earth asteroids o NEAs), así como los considerados potencialmente peligrosos (Potentially Hazardous Asteroids o PHAs). Como consecuencia tiene una participación muy activa tanto en misiones de estudio y caracterización in-situ de asteroides (OSIRIS-REx, Hayabusa2) como desde el punto de vista de defensa planetaria (DART y Hera).

Entre las actividades que se llevan a cabo, destacan:

- Ser miembros del Image Processing Working Group de la misión de NASA OSIRIS-REx.
- Ser miembros de la misión Hera de la ESA (aprobada en noviembre de 2019), en la que la IP del grupo es responsable del Grupo de Trabajo Observaciones Remotas (WG2) y responsable del instrumento HyperScout-H, a bordo de la nave.
- Coordinar un grupo internacional de estudio de NEAs llamado EURONEAR (European Near Earth Asteroid Research).
- Pertenecer al Center for Lunar and Asteroid Surface Science (CLASS, NASA).
- Participar en los surveys J-PLUS y J-PASS, en los que se trabaja en la explotación de las observaciones de objetos del Sistema Solar.
- Pertenecer a los grupos de trabajo de Sistema Solar de los telescopios Gaia, Euclid y JWST.

HITOS

Participación en los artículos sobre el asteroide Bennu y la misión OSIRIS-REx de NASA que se publicaron en un especial de la revista Science. Recogida con éxito de muestras de la superficie del asteroide, en octubre de 2020.

Publicación de la detección de material brillante de origen exógeno detectado en la superficie del asteroide Ryugu, y liderado por E. Tatsumi, en la revista Nature Astronomy.

Caracterización del primer asteroide conocido (2020 AV2) en una órbita interior a la órbita de Venus.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Durante 2020 se continuó con la actividad investigadora realizada en 2019, potenciando las líneas dedicadas al estudio de las propiedades

físicas y composicionales de los asteroides primitivos, tanto NEAs como asteroides del cinturón principal. Se continuó con el estudio de objetos transicionales (MBCs); la participación en misiones espaciales (OSIRIS-REx, Hayabusa2, DART, Hera); la explotación de grandes bases de datos (data mining); la participación en telescopios espaciales (Gaia, JWST, Euclid); el estudio de los ETNOs y de cometas en órbitas hiperbólicas. Se ha reforzado el liderazgo del grupo en el estudio de NEAs mediante su participación en dos propuestas aprobadas (NEOROCKS y NEO-MAPP) en el llamado de H2020 Advanced research in Near-Earth Object (NEOs) and new payload technologies for planetary defence (SU-SPACE-23-2019), así como una propuesta al llamado de ESA P3-NEO-I - Observational support from collaborating observatories.

Resultados. En 2020 se han publicado 23 artículos en revistas internacionales con árbitro, y presentado 20 contribuciones (orales y pósters) en congresos de ámbito nacional e internacional, incluyendo 1 charla invitada, a pesar de las restricciones y los problemas derivados de la declaración de emergencia por COVID-19.

OSIRIS-REx

Se participó en la mayoría de los artículos que salieron publicados en un número especial de la revista Science, en concreto, en el trabajo que presentó los mapas de color de Bennu (DellaGiustina et al. 2020b). Además participamos en el artículo en Nature Astronomy que presentó la detección de material exógeno en la superficie de Bennu (DellaGiustina et al 2020a) y preparamos y enviamos a publicación un artículo relacionado en el que estudiamos de forma más general la presencia de este material (Tatsumi et al. 2020, para publicar en 2021). J.L. Rizos finalizó y defendió su tesis doctoral en abril de 2020, en el que presentó un análisis de los mapas de color de Bennu utilizando técnicas de clustering espectral. El trabajo se ha enviado también a publicación y está en revisión.

Hayabusa2

En 2020, y principalmente a través de E. Tatsumi, hemos participado en las publicaciones derivadas de la misión, y en concreto en las que tienen que ver con las imágenes y los mapas de color de Ryugu con las cámaras del instrumento ONC-T, del que E. Tatsumi es Co-I. Además lideró un artículo publicado en Nature Astronomy donde presentó la detección de material exógeno en la superficie de Ryugu, de forma coordinada con el artículo de DellaGiustina et al (2020a) sobre Bennu. En 2020 E.

Tatsumi envió otro trabajo a la misma revista donde presenta el estudio de los efectos del space weathering en los materiales que abundan en la superficie del asteroide, y que se encuentra actualmente en revisión. Finalmente, en relación a Hayabusa2, se seleccionó el target de la misión extendida, el asteroide 1998 KY26, que observamos con GTC en diciembre de 2020 para mejorar la determinación de su órbita.

Hera

Tras la aprobación oficial de la misión Durant de reunión ministerial en noviembre de 2019, en 2020 se procedió a pasar a la fase de implementación, y la mayor parte del año se ha dedicado al trabajo del grupo de operaciones (órbita y trayectoria), a la consolidación de los grupos de trabajo y la definición definitiva del equipo científico de la misión, así como la preparación de los documentos Rules of the Road y Terms of Reference. Se coordinaron y presentaron varias propuestas observacionales (incluida una con el Telescopio GTC), para observar de nuevo el target de la misión, el asteroide Didymos, en su aparición de 2021.

PRIMASS

Se obtuvieron nuevos espectros y se completó la primera parte del proceso de archivo de la librería PRIMASS-L (+ de 700 espectros) en el PDS de NASA. Se finalizó el desarrollo del software de análisis de espectros (CANA) en Python (M. De Prá). Se publicaron los espectros en el NIR de los asteroides de la familia de Klio (Arredondo et al. 2020), Chaldaea (Arredondo et al. 2021a, aceptado en 2020) y Sulamitis (Arredondo et al. 2021b, aceptado en 2020). Además se preparó y se envió a publicar un artículo en el que estudiamos los espectros en el NIR del background de asteroides primitivos de la zona interior del cinturón.

MOVIS (VISTA-VHS)

Se continuó con la identificación de objetos de tipo basáltico a partir de sus colores NIR con MOVIS. Se publicó el trabajo liderado por P. Matlovic (Comenius Univ., Bratislava, Eslovaquia) y realizado durante su estancia de finales de 2019 en el IAC (CALP) como parte del programa ERASMUS+, en el que analizan los espectros en el visible de un conjunto de estos asteroides. Gracias a una propuesta de tiempo de servicio, se continuó con la obtención de espectros en el NIR de estos asteroides utilizando el Telescopio TNG.

NEAs

En 2020 se ha continuado con el trabajo que se viene realizando en relación con esta población de asteroides. Se obtuvo tiempo de observación en los telescopios GTC, NOT e INT para obtener espectros en el rango visible, proporcionando un mínimo de un espectro al mes dentro del programa P3NEOI de ESA. Esta tarea está siendo liderada por el D. Morate, que se incorporó al IAC en septiembre de 2020, con un contrato postdoctoral financiado con el Proyecto P3NEOI. Además, como parte del Proyecto NEOROCKS (H2020), el IAC es responsable de la Tarea 3.5, en la que debe proporcionar soporte observacional a las observaciones de NEAs con el telescopio de Arecibo: espectros en el rango visible, colores y curvas de luz, así como astrometría de forma puntual. Debido al decomisionado y al posterior colapso del telescopio de Arecibo (diciembre de 2020), a finales de año, y tras varias reuniones con el staff del Observatorio, se decidió

de forma conjunta trabajar en la obtención de curvas de luz de aquellos objetos que ya tenían datos de radar de buena SNR y que aún no han sido publicados. Este trabajo lo lidera H.M. Medeiros, que se incorporó al IAC a mediados de septiembre de 2020, con un contrato postdoctoral financiado por NEOROCKS. En 2020 comenzó a trabajar con las curvas de luz (TAR2, JKT e IAC80) y los modelos de forma de algunos de estos asteroides, junto con M. Devogelle, postdoc del Observatorio de Arecibo. Además, se ha solicitado una extensión de un año del Proyecto NEOROCKS, debido a los retrasos y los problemas provocados por la situación de COVID-19. Por último, en el estudio de NEAs, hay que destacar la obtención de colores en el visible usando el instrumento MuSCAT2 en el TCS, programa liderado por M. Popescu, colaborador externo del grupo. En 2020 obtuvo colores en el visible de más de un centenar de NEAs y se prepara un artículo para presentar el survey.

ARQUEOASTRONOMÍA (P/309307)

Juan A. Belmonte Avilés.

César Esteban López y Maitane Urrutia Aparicio.

Colaborador del IAC: Antonio Aparicio Juan.

A. Rodríguez Antó, C. González García (INCI-PIT-CSIC, Santiago); M. García Quintela (Univ. de Santiago); G. Magli (Politécnico de Milán, Italia); L. Costa Ferrer (Independiente, Santiago); J.L. Escacena Carrasco (Univ. de Sevilla); A. Espinosa (Vilamuseu, Vilajoiosa); L. Fatas Fernández, F. Romeo Marugán (Direc. General de Cultura y Patrimonio, Gob. de Aragón); M. Fekri (Univ. de Minufiya, Egipto); M.C. Gallegos, J.M. Vaquero (Univ. de Extremadura); M. Hoskin (Univ. de Cambridge, Reino Unido); S. Machause López (Univ. de Valencia); M.A. Molinero (Univ. de La Laguna); M.A. Perera (Cabildo de Lanzarote); A. Polcaro (Univ. La Sapienza, Italia); M. Zedda (Soc. Archeofila Sarda, Italia); M. Órfila (Univ. de Granada); J.M. Noguera Celdrán (Univ. de Murcia); L. Benítez de Lugo Enrich (UAM, UNED); R. Shady (UNMSM, Lima, Perú).

INTRODUCCIÓN

Este Proyecto tiene como objetivo fundamental determinar la importancia de la astronomía como parte integrante de la cultura y de la civilización desde el Paleolítico a nuestros días. El interés del grupo se centra, en especial, en los pueblos del antiguo ámbito Mediterráneo desde el Atlántico al Oriente Medio, con una dedicación especial a España, su entorno geográfico inmediato y el Egipto antiguo. Sin embargo, también se tienen ramificaciones en el área del Pacífico, Perú y en Mesoamérica.

HITOS

Mediante trabajo de campo en Petra, y otros lugares del Reino Nabateo como Hawara, se ha confirmado el papel del equinoccio, o un evento astronómico equivalente, como un hito importante para controlar el calendario, establecer festivales y realizar peregrinaciones a importantes sitios sagrados por parte del pueblo nabateo (Belmonte et al. 2020).

Se ha completado la memoria “Menorca Talayótica: una odisea ciclópea insular” que será la candidatura española a evaluar en 2021 por parte de ICOMOS, con el fin de luchar por la declaración del bien como Patrimonio Mundial por la UNESCO. La Arqueoastronomía es un soporte fundamental de la candidatura.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Este año se ha proseguido el trabajo en el marco de la Iniciativa “Astronomía y Patrimonio Mundial de la IAU y la UNESCO. En este mismo marco, se ha contribuido de forma significativa al trabajo de redacción de la Memoria de la candidatura “Menorca Talayótica: una odisea ciclópea insular”, bien seriado que ha sido presentada a la UNESCO a finales de 2020.

Se ha finalizado el análisis de los datos del trabajo de campo llevado a cabo en las ruinas de Petra en el Equinoccio de primavera de 2018. En trabajos anteriores, habíamos mostrado la posibilidad de que los nabateos hubieran utilizado el Equinoccio, o un evento astronómico equivalente a este, como un hito importante para controlar el calendario, establecer festivales y realizar peregrinaciones a importantes sitios sagrados. En Belmonte et al. (2020) se presentan pruebas de que este fue el caso. En esta investigación se ha comprobado los fenómenos equinocciales en la Tumba de la Urna, los Obeliscos de Jabal Madbah y la zona sagrada de Al Madras, mostrando que el Equinoccio astronómico verdadero podía observarse junto con otros fenómenos relacionados como el día temporal medio entre los solsticios. Además, aquella campaña se utilizó para obtener datos en varios lugares aislados de Petra rara vez visitados por el público en general, como la Capilla de Obodas, Sidd al Ma’jin, la Plataforma de Parcak, o las áreas sagradas en la parte superior de Umm al Biyara. Estos sitios monumentales poco conocidos también han proporcionado resultados interesantes sobre el interés astronómico del pueblo nabateo. El siguiente objetivo es la capital nabatea del sur: Hegra.

En colaboración con el equipo de A. Gangui se ha completado el estudio de la orientación de iglesias de la isla de La Gomera que muestran un patrón de orientación absolutamente excepcional a la norma consuetudinaria donde las alineaciones topográficas dominan sobre las astronómicas en una isla de endiablada orografía. Este es un caso bastante excepcional a nivel del mundo cristiano (Di Paolo et al. 2020).

Un equipo multidisciplinar también ha completado el trabajo sobre el rol de la técnica de la varatio en la planificación y orientación de las ciudades romanas (Orfila Pons et al. 2020).

Se llevaron a cabo trabajos de campo en santuarios ibéricos de la provincia de Alicante con resultados espectaculares que refuerzan la hipótesis del uso de calendarios de horizonte entre los antiguos iberos y de la importancia

calendárico-ritual del equinoccio y el solsticio de verano en esta cultura. Se finalizó, en colaboración de arqueólogos la Universidad de Sevilla, un estudio sobre la orientación del templo dedicado al emperador romano Trajano (edificio conocido como Traianeum) en la ciudad hispanoromana de Itálica (Santiponce, Sevilla).

Este año se ha llevado a cabo el análisis del trabajo de campo arqueoastronómico en el Sahara Occidental en el marco de una colaboración más amplia de estudios generales de ciencias sociales y naturales destinado a la creación de un Centro de Interpretación Cultural en la localidad saharauí de Ausserd. Los resultados de esta campaña son bastante sugerentes, y se espera que queden reforzados con la inclusión de los datos de A. Rodríguez-Antón.

Se ha proseguido el trabajo de investigación sobre las “Tradiciones astronómicas del Camino de Santiago”, que constituye el núcleo de la tesis doctoral de la FPI asociada al Proyecto Maitane Urrutia. Este año se ha completado el análisis en áreas del Camino de Galicia y Castilla y León, completando la muestra con grupos de prueba en la Ribeira Sacra y en la Montaña Palentina. Los primeros resultados sugerían la necesidad de completar la muestra con datos en otras regiones por lo que este año, y en plena pandemia, se ha completado el trabajo de campo en Navarra, Aragón y La Rioja con todas las precauciones debidas. Los resultados del estudio de casi dos centenares de iglesias románicas son muy prometedores y actualmente se están analizando para su eventual publicación. La cantidad de datos disponible permitirá realizar una estadística fiable y coherente, analizando tanto los patrones generales como las particularidades de cada territorio.

Por parte del IP del Proyecto, se ha invertido una parte importante de este año en la redacción del libro “Las Escrituras del Pueblo Majo: claves para el Poblamiento de Canarias” que

ha sido ya entregado para su edición y publicación, junto a la arqueóloga y vieja colaboradora M.A. Perera. También se ha de comentar que este año se ha publicado una 2ª edición del libro “El Cielo de los Magos” con un nuevo Prólogo y un Epílogo que recogen los avances producidos en esta línea de trabajo desde su primera publicación en 2001. Igualmente se ha avanzado en los trabajos de edición y redacción del Volumen 1: “The Cultural History of the Universe in Antiquity”, de la colección “Cultural History of the Universe” de la Editorial Bloomsbury. Se ha finalizado la redacción de todas las contribuciones por parte de los autores, incluidos miembros del Proyecto, y en 2021 se espera avanzar en la Introducción y los trabajos de edición.

Desafortunadamente, este año y a causa de la Pandemia de COVID-19 se han tenido que postergar varios de los objetivos propuestos para 2020. La campaña en las provincias romanas de Mesia y Tracia (actual Bulgaria) tuvo que ser cancelada una vez planeada al mínimo detalle y postergada a un momento en que las condiciones socio-sanitarias la hagan viable. Igualmente, los congresos Oxford XII -SIAC VIII a celebrar en La Plata (Argentina) en abril de 2020 y SEAC XXVIII a celebrar en Stara Zagora (Bulgaria) en septiembre de 2020 tuvieron que ser pospuestos para 2021. Esperamos que este año se puedan celebrar porque eventos de este tipo son fundamentales para la buena marcha del Proyecto y para la formación de los doctorandos.

Finalmente, se ha de comentar que se tuvo la suerte de poder recibir a tiempo la visita de la egiptóloga R. Gautschy, especialista en la cronología del Egipto antiguo con la que se mantuvo un fructífero intercambio de ideas que serán determinantes para la redacción, junto a J. Lull, del libro “Ancient Egyptian Astronomy” para la Editorial Springer.

FÍSICA ESTELAR E INTERESTELAR

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE NEBULOSAS IONIZADAS (P/308614)

Jorge García Rojas.

Romano Corradi, César Esteban López, David Jones, Antonio Mampaso Recio y José E. Méndez Delgado.

K. Arellano-Córdova (Univ. de Texas, EEUU); B. Balick (Univ. Washington, EEUU); H. Boffin (ESO, Alemania); F. Bresolin (IfA, Hawai, EEUU); L. Carigi, G. Delgado Inglada, C. Morriset, M. Peimbert, M. Peña, L. Sabin (IA-UNAM, México); G. Domínguez-Guzmán, M. Rodríguez (INAOE, México); J. Drew (Univ. Hertfordshire, Reino Unido); X. Fang (Univ. de Hong-Kong); D.R. Goncalves (Obs. Volongo, Brasil); R. Greimel (Univ. Graz, Austria); T. Hillwing (Univ. Valparaíso, Chile); T. Liimets (Obs. Tartu, Estonia); A.R. López Sánchez (AAO, Australia); U. Magrini, U. Munari (INAF, Italia); M. Miller Bertolami (UNLP, Argentina); B. Miszalski (SALT, Sudáfrica); H. Monteiro (Univ. de Itajubá, Brasil); A. Prsa (Univ. Villanueva, EEUU); M. Santander García (OAN); G. Stasinska (Obs. Paris-Meudon, Francia); N.C. Sterling (Univ. de West Georgia, EEUU); H. Van Winkel (KU Leuven, Bélgica); E. Villaver (UAM); R. Wesson (University College, Londres, Reino Unido) S. Akras (NOA, Grecia).

INTRODUCCIÓN

La investigación que llevará a cabo el grupo se puede condensar en dos grandes líneas:

- Estudio de la estructura, condiciones físicas y composición química de las nebulosas ionizadas, tanto galácticas como extragalácticas, a través del análisis detallado y modelización de sus espectros. Investigación de los gradientes de composición química a lo largo del disco de nuestra galaxia y en galaxias cercanas. Estudio detallado de las implicaciones de los resultados obtenidos en los modelos de evolución química de galaxias. Estudio de la influencia de estructuras a pequeña escala (proplyds, objetos HH) en la determinación de condiciones físicas y abundancias químicas en espectros integrados de regiones HII.

- Determinar las condiciones físico-químicas de nebulosas planetarias tanto galácticas como extragalácticas. Se pone especial énfasis en nebulosas planetarias con estrellas centrales binarias con el fin de entender la influencia de la binariedad en la morfología y la cinemática nebular y poner a prueba los modelos teóricos. En este sentido, el proyecto dedica un esfuerzo especial a la búsqueda de nuevas estrellas centrales binarias en nebulosas planetarias y a la caracterización detallada de sus parámetros estelares. Por último, se estudian las implicaciones de la evolución de los sistemas binarios en otros escenarios astrofísicos, como la formación de jets, las variables cataclísmicas y las explosiones de tipo nova y supernova.

HITOS

Se ha encontrado que la contribución por recombinación a la línea auroral de [O III] 4363 puede ser significativa en nebulosas planetarias con alta discrepancia de abundancias, por lo que esta contribución debe de ser tratada en detalle a la hora de validar el clásico diagnóstico de temperatura basado en líneas de [O III] en estos objetos.

A partir de datos de Kepler2, se ha descubierto que la nebulosa planetaria con mayor discrepancia de abundancias (Abell 30) es susceptible de presentar una estrella binaria central de corto periodo, lo que refuerza la vinculación entre la presencia de discrepancias de abundancias extremas en nebulosas planetarias y la binariedad de la estrella central.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Durante 2020, a pesar de las limitaciones impuestas por la pandemia de COVID-19, el proyecto ha seguido su curso y se ha avanzado como se destaca a continuación.

Se ha completado el análisis de una muestra de 33 regiones HII galácticas con el objetivo de determinar de forma precisa los gradientes de C, N, O, Ne, S, Cl y Ar. Se han usado distancias de Gaia DR2 siempre que fue posible. Tras realizar un análisis crítico de los distintos esquemas de corrección por ionización disponibles

en la literatura, se encontró que la dispersión en los ajustes a los gradientes es del orden de las incertidumbres típicas en las determinaciones de abundancias para C, N, O, S, Cl y Ar, lo que implica la ausencia de inhomogeneidades significativas en la composición química del gas ionizado en el medio interestelar.

Se finalizó el análisis de 9 regiones HII en el disco interno de la galaxia (entre 4 y 8 kpc de distancia galactocéntrica). Estos datos, unidos a los mencionados en el punto anterior, confirman que las pendientes de los gradientes de N y O no cambian substancialmente en el rango entre 4 y 17 kpc y que no hay variaciones azimutales significativas en las abundancias a una distancia dada, al menos en el cuadrante de la galaxia observado. También se encontró que el gradiente N/O es básicamente plano, al contrario de lo que se observa en la mayoría de galaxias espirales.

Se ha encontrado que el gradiente de He en la galaxia es prácticamente independiente del esquema de corrección por ionización observado y consistente con las predicciones de modelos de evolución química de la galaxia y simulaciones químico-dinámicas en galaxias espirales.

Ha sido aceptado para publicación el primer artículo sobre el análisis de espectros de muy alta resolución de objetos Herbig-Haro en la nebulosa de Orión que permiten separar de forma eficiente la contribución de la componente principal del gas de contribuciones de componentes a alta velocidad y, así, evaluar la influencia de estas componentes en los espectros integrados de la nebulosa de Orión a la hora de determinar condiciones físicas y abundancias químicas. El artículo en cuestión se centra en el conjunto de objetos HH529I-III en los que se ha encontrado influencia de posible material deficiente en H posiblemente proveniente de la fuente originaria del objeto HH. En este artículo se ha establecido también la metodología general a seguir en el análisis de los demás objetos HH de la muestra. El artículo sobre HH204 se encuentra en un estado muy avanzado y el análisis de otros objetos HH (HH529I y HH514) también se encuentra en un estado avanzado.

Se presentó la recopilación de 500 espectros de NP en 13 galaxias con distintas morfologías e historias de formación estelar (desde tipo temprano hasta irregulares, pasando por espirales) que consiste en el primer artículo de una serie de estudios con el fin de entender mejor la naturaleza y evolución de las nebulosas planetarias en función de la edad y metalicidad de las poblaciones estelares subyacentes. En

esta recopilación se ha encontrado que varios objetos catalogados como nebulosas planetarias son, en realidad regiones HII compactas.

Se ha mostrado el potencial de PyNeb para evaluar las incertidumbres debidas a los datos atómicos en la determinación de temperaturas desde un punto de vista puramente teórico. Se ha encontrado que usando conjuntos de datos atómicos adecuados, estas incertidumbres son menores del 10% en la determinación de temperaturas.

Se presentaron las versiones 2.2 y 2.3 del código PHOEBE en las que se incluyen importantes cambios para el modelado de estrellas centrales binarias de nebulosas planetarias. En la versión 2.2, se incluye soporte para python3 y tratamiento detallado de la extinción interestelar, mientras que en la versión 2.3 se incluyen nuevos algoritmos para determinar qué conjunto de parámetros e incertidumbres representa mejor los datos observacionales disponibles.

Se publicaron las primeras detecciones de estrellas centrales binarias en nebulosas planetarias descubiertas con datos del satélite TESS.

Reportado por primera vez el descubrimiento de pulsaciones atrapadas gravitatoriamente en dos sistemas binarios cercanos (HD 74423 y CO Camelopardalis) El primero de estos descubrimientos fue realizado gracias a datos del satélite TESS y se publicó en la revista Nature Astronomy.

Se han descubierto manchas gigantes y superfulguraciones en estrellas de la rama horizontal "caliente" en cúmulos globulares, reflejando la importancia de campos magnéticos débiles y difusos generados por efecto dinamo en la formación de estos objetos. Este descubrimiento puede ayudar a comprender los fenómenos que ocurren en los equivalentes galácticos a estas estrellas (estrellas calientes dominadas por una envoltura radiativa) como son estrellas jóvenes de la secuencia principal, estrellas viejas de la rama horizontal y enanas blancas extintas.

Participado en la elaboración del catálogo IGAPS (INT Galactic Plane Survey) que consiste en la fusión de los mapeados ópticos IPHAS y UVEX y que contiene 294.5 millones de entradas con fotometría en los filtros i, r, Halfa, g y U_RGO.

NUCLEOSÍNTESIS Y PROCESOS MOLECULARES EN LOS ÚLTIMOS ESTADOS DE LA EVOLUCIÓN ESTELAR (P/308615)

Domingo A. García Hernández.

Lucio Crivellari, Marco A. Gómez Muñoz, Arturo Manchado Torres, Thomas Masseron y Olga M. Zamora Sánchez.

Colaboradores del IAC: Carlos Allende Prieto, Jorge García Rojas., Yeisson F. Martínez Osorio.

L. Stanghellini (NOAO, EEUU); E. Villaver (CAB); P. García Lario, (ESAC); G. García-Segura (UNAM, México); B. Plez (Univ. de Montpellier, Francia); A. Karakas (Mt. Stromlo Obs., Canberra, Australia); M. Lugaro, A. Yagüe (Obs. Konkoly, Hungría); D. Lambert (Univ. Austin, Texas, EEUU); P. Ventura, S. Cristallo, L. Piersanti (INAF-OAR, Roma, Italia); F. Cataldo (Obs. de Catania, Italia); S. Kwok (British Columbia Univ. Vancouver, Canadá); S. Sadjadi (HKU, Hong-Kong); R. Szczerba (Copernicus Astronomical Center, Polonia); J.M. Trigo-Rodríguez (CSIC-IEEC, Barcelona); L. Bianchi (YHU, EEUU); K. Rao (IIA, India); M. Mantega, C. Dagonte, R. Santoveña (CITIC-UDC, La Coruña); S. Mészáros (ELTE, Hungría).

INTRODUCCIÓN

Las estrellas de masa baja e intermedia ($M < 8$ masas solares, M_{\odot}) representan la mayoría de estrellas en el Cosmos y terminan sus vidas en la Rama Asintótica de las Gigantes (AGB), justo antes de formar Nebulosas Planetarias (NPs), cuando experimentan procesos nucleosintéticos y moleculares complejos. Las estrellas AGB son importantes contribuyentes al enriquecimiento del Medio Interestelar, donde nacen nuevas estrellas y planetas (incluyendo nuestro propio Sistema Solar Temprano, SST) y a la evolución química de sistemas estelares como cúmulos globulares (CGs) y galaxias. En particular, las AGBs más masivas ($M > 4-5 M_{\odot}$) sintetizan (radio)isótopos muy diferentes de los formados por AGBs menos masivas y explosiones de supernova debido a los diferentes mecanismos de nucleosíntesis. Las estrellas evolucionadas en la fase de transición entre AGBs y NPs también forman diversos compuestos orgánicos como PAHs y nanoestructuras moleculares de fullereno y grafeno, siendo un maravilloso laboratorio astroquímico. Colaboraciones astronómicas punteras como SDSS-IV/APOGEE-2 y próximas instalaciones espaciales como el telescopio James

Webb representan un paso fundamental para entender la nucleosíntesis y los procesos moleculares en estrellas evolucionadas. Se pretende explorar la nucleosíntesis de (radio)isótopos ligeros/pesados en estrellas AGB y como éstas contribuyen a la radioactividad del SST así como a la formación/evolución de CGs y galaxias. También se pretende entender el proceso de formación "top-down" de nanoestructuras moleculares de fullereno y grafeno en estrellas evolucionadas. Finalmente, se pretende usar el telescopio espacial GALEX para descubrir estrellas binarias en NPs Galácticas.

HITOS

Durante 2020, se han publicado 37 artículos en revistas astronómicas internacionales con referee de alto impacto (incluyendo un review invitado), así como 2 artículos en la revista de Química-Física FNCN.

Se han descubierto, por primera vez, estrellas muy ricas en fósforo y cuyo patrón químico no es predicho por ninguna teoría actual de nucleosíntesis estelar.

Se ha demostrado que las estrellas ricas en fósforo representan un nuevo sitio estelar para la formación de elementos muy pesados, con importantes implicaciones para la evolución química de nuestra Galaxia.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Durante 2020, se ha continuado trabajando con datos de SDSS-IV/APOGEE-2, con la intención de mejorar los resultados del último "data release" de la colaboración (DR17, públicos en julio de 2021) y las listas de líneas moleculares. En particular, se ha terminado el estudio sobre los efectos 3D y no-LTE usando datos de esta colaboración en una gran muestra de estrellas gigantes de cúmulos globulares (Masseron et al. 2021, A&A). Además, se ha trabajado en la preparación de un catálogo de valor añadido (VAC) que contendrá las abundancias químicas de varios elementos pesados ricos en neutrones (Ce, Yb) que no son obtenidos por la maquinaria estándar.

Se ha terminado la derivación de las abundancias elementales y cocientes isotópicos de CNO en estrellas AGB masivas al comienzo de los pulsos térmicos. Este trabajo formó parte de la Tesis Doctoral de V. Pérez Mesa, que fue defendida con éxito el 17 de enero de 2020 y acaba de obtener el Premio Extraordinario de Doctorado de la ULL. Se tiene un artículo científico a punto de ser enviado a revista.

Se ha terminado el estudio de los efectos de la presencia de sistemas binarios en nebulos-

sas planetarias usando principalmente datos UV del satélite GALEX. Este trabajo formó parte de la Tesis Doctoral de M.A. Gómez Muñoz, que fue defendida con éxito el pasado 29 de julio de 2020.

Combinando datos de APOGEE-2 y tiempo de servicio en el ORM (NOT/FIES) se han descubierto y analizado/estudiado un nuevo tipo de estrellas, las estrellas ricas en fósforo. El artículo principal fue publicado en la prestigiosa revista Nature Communications, mientras que un segundo artículo que demostraba los progenitores de estas estrellas como un nuevo sitio estelar para la nucleosíntesis estelar de elementos pesados de tipo s, fue publicado en ApJ. Letters.

Se trabajó intensamente en la preparación de propuestas de observación (Ciclo 1) para el telescopio espacial James Webb. Como IP o co-IP se presentaron un total de 9 proyectos de observación; 6 proyectos para estudiar diferentes aspectos relacionados con las especies orgánicas complejas en el espacio y otros 3 proyectos para estudiar diferentes poblaciones estelares en galaxias del Grupo Local.

En laboratorio se ha publicado la caracterización de los espectros infrarrojos de fullerenos endohedrales con Litio (Li@C60). Además, se

publicó un review (invitado en revista) sobre materiales orgánicos complejos en el espacio y un estudio químico-cuántico teórico de un trocito de grafeno (C24).

Con la intención de comprender el proceso de formación de nanoestructuras de carbono complejas (fullereno, grafeno y sus derivados) en el espacio a través de enfoques altamente multidisciplinarios que incluyen astronomía, astroquímica de laboratorio, ciencia de materiales y química cuántica, entre otros, se ha preparado y re-enviado una Acción COST (Nanospace; 106 proponentes de 41 países), así como un proyecto (COSJWST) del Plan Nacional de I+D 2020 (Conocimiento). Estos proyectos han sido liderados por D.A. García-Hernández.

Utilizando datos de Gaia, se trabajó y publicó un estudio de estrellas binarias muy separadas en nebulosas planetarias de nuestra Galaxia.

Se trabajó en la implementación, dentro del algoritmo iterativo secuencial para el cálculo de las atmósferas extensas de las estrellas AGB, de la solución numérica de la ecuación de transporte radiativo bolométrica. De tal manera se ha logrado una corrección de la temperatura a través de la condición de equilibrio radiativo, consistente desde el punto de vista físico.

ESTRELLAS BINARIAS (P/308807)

Pablo Rodríguez Gil.

Ayose Álvarez Hernández, María J. Arévalo Morales, Montserrat Armas Padilla, Jorge Casares Velázquez, Vikram Dhillon, Ignacio González Martínez-Pais, Paula Izquierdo Sánchez, Carlos Lázaro Hernando, Teodoro Muñoz Darias, Manuel Pérez Torres y Tariq Shahbaz e Idaira Yanes Rizo.

B.T. Gänsicke, T.R. Marsch, D. Steeghs, M. Green, O. Toloza, C. Manser, M. Hollands (Univ. de Warwick Reino Unido); S. Littlefair, S. Parsons (Univ. Sheffield, Reino Unido); K. Burdge, T.A. Prince (Caltech, EEUU); J. Ren (Univ. de Pekin, Rep. Popular China); P. Jonker (SRON, Países Bajos); T. van Grunsven (Nijmegen, Países Bajos); S. Gómez M. López Morales (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, EEUU); E. Breedt (Univ. de Cambridge, Reino Unido); L. Schmidtobreick, J.M. Corral-Santana (ESO, Chile); A. Pala (ESO, Garching, Alemania); K. Gazeas (Univ. Atenas, Grecia); G.C. Anupama (Indian Inst. of Astrophysics, India); S.B. Potter (SAAO, Sudáfrica); W. Skidmore (Thirty Meter Telescope, Caltech, EEUU); P. Hakala (Univ. de Helsinki, Finlandia); P.A. Charles (Univ. de Southampton, Reino Unido); K. Long (Space Telescope Science Institute, EEUU); M. Hernanz, G. Sala, N. Elías de la Rosa (Inst. Estudios Espaciales de Cataluña); A. Rebassa-Mansergas (UPC); R. Iglesias Marzoa (Univ. de La Laguna); P. Abraham (Obs. Konkoly, Hungría).

INTRODUCCIÓN

El estudio de las estrellas binarias es una parte esencial de la astrofísica estelar. Una gran parte de las estrellas de la Galaxia se ha formado en sistemas binarios o múltiples, por lo que entender la estructura y evolución de estos sistemas es importante desde el punto de vista estelar y galáctico. Un aspecto donde las binarias juegan un papel fundamental es en la determinación de parámetros estelares absolutos, siendo la única fuente de valores precisos para los radios y las masas estelares.

Líneas de trabajo:

- Estudio de variables cataclísmicas con periodos orbitales cortos y de variables cataclísmicas magnéticas (polares intermedias). Va dirigido a entender las estructuras de acreción que se forman a consecuencia de la transferencia de masa, así como su evolución. Entre los objetivos se pretende corroborar o desmentir las predicciones que hace la teoría estándar de evolución de es-

tos sistemas binarios. Con este fin, se llevan a cabo estudios de poblaciones tanto en la región cercana al mínimo periodo orbital observado (~ 80 min), como en la frontera superior del “hueco de periodos”, el intervalo de periodos orbitales comprendido entre 3 y 4.5 horas. Se están realizando medidas de las masas de estos sistemas durante estados de cese temporal de la acreción, cuando la desaparición del disco permite la observación de ambas estrellas del sistema. Además, los estudios dinámicos que se están haciendo de polares intermedias pondrán a prueba los modelos espectrales en rayos X que hasta el momento se usan para estimar las masas de las enanas blancas magnéticas. Estos proyectos cuentan con amplia colaboración internacional, y requieren observaciones con telescopios de clase 8-m, como el VLT y Gemini, y el GTC de 10.4 m.

- Búsqueda y estudio de remanentes postplanetarios alrededor de enanas blancas, que puede beneficiarse de la experiencia de los estudios de discos de acreción en las variables cataclísmicas. Esta línea se centra en la búsqueda de elementos metálicos provenientes de estos remanentes en las atmósferas de enanas blancas, que reflejan la composición de los sistemas planetarios primigenios.
- Estudio de estrellas binarias progenitoras de nebulosas planetarias. Uno de los posibles efectos que podrían esculpir una nebulosa planetaria bipolar es la órbita de una estrella binaria central, que contiene al menos una enana blanca. Por tanto, se busca una correlación significativa “bipolaridad-binariidad” a partir de su estudio.
- La determinación de parámetros absolutos en binarias eclipsantes de tipo Algol. Desde 2006 se trabaja en la determinación precisa de sus parámetros absolutos estelares en el rango de la secuencia principal poco masiva, mal conocidos, y poner a prueba los modelos de atmósferas estelares para estrellas M más modernos.

HITOS

Medida de las abundancias de los metales que contaminan la fotosfera de la enana blanca GD424, provenientes de desechos de un sistema planetario, que cuadran con las condritas CI o con las del manto y el núcleo de la Tierra. Se encuentra una cantidad ingente de hidrógeno por la incorporación previa de material con alto contenido en agua.

Primera medida dinámica de las masas del sistema GK Per (Nova Persei 1901), que demuestra que las masas de las enanas blancas en estos sistemas obtenidas mediante la modelización de sus espectros en rayos X han de ser revisadas.

Las líneas de emisión de Balmer desdobladas por efecto Zeeman observadas en enanas blancas aisladas podrían indicar la presencia de planetas en órbitas muy cercanas a la estrella. Un planeta (o su núcleo) conductor generaría corrientes eléctricas que podrían calentar los polos magnéticos de la enana blanca y producir líneas de emisión.

Descubrimiento de una enana blanca pulsante en una binaria eclipsante, publicado en Nature Astronomy.

Descubrimiento de una enana blanca muy masiva con una fotosfera compuesta por una mezcla de hidrógeno y carbono, que podría ser el remanente de la unión de dos estrellas (Nature Astronomy).

DESARROLLO Y RESULTADOS

Con el objetivo de obtener una muestra limitada en volumen, se continúa con el proyecto que persigue la identificación, la determinación de parámetros fundamentales y abundancias químicas de variables cataclísmicas hasta una distancia de 400 pc en la Galaxia (datos del "Second Data Release" de Gaia). Los datos de Gaia muestran que la densidad de sistemas y el número de ellos con enanas marrones como estrellas secundarias discrepa de las predicciones teóricas. Las propuestas enviadas al CAT (GTC/OSIRIS) y a ESO (VLT/

XSHOOTER) han obtenido 62 y 65.4 h. de observación, respectivamente. La gran cantidad de espectros obtenidos está siendo reducida en estos momentos. A modo de ejemplo, en la Fig. 1 se presenta la modelización del espectro de XSHOOTER de la variable cataclísmica IR Com. La distribución espectral de energía típica de una variable cataclísmica (gris) es la suma (rojo) de la contribución de tres componentes: una enana blanca (azul), un disco de acreción cuya emisión se aproxima a la de un bloque isotérmico e isobárico de hidrógeno (verde), y una estrella secundaria de pequeña masa (magenta).

Se ha publicado el artículo "GD424 – a helium-atmosphere white dwarf with a large amount of trace hydrogen in the process of digesting a rocky planetesimal" en la revista MNRAS. En este estudio se analizan espectros de media y alta resolución y datos fotométricos y de paralaje públicos de la enana blanca GD424, con el fin de determinar sus parámetros atmosféricos: temperatura efectiva, gravedad superficial, composición química, masa, radio y edad de enfriamiento. A partir de ellos, se ha encontrado que las abundancias de los metales presentes en su fotosfera (Fig. 2) cuadra con las condritas CI o con las esperadas en el manto y el núcleo de la Tierra, lo que señala a la contaminación fotosférica por material de origen planetario como origen de estos metales. Además, se encuentra en la fotosfera una cantidad ingente de hidrógeno cuyo origen se explica, al menos parcialmente, por la incorporación previa de material con alto contenido en agua.

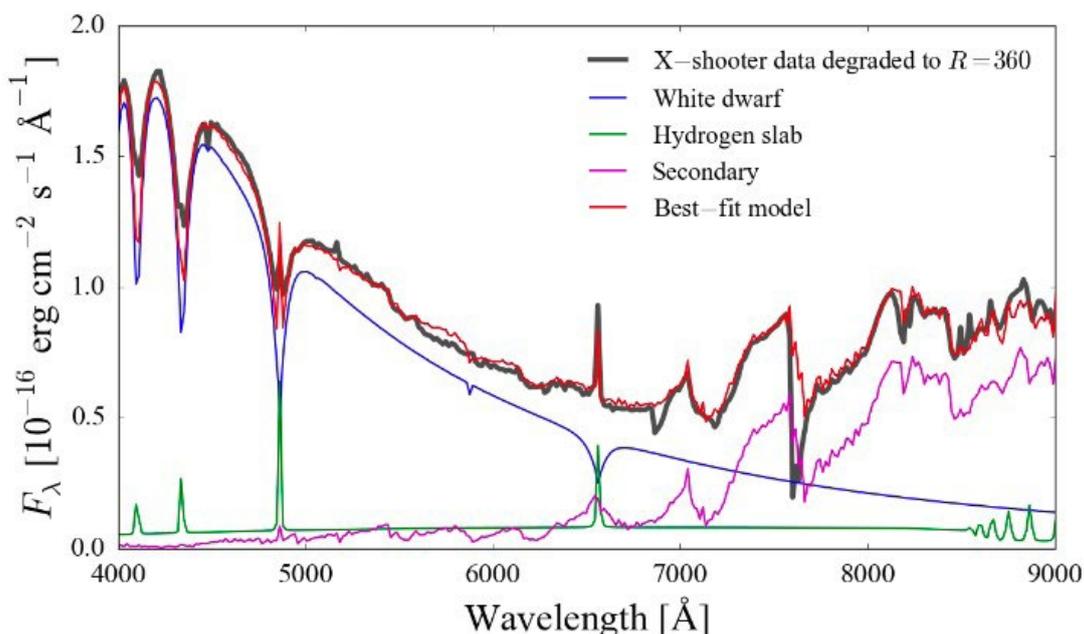


Figura 1. Modelización del espectro obtenido con VLT/X-HOOTER de la variable cataclísmica IR Com.

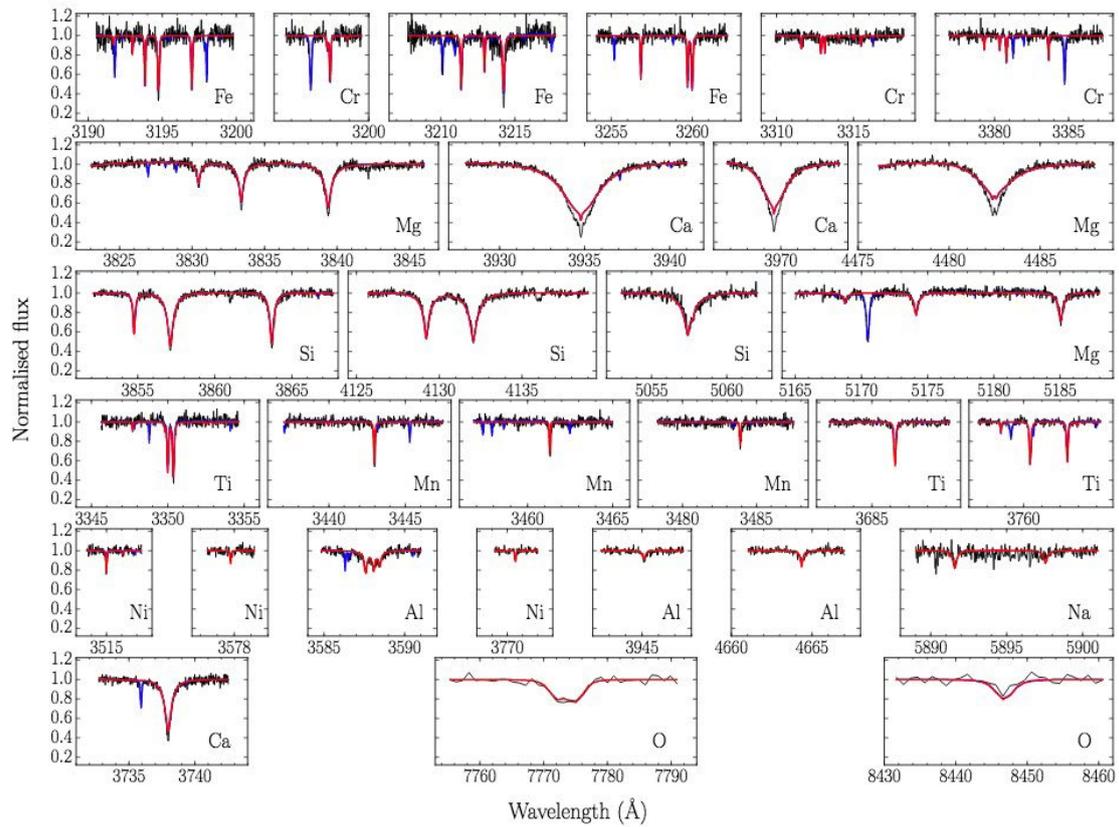


Figura 2. Líneas de absorción más intensas presentes en el espectro de GD424 obtenido con Keck/HIRES, usadas para medir las abundancias de los elementos metálicos en la fotosfera de la enana blanca. Las líneas de oxígeno fueron observadas en el espectro tomado con WHT/ISIS. El mejor ajuste simultáneo a todas las líneas de metales encontradas en el espectro de GD424, y los ajustes a las líneas de cada elemento químico por separado se muestran en azul y en rojo, respectivamente.

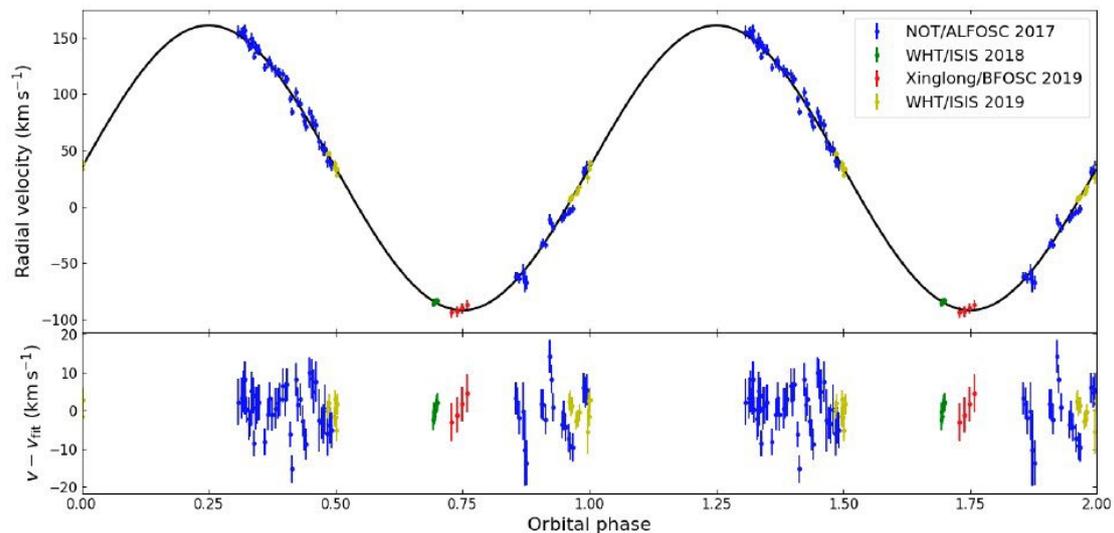


Figura 3: Arriba: curva de velocidad radial de la estrella compañera en el sistema GK Per. El mejor ajuste a un seno se representa por la línea negra. Abajo: residuos del ajuste sinusoidal. Para mayor claridad, se ha representado dos veces el ciclo orbital.

Se ha concluido el estudio dinámico de la polar intermedia GK Persei. Usando datos espectroscópicos obtenidos entre 2017 y 2019 se obtuvo la curva de velocidad radial de la estrella secundaria (Figura 3), lo que permitió refinar el valor de su amplitud y el periodo orbital del sistema. También se midieron con precisión el

tipo espectral de la secundaria y su velocidad de rotación. Por otro lado, tomando medidas fotométricas parcialmente simultáneas a la espectroscopia desde telescopios distribuidos por todo el planeta (el periodo orbital es justo casi dos días), se logró muestrear adecuadamente la curva de luz en la banda R, cuya

modelización proporcionó la inclinación de la órbita del sistema (Fig. 4). Todas estas medidas permitieron medir la masa de las componentes estelares de este remanente de la explosión de nova que tuvo lugar en el año 1901. Se ha encontrado una de las enanas blancas más masivas entre las variables cataclísmicas para las que existen estudios dinámicos precisos. El artículo se ha enviado a MNRAS para su publicación.

Existe controversia sobre la naturaleza de la estrella compañera de la enana blanca masiva (~1.35 Msol) en la variable cataclísmica V2487

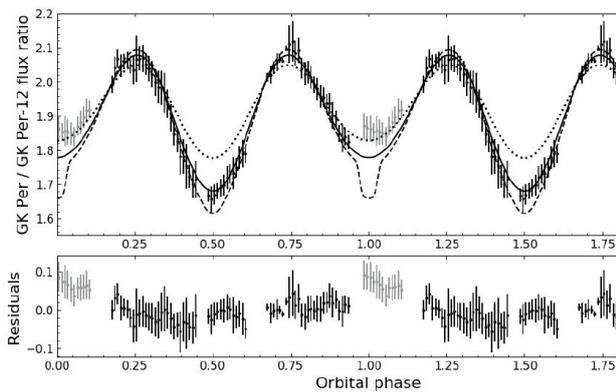


Figura 4. Curva de luz en la banda R de GK Per junto con la curva de luz sintética que mejor se ajusta (línea continua negra). Los puntos grises entre las fases 0.0 y 0.1 no se han tenido en cuenta en el ajuste MCMC. Se obtiene una inclinación de la órbita del sistema de $i = 67^\circ \pm 4^\circ$. La línea negra discontinua es la curva de luz sintética para una inclinación de $i = 73^\circ$, mientras que la línea negra punteada corresponde a una inclinación de $i = 55^\circ$. El estudio dinámico completo del remanente de la Nova Persei 1901 indica la presencia de una enana blanca masiva de 1.03 (+0.13 -0.09) Msol y una masa para la estrella compañera (tipo espectral K0-K2 IV) de 0.39 (+0.07 -0.05) Msol. La masa medida para la enana blanca difiere significativamente de los valores reportados a partir de la modelización de espectros en rayos X, que por lo tanto, han de ser revisados.

Oph (Nova Oph 1998). Hasta ahora ni siquiera se conocía el periodo orbital de esta nova recurrente. Con el objetivo de medirlo, se han obtenido series temporales de espectros con VLT/XSHOOTER durante tres noches. La curva de velocidad radial de las líneas de emisión indican un periodo largo de 18.5 horas (Fig. 5), lo que sugiere la presencia de una estrella compañera gigante. En el momento de escribir estas líneas, el análisis sigue adelante.

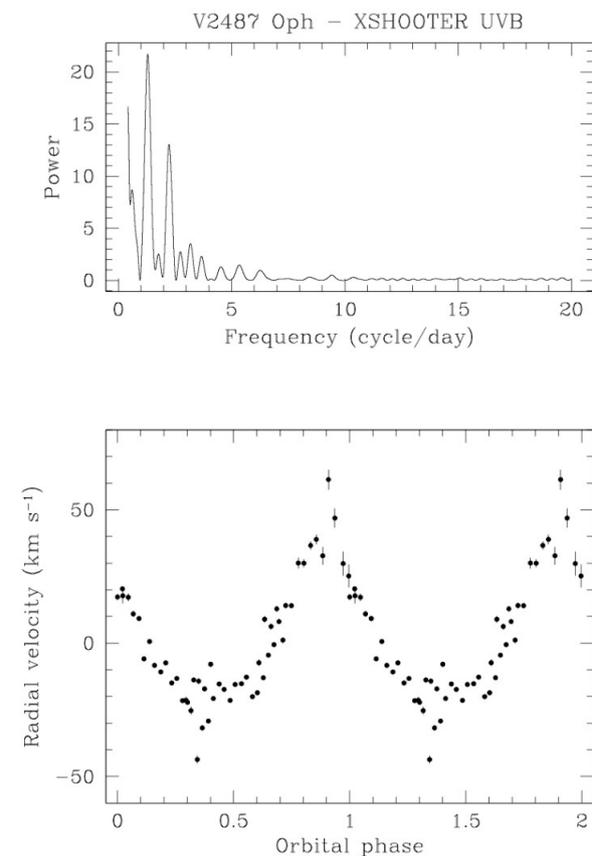


Figura 5: Arriba: periodograma de Lomb-Scargle de la curva de velocidad radial de las líneas de emisión presentes en el espectro de VLT/XSHOOTER (brazo UVB). El pico más intenso está centrado en un periodo de 18.5 horas, que se identifica como el periodo orbital de V2487 Oph (Nova Oph 1998). Esta es la primera medida del periodo de este sistema. Abajo: curvas de velocidad radial obtenidas durante tres noches puestas en fase con el periodo de 18.5 h. Para mayor claridad, se ha representado dos veces el ciclo orbital.

ESTRELLAS DE BAJA MASA, ENANAS MARRONES Y PLANETAS (P/309506)

Rafael Rebolo López.

Carlos Allende Prieto, Carlos Cardona Guillén, Patricia Chinchilla Gallego, Jonay I. González Hernández, Nicolás Cedric Lodieu, Manuel Mallorquín Díaz, Eduardo Martín Guerrero de Escalante, Thomas Masseron, Víctor J. Sánchez Béjar, Alejandro Suárez Mascareño y Borja Toledo Padrón.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la formación de estrellas de baja masa, enanas marrones y exoplanetas es una parte muy importante de la astrofísica actual. La caracterización de las propiedades físicas de estos astros en varias etapas evolutivas es esencial. Las estrellas de muy baja masa y las enanas marrones son probablemente los objetos más numerosos de nuestra Galaxia, pero no por ello están suficientemente bien establecidas sus propiedades. En particular, los objetos subestelares constituyen uno de los grupos más difíciles de estudiar desde el punto de vista observacional dada su baja luminosidad intrínseca. Se pretende establecer la frecuencia, multiplicidad y distribución espacial de estrellas ultrafrías y objetos subestelares en la vecindad del Sol y en regiones de formación estelar y cúmulos cercanos con el fin de proporcionar información sobre los mecanismos que los originan, caracterizar sus propiedades ópticas e infrarrojas, y establecer relaciones entre sus propiedades espectrales, masas y luminosidades. Se hace especial énfasis en empujar el límite de detección de masa, bien sea como objetos ligados por atracción gravitatoria a otros, o flotando libremente en el espacio interestelar. Los objetos menos masivos también suelen ser los de menor luminosidad intrínseca y temperaturas superficiales más frías por lo que entrañan notable dificultad de detección por medio de imagen directa. Sin embargo, la detección directa permite una caracterización fotométrica y espectroscópica mucho más completa y una mejor determinación de sus propiedades físicas y químicas. También se pretende investigar la presencia de exoplanetas en estrellas de baja masa, acercándonos cada vez más al descubrimiento de otras tierras orbitando estrellas cercanas al Sol, empleando técnicas de medida de velocidad radial de muy alta precisión y técnicas de muy alta resolución espacial. Se trabaja en el desarrollo de espectrógrafos ultraestables

para grandes telescopios y de sistemas de imagen ultrarrápida. Con los primeros es posible lograr la detección de planetas con masas similares a la de la Tierra en estrellas de tipos G, K y M, con el objetivo último de encontrar otras tierras en zona de habitabilidad, de establecer la frecuencia de estos planetas en las estrellas de la vecindad solar y caracterizar las propiedades de los sistemas planetarios a los que pertenecen.

HITOS

Dos nuevas binarias cercanos al régimen estelar-subestelar en el cúmulo abierto de Pesebre.

La edad del cúmulo de Coma Ber por el método del litio.

Dos compañeros a gran separación en el límite de masa de quema de deuterio en la asociación de Upper Sco.

Confirmamos con ESPRESSO la presencia del exoplaneta más cercano a la Tierra: Proxima Cen b.

Demostramos una precisión a corto plazo de 1 cm/s usando el peine de frecuencias láser (LFC) acoplado al espectrógrafo HARPS.

Detección de hierro en la atmósfera del planeta ultracaliente WASP-76b con ESPRESSO.

DESARROLLO Y RESULTADOS

En el transcurso de la tesis doctoral de P. Chinchilla, presentada este año, se ha completado las búsquedas de compañeros por movimiento propio común a grandes separaciones (100-50.000UA) alrededor de estrellas jóvenes cercanas y de la asociación de Upper Scorpius y se ha llevado a cabo el análisis espectroscópico de los candidatos obtenidos en campañas de años anteriores. Uno de los resultados relevantes de la tesis relevante es el descubrimiento y caracterización una compañera L3 en la frontera de masas planetarias, con fuerte emisión en H α , alrededor de una enana marrón de Beta Pictoris y cuyo artículo ha sido enviado y aceptado este año (Chinchilla et al. 2021). Como fruto de estos trabajos también se ha publicado en 2020 el descubrimiento de dos nuevos compañeros a gran separación en la asociación de Upper Scorpius (USco1621B + USco1556B) por Chinchilla, Bejar y colaboradores (Chinchilla et al. 2020, A&A).

En el cúmulo de Coma Berenice, hemos llevado una búsqueda de objetos de baja masa con UKIDSS, Pan-Starr y AllWISE, resultado de la cual hemos identificado una docena de candidatos fotométricos. Para 8 de los objetos

más débiles y rojos del cúmulo hemos obtenido espectros con Osiris, encontrando que son L tempranas y que no poseen Li, lo que nos ha permitido establecer un límite inferior a la edad del cúmulo de 550 Myr (Martín, Lodieu & Bejar, 2020, ApJ).

Se ha resuelto 2 sistemas formados por estrellas de muy baja o enanas marrones al borde estelar/subestelar en el cúmulo de Pesebre con el sistema de óptica adaptativa del Telescopio Keck (Lodieu y colaboradores).

En el transcurso de la tesis doctoral de C. Cardona, hemos descubierto una binaria espectroscópica en el Grupo de movimiento de la Local Association, la cual ha sido caracterizada con detalle usando espectrógrafos de alta resolución como HERMES, HARPS, CAFÉ o NRES. Hay un artículo en preparación.

Dentro del desarrollo instrumental del sistema de Óptica Adaptativa de Telescopio GTC (GT-CAO), se han completado todas las pruebas a nivel de sub-sistemas y hemos continuado con las pruebas del sistema completo de estrella de guía natural (NGS) y el diseño detallado del sistema de estrella de guía laser (LGS).

En colaboración con E. Manjavacas, hemos llevado a cabo un estudio espectroscópico con X-Shooter de estrellas de muy baja masa y enanas marrones miembros de cúmulos y regiones jóvenes con edades bien determinadas. Como resultado se ha publicado una librería con los espectros de estos objetos jóvenes de referencia (Manjavacas, Lodieu, Bejar et al.).

Se ha descubierto la primera enana blanca ultra-fría con una enana de tipo M a gran separación y movimiento propio común con distancias similares (Lam et al., incluyendo Lodieu).

Se han continuado con la explotación científica del tiempo garantizado de ESPRESSO, con varias publicaciones de relevancia como la detección de Fe en la atmósfera del planeta ultracaliente WASP-76b (Ehrenreich et al. 2020, Nature), la confirmación del planeta Próxima Cen b (Suárez Mascareño et al. 2020, A&A) o la determinación de la densidad de planetas de tipo supertierra y mini-Neptuno (Toledo-Padrón et al. 2020, A&A), o la arquitectura del sistema planetario alrededor de la estrella pi-Mensae (Damasso et al. 2020, A&A).

Se ha seguido contribuyendo al desarrollo del peine de frecuencias láser (LFC) para el instrumento HARPS en el telescopio 3.6m del ESO en La Silla. Hemos demostrado una precisión en velocidad a corto plazo al nivel del cm/s (Probst et al. 2020, NatAst). Relacionado con la precisión del LFC hemos publicado un artículo con la medida más precisa hasta la fecha del corrimiento al rojo gravitatorio solar como test de la teoría general de la relatividad, con espectros HARPS-LFC de la luz solar reflejada en La Luna.

Continuado con el desarrollo tecnológico de los espectrógrafos NIRPS y HARPS3 cuya Primera Luz se estima sea a finales de 2021 y principios de 2023, respectivamente.

NATURALEZA Y EVOLUCIÓN DE BINARIAS DE RAYOS X (P/309710)

Teodoro Muñoz Darias.

Ayose Álvarez Hernández, Montserrat Armas Padilla, Jorge Casares Velázquez, Virginia Cúneo, Vikram Dhillon, Jonay I. González Hernández, Ignacio González Martínez-Pais, Felipe Jiménez Ibarra, Guayente Panizo Espinar, Manuel Pérez Torres, Pablo Rodríguez Gil, Javier Sánchez Sierras, Tariq Shahbaz y Idaira Yanes Rizo.

Colaboradores del IAC: María J. Arévalo Morales, Josefa Becerra González, Artemio Herrero Davó y Garik Israelyan Shatinyan.

P. Charles (Univ. de Southampton, Reino Unido); P. Jonker (Univ. de Utrech, Países Bajos); T. Marsh, B. Gaensicke (Univ. de Warwick, Reino Unido); R. Fender, S. Motta (Univ. de Oxford, Reino Unido); R. Breton, D. Mata Sánchez (Univ. de Manchester, Reino Unido); J.M. Paredes, M. Ribó (Univ. de Barcelona); J. Martí (Univ. de Jaén); T. Belloni, S. Campana, P. D'Avanzo, G. Ponti (Obs. de Brera, Italia); I. Negueruela (Univ. de Alicante); J.M. Corral-Santana (ESO, Chile); D. Russell (Univ. de Abu Dhabi, Arabia Saudita); B. de Marco (Nicolas Copernicus A.C., Polonia); N. Degenaar, R. Wijnands (Univ. de Amsterdam, Países Bajos); A. de Ugarte Postigo (IAA); Y. Ueda (Univ. de Kyoto, Japón).

INTRODUCCIÓN

Los agujeros negros y estrellas de neutrones en binarias de rayos-X son laboratorios únicos para explorar la física de estos objetos compactos. No solo permiten confirmar la existencia de agujeros negros de origen estelar a través de mediciones dinámicas de sus masas, sino que también permiten investigar el comportamiento de la materia y la radiación bajo la influencia de un campo gravitatorio extremo. De este modo, es posible estudiar la física del proceso de acreción, la forma más eficiente de producción de energía conocida. El conocimiento de este proceso es esencial para entender el Universo, jugando un papel crucial en la astronomía galáctica y extra-galáctica.

Los objetivos científicos que se persiguen son:

- Estudios de acreción y eyección. Esta línea explota una fenomenología que nuestro grupo ha descubierto recientemente y se enfoca en la relación universal existente entre el proceso de acreción en agujeros negros y los procesos de expulsión en forma de jets colimados y vientos. Se pondrá énfasis

en las propiedades generales y el efecto que el viento frío que hemos descubierto en binarias de rayos-X tiene sobre todo el proceso de acreción. Investigaremos como de comunes son estos vientos, como afectan al proceso de crecimiento en el agujero negro y cuál es su relación con los jets y los vientos observados en rayos-X. Asimismo se realizarán estudios espectrales detallados en rayos X, con el fin de caracterizar los diferentes estados y geometrías de acreción en función de la luminosidad.

- Se tiene como objetivo definir la distribución de masas de agujeros negros estelares y estrellas de neutrones. Para ello medimos masas en binarias de rayos-X, continuando así nuestra ya reconocida contribución a uno de los experimentos fundamentales en la astrofísica moderna. De este modo, esperamos mejorar significativamente las distribuciones conocidas de objetos compactos, lo cual permitirá verificar modelos de explosión de supernovas y evolución de binarias compactas; además de obtener límites a la ecuación de estado de la materia nuclear. Para ello, mediremos las masas en binarias de rayos-X conocidas o recientemente descubiertas, y se intentará encontrar un gran número de nuevas binarias de rayos X en nuestra galaxia que puedan después ser estudiadas dinámicamente.
- Analizar la estructura y variabilidad de los discos de acreción alrededor de los objetos compactos en diferentes bandas espectrales (óptico-rayos X). La distribución espectral durante la erupción (especialmente a altas energías) y su variación temporal es esencial para restringir los modelos de erupción y la estructura física del disco (ej. radio del disco advectivo) así como la contribución del jet a la emisión en el visible y el infrarrojo.

HITOS

Primera detección de viento en el NIR en un sistema con agujero negro (Sánchez-Sierras & Muñoz-Darias, 2020, A&A Lett. seleccionado como artículo highlight por la revista). En esta letter, mostramos como la espectroscopía NIR muestra la presencia continua de viento en durante toda la erupción.

Descubrimiento de viento en el visible (perfiles P-Cyg) en sistema transitorio Swift J1858.6-0814, el primero con estrella de neutrones en mostrar este tipo de outflow (Muñoz-Darias et al. 2020, ApJ Lett.). En el trabajo también se muestra la fuerte variabilidad del sistema, lo que representa una clara analogía con otros

sistemas (agujeros negros) con vientos masivos.

Determinación del cociente de masas (y por tanto refinado de la masa dinámica) del agujero negro MAXI J1820+070 (Torres et al. 2020, ApJ. Lett.)

Confirmación del sistema 4U 1812-12 como binaria ultra-compacta, mostrando que las líneas de emisión presentes en el espectro pertenecen a una región HII situada entre la Tierra y el sistema (Armas-Padilla et al. 2020, A&A).

DESARROLLO Y RESULTADOS

Durante 2020 se han producido progresos sustanciales en las principales líneas de investigación del grupo. En total se han publicado 24 artículos. De estos, el grupo ha liderado (primer autor) un 25 por ciento (i.e. 6 trabajos). Además, se ha dedicado importante esfuerzo a la obtención de financiación, compitiendo por una ERC-CoG (evaluada A después de la entrevista/Step-2, pero no financiada), enviando una ERC-Advanced y un proyecto AYA. Se ha obtenido financiación mediante un proyecto del Gobierno de Canarias con el que se contratará a un postdoc en 2021. Por lo que respecta a estudiantes, F. Jiménez leyó su tesis en febrero de 2020 y I. Yanes se incorporó al grupo como residente. Por último, varios miembros del grupo han sido invitados (5 ponencias en total) a conferencias internacionales que se han postpuesto para 2021.

Vientos en binarias de rayos X: se ha continuado con el liderazgo del grupo en esta línea con la publicación de tres artículos liderados por el grupo. En concreto se ha presentado el descubrimiento de viento en el agujero negro GRS 1716-24 (Cuneo et al.) así como la primera detección de viento en un agujero negro en el NIR (Sánchez-Sierras & Muñoz-Darias) y de viento en el visible en un sistema con estrella de neutrones (Muñoz-Darias et al).

Estudios de estrellas binarias ultra-compactas: se trata de un proyecto novedoso en el que el grupo tiene una cuota de liderazgo alta. En 2020 se publicó el estudio sobre el sistema 4U 1812-12, liderado por el grupo (Armas Padilla et al.) basado en espectroscopia GTC y que confirma este objeto como binaria ultracompacta. Se avanzó significativamente en varios trabajos que se publicaran durante 2021.

Masas de agujeros negros: se publicó el cociente de masas (Torres et al.) de un sistema fundamental, MAXI J1820+070, lo cual permitió refinar la masa de este agujero negro confirmado dinámicamente por el grupo en 2019.

Procesos de acreción: se publicó un estudio sobre el sistema MAXI J1535-751 (Cuneo et al.), centrado en las propiedades del sistema (candidato a agujero negro) durante los abrigamientos observados al final de su única erupción observada (2017).

PROPIEDADES FÍSICAS Y EVOLUCIÓN DE ESTRELLAS MASIVAS (P/309808)

Sergio Simón Díaz.

Mikola Britavskiy, Lucio Crivellari, Ricardo Dorda Laforet, Gabriel Gómez Velarde, Artemio Herrero Davo y Daniel Lennon.

Colaboradores del IAC: Andrés Asensio Ramos, Cecilia Fariña, Yeisson Martínez Osorio, Pere L. Pallé Manzano y Jorge A. Pérez Prieto.

J. Puls (Univ. de Munich, Alemania); C. Evans (ROE, Reino Unido); M.A. Urbaneja (Univ. de Innsbruck, Austria); F. Najarro, M. García, J. Maíz Apellániz, M. Cerviño, J. Caballero, G. Holgado (CAB, Madrid); I. Negueruela, A. Marco, L. Patrick, E. Trigueros, S. Rodríguez Berlanas (Univ. de Alicante); N. Langer (Univ. de Bonn, Alemania); N. Castro (Univ. Postdam, Alemania); S. Clark (Open Univ., Reino Unido); G. Maynet, S. Ekstroem, C. Georgy, L. Haemmerle, S. Martinet (Univ. de Ginebra, Suiza); R. Barbá, J. Arias (Univ. La Serena, Chile); R. Gamen, G. Ferrero (Univ. La Plata, Argentina); D. Calzetti (Univ. de Massachussets, EEUU); C. Aerts, D. Bowman, S. Burssens (Univ. Lovaina, Bélgica); J. Drew (Univ. Hertfordshire, Reino Unido); N. Wright (Univ. Keele, Reino Unido); F. Martins (Univ. Montpellier, Francia).

INTRODUCCIÓN

Las estrellas masivas son objetos claves para la Astrofísica. Estas estrellas nacen con más de 8 masas solares, lo que las condena a morir como Supernovas. Durante su rápida evolución liberan, a través de fuertes vientos estelares, gran cantidad de material procesado en su núcleo y, en determinadas fases evolutivas, emiten gran cantidad de radiación ionizante. Como consecuencia, las estrellas masivas juegan un papel fundamental en muchos aspectos de la evolución del Cosmos; ej., son uno de los motores principales de la evolución química y dinámica de las galaxias y han sido propuestas como agentes clave en la reionización del Universo. A lo largo de su evolución, se asocian con los objetos estelares más extremos (estrellas O y WR; supergigantes azules y rojas; variables luminosas azules; agujeros negros, estrellas de neutrones y magnetars; estrellas binarias masivas de rayos X y gamma). También son el origen de los GRBs de larga duración y están asociadas con las recientes detecciones de ondas gravitacionales. Desde un punto de vista práctico, las estrellas masivas son valiosos indicadores de abundancias

y distancias en galaxias externas, incluso más allá del Grupo Local. Además, la interpretación de la luz emitida por regiones HII y galaxias starburst se basa en nuestro conocimiento del efecto que produce la radiación ionizante emitida por las estrellas masivas en el medio interestelar.

Este Proyecto está enfocado a la búsqueda, observación y análisis de estrellas masivas en galaxias cercanas con la finalidad de proporcionar un marco empírico sólido que nos permita entender sus propiedades físicas en función de parámetros clave que gobiernan su evolución (tales como masa, rotación, metalicidad, pérdida de masa e interacción binaria). Para ello, el proyecto se basa en observaciones de gran calidad obtenidas con telescopios de los observatorios de Canarias y de la ESO, complementadas con otras observaciones de interés proporcionadas por misiones espaciales como Gaia, HST, IUE y TESS. Como una parte clave de este proyecto, observaciones espectroscópicas de estrellas masivas en distintos estados evolutivos y localizadas en entornos de diferente metalicidad son analizadas haciendo uso de la última generación de códigos de atmósfera estelar y herramientas de análisis espectroscópico cuantitativo optimizadas para estrellas masivas con la finalidad de extraer la mayor cantidad de información empírica posible sobre parámetros estelares y abundancias.

Las principales líneas activas en el Proyecto son:

- La observación y análisis de grandes muestras de estrellas OB en la Vía Láctea.
- La exploración de la población estelar masiva localizada en regiones oscurecidas de la Vía Láctea.
- La búsqueda, observación y análisis de estrellas masivas extragalácticas, poniendo un especial énfasis en galaxias de baja metalicidad.
- El desarrollo y uso de modelos de atmósfera, modelos atómicos y herramientas numéricas para el análisis de estrellas masivas.

HITOS

El Proyecto IACOB presentada prueba empírica con alta significancia estadística sobre la no detección de estrellas con masas entre 40 y 80 masas solares próximas a la línea de la secuencia principal de edad cero. Se postula que puede ser debido a que la tasa de acreación en la formación de estrellas masivas es menor de lo asumido hasta ahora.

Presentada evidencia empírica sobre la existencia de varios brotes de formación estelar masiva en la región galáctica Cygnus OB2. Se sientan las bases para el primer estudio de la población estelar masiva de la región de Cygnus-X en nuestra Galaxia con el espectrógrafo WEAVE.

Estudiada la cinemática y la pertenencia a la asociación Galáctica PerOB1 de una muestra de 90 estrellas supergigantes azules y rojas a partir de datos de espectroscopía multi-época y astrometría Gaia. Un estudio espectroscópico posterior de esta muestra de estrellas permitirá avanzar en nuestro conocimiento de la evolución de estrellas masivas.

La colaboración MAMSIE-IACOB presenta primer estudio detallado de las propiedades pulsacionales de una muestra de 80 estrellas de tipo OB de nuestra Galaxia a partir de datos de espectroscopía HERMES, FIES y SONG, y datos de fotometría en alta cadencia del satélite TESS.

Estimado que la fracción de binarias entre las estrellas de alta masa evolucionadas (supergigantes rojas) debe ser al menos 0.15 ± 0.03 .

Encontrada la primera candidata fuerte a en la Galaxia a ser una estrella super-AGB (VX Sgr).

DESARROLLO Y RESULTADOS

Estrellas OB en la Vía Láctea

Dentro del Proyecto IACOB se publicó un artículo en el que se presentaban evidencias empíricas sobre la ausencia de estrellas de tipo O cercanas a la ZAMS detectadas en el rango óptico. Se evaluaron posibles sesgos observacionales y problemas con las técnicas de análisis y se lanzó una hipótesis sobre la posible explicación de este hallazgo inesperado: la tasa de acreación tradicionalmente considerada durante el proceso de formación de estrellas masivas podría estar sobre estimada.

Se completó la parte del survey espectroscópico IACOB referente a las estrellas supergigantes de tipo B utilizando observaciones propias con Mercator y NOT y accediendo a los archivos feros de la ESO. Se ha llegado a compilar más de 3000 espectros multi época de unas 500 estrellas B supepigantes de la Galaxia.

Se realizaron varias campañas para obtener series temporales espectroscópicas con SONG, NOT y Mercator de manera simultánea al satélite TESS (que proporciona datos fotométricos en alta cadencia) para una pequeña muestra de estrellas O y supergigantes B.

Se publicaron un par de artículos en colaboración con nuestros colegas de la Universidad de Leuven en los que se combinaban parámetros estelares de una muestra de estrellas OB obtenidos por el proyecto IACOB con resultados del análisis astrosismológico de curvas de luz TESS. Se discutió la gran variedad de tipos de variabilidad estelar encontrado en el dominio de las estrellas masivas de tipo OB y se estudió en detalle las posible conexión de un determinado tipo de variabilidad comúnmente encontrado en estas estrellas (SLF - variabilidad estocástica de baja frecuencia) con la ocurrencia de ondas gravitacionales internas generadas por el núcleo convectivo de las estrellas de alta masa.

Se publicó el tercer artículo de la serie centrada en el estudio detallado de la población estelar masiva de la región de formación Cygnus OB2. Dicho estudio permitió mostrar evidencia empírica de la existencia de múltiples brotes de formación estelar en la región.

Se publicó el primer artículo de una serie en la que se pretende estudiar la población estelar masiva de la asociación PerOB1. Dicho primer artículo se centró en la definición de la muestra de estrellas, consistente en unas 90 estrellas supeginates azules y rojas, y en el estudio de su pertenencia al cúmulo y propiedades cinemáticas a partir del análisis combinado de datos de espectroscopía multiépoca de alta resolución y astroetría Gaia.

Se continuó participando en la colaboración con nuestros colegas de Madrid y La Serena (Chile) centrada en el estudio de sistema binarios masivos.

Se realizó un análisis espectroscópico detallado de una muestra de 5 candidatos post-AGB con tipos espectrales OB.

Se dieron los primeros pasos en la investigación de la viabilidad del uso de técnicas de machine learning y big data para la clasificación automática de espectros de estrellas OB y el estudio empírico de las propiedades físicas y evolutivas de grandes muestras de estrellas OB.

Estrellas OB dentro del survey WEAVE-SCIP

El grupo de estrellas masivas del IACOB está jugando un papel fundamental en la definición de los casos científicos referentes a las estrellas masivas OB dentro del survey WEAVE-SCIP, así como en asegurar una explotación científica eficiente de los datos proporcionados por dicho survey.

Se ha continuado la implementación y mejora de una serie de pipelines (incluyendo técnicas de machine learning) que permitirán la organización y análisis de la gran cantidad de espectros de estrellas que proporcionará el survey a partir de la mitad de 2021 y durante cinco años.

Se ha trabajado en la selección definitiva de OB y la creación de catálogos para los survey SCIP-LR y Cygnus-HR a partir del catálogo IGAPS y los datos de Gaia-DR2 y el survey 2MASS.

Todo estaba listo para empezar el survey en verano del 2020, sin embargo debido a la pandemia mundial, se ha retrasado dicho inicio hasta verano del 2021.

Otros desarrollos y resultados obtenidos fuera de los proyectos IACOB y WEAVE

Se ha participado en dos estudios sobre los movimientos propios de estrellas masivas en los cúmulos de Arches y Quintuplet, así como en las proximidades del centro de la Vía Láctea.

Se ha participado en la preparación de una propuesta (liderada por M. García, CAB) para observar estrellas O Galácticas con JWST.

Se ha participado en la colaboración creada en el marco del *HST legacy programme ULLYSES* y el large programme de la ESO (con *X-shooter*) asociado.

Se ha liderado una propuesta con HST para obtener espectroscopia STIS del sistema LBI, inicialmente identificado como un sistema binario con una estrella B y el agujero negro estelar más masivo. Esta propuesta pretende ser una continuación del estudio realizado a principio de este año en el que descartábamos que dicho sistema incluyese un agujero negro tan masivo.

Se ha participado en un estudio en el que se ha identificado el primer candidato a super-AGB de nuestra Galaxia.

Se ha liderado un estudio para determinar la fracción de binarias presente entre estrellas de alta masa evolucionadas (supergigantes rojas) en las Nubes de Magallanes.

PRUEBAS OBSERVACIONALES DE LOS PROCESOS DE NUCLEOSÍNTESIS EN EL UNIVERSO (P/300423)

Garik Israelian Shatinyan.

Colaboradores del IAC: Jorge Casares Velázquez, Ramón J. García López, Jonay I. González Hernández y Rafael Rebolo López.

N. Santos, V. Adibekyan, E. Delgado, S. Sousa (CAUP, Portugal); M. Mayor (Univ. de Ginebra, Suiza); V. Lipunov (Univ. de Moscú, Rusia); M. Frolov (Imperial College, Londres, Reino Unido); R. Rees (LCS, Londres, Reino Unido).

INTRODUCCIÓN

Recientemente se han llevado a cabo varios análisis espectroscópicos de estrellas con planetas. Uno de los resultados más relevantes ha sido descubrir que las estrellas con planetas son en promedio más metálicas que las estrellas del mismo tipo espectral sin planetas conocidos (Santos, Israelian & Mayor 2001, A&A, 373, 1019; 2004, A&A, 415, 1153). Existen dos hipótesis posibles para relacionar el exceso de metalicidad con la presencia de planetas. La primera es la del “autoenriquecimiento” que atribuye el origen de la sobreabundancia de metales observada en estrellas con planetas a la acreción sobre la estrella madre de grandes cantidades de material planetario rocoso, rico en metales y pobre en elementos como H y He. La hipótesis contraria es la principal y considera que el exceso de metales sea debido al alto contenido en metales de la nube protoplanetaria a partir de la cual se formó el sistema estrella-planeta.

Los elementos ligeros pueden proporcionar información valiosa sobre la mezcla, la difusión y la evolución del momento angular en estrellas con planetas, así como sobre la actividad estelar causada por la interacción con exoplanetas (Santos, Israelian, García López et al. 2004, A&A, 427, 1085; Israelian et al. 2004, A&A, 414, 601). Estudios sobre el Be, el litio y la razón isotópica $6\text{Li}/7\text{Li}$ podrían aportar pruebas para distinguir entre las diferentes teorías de formación planetaria (Sandquist et al. 2002, ApJ, 572, 1012). Israelian et al. encontraron evidencias de la caída de un planeta o de material protoplanetario sobre la estrella HD82943 (2001, Nature, 411, 163; 2003, A&A, 405, 753).

Si el “autoenriquecimiento” fuera el principal responsable del exceso de metalicidad de las estrellas con planetas, eso implicaría una so-

breabundancia relativa de elementos refractarios (Si, Mg, Ca, Ti, etc.) respecto a los volátiles (CNO, S y Zn). Se han llevado a cabo varios estudios espectroscópicos del hierro (Santos et al. 2001, A&A, 373, 1019; 2003, A&A, 398, 363; 2004, A&A, 415, 1153) y de otros elementos (Bodaghee et al 2003, A&A, 404, 715; Ecuivillon, Israelian, Santos et al. 2004, A&A, 418, 703; 2004, A&A, 426, 619; 2006, A&A, 445,633; 2006, A&A, 449, 809; Gilli, Israelian, Ecuivillon, et al. 2006, A&A, 449,723).

El análisis espectroscópico de estrellas ricas en metales también proporciona información valiosa sobre las tasas de eyección al medio interestelar de elementos químicos producidos por explosiones de supernova en los últimos 10.000 millones de años. Otro método alternativo para investigar los productos de las explosiones de supernova es el estudio de las estrellas compañeras de los sistemas binarios de rayos X.

HITOS

Concluimos que los espectrógrafos ESPRESSO, PEPSI y HARPS pueden entregar resultados espectroscópicos que son suficientemente consistentes para la mayoría de los casos científicos en espectroscopía estelar. Sin embargo, encontramos diferencias pequeñas pero importantes en el rendimiento de los tres espectrógrafos que pueden ser cruciales para casos concretos.

Nuestro análisis de los datos actuales no respalda la hipótesis de que la agrupación estelar es el factor clave que controla las propiedades orbitales de los sistemas planetarios. Sin embargo, todavía es posible que las perturbaciones ambientales jueguen un papel importante en la configuración de las órbitas de planeta.

Encontramos que la abundancia de carbono en las estrellas del disco grueso presenta en su mayoría proporciones de abundancia de $[X/\text{Fe}]$ decrecientes hacia la energía solar. metalicidad para luego aplanarse en $[\text{Fe}/\text{H}] > 0$, de manera similar a los elementos α .

DESARROLLO Y RESULTADOS

Utilizamos espectros de ultra alta y alta resolución obtenidos con los espectrógrafos ESPRESSO, PEPSI y HARPS para medir las características de la línea espectrales (profundidad de línea; anchura de línea; y anchura equivalente, EW) y se determinaron los parámetros estelares y abundancias para un subconjunto de 11 estrellas de referencia de Gaia. Las estrellas de referencia de Gaia se seleccionan como estrellas de calibración para diferentes

estudios espectroscópicos. Por lo tanto, se requieren datos espectroscópicos homogéneos y de muy alta calidad para estas estrellas. Se recopilaron espectros ESPRESSO de ultra alta resolución para 30 de las 34 estrellas de referencia de Gaia y los hicimos públicos.

Nuestras mediciones revelan que las mismas líneas espectrales individuales medidas desde 2D adyacentes (espectro en el espacio de orden de longitud de onda) Echelle órdenes de espectros ESPRESSO difieren ligeramente en la profundidad y el ancho de línea. Cuando se considera una lista larga de líneas espectrales, las mediciones EW basadas en los espectros ESPRESSO 2D y 1D (el producto espectral final) concuerdan muy bien. Las mediciones de la línea espectral EW basadas en los espectros ESPRESSO, PEPsi y HARPS también coinciden en un pequeño porcentaje. Sin embargo, observamos que las líneas aparecen más profundas en los espectros ESPRESSO que en PEPsi y HARPS. Los parámetros estelares derivados de cada espectrógrafo al combinar los diversos espectros disponibles concuerdan bien en general.

Usamos una muestra homogénea de estrellas enanas FGK con planetas tipo Júpiter de período corto detectados con la técnica de velocidades radiales y probamos la hipótesis de que su asociación con las sobredensidades del espacio de fase (estrellas “cúmulos”) y las subdensidades (estrellas de “campo”) impactan los períodos orbitales de los planetas. No se encontraron diferencias significativas en la distribución de períodos de los planetas que orbitan estrellas de “campo” y “cúmulos”. Investigamos planetas orbitando estrellas en “cúmulos” para estudiar el mecanismo responsable de la configuración de las órbitas de los planetas en entornos similares. No hemos podido identificar un parámetro que podría ser responsable de la arquitectura orbital de planetas masivos. También mostramos que las estrellas que tienen planetas detectadas con el método de tránsito y dopler tienen diferentes propiedades que podrían ser responsables de los hallazgos anteriores que vinculan el agrupamiento estelar con la arquitectura de los planetas. Es posible que las perturbaciones ambientales jueguen un papel importante en la configuración de las órbitas del planeta.

Tanto las estrellas jóvenes como los planetas crecen mediante la acumulación de material de los discos protoestelares. Los modelos de estructura y formación planetaria asumen un origen común de los bloques de construcción. Sin embargo, hasta ahora, no hay evidencia directa observacional que correlacione la com-

posición química de los exoplanetas rocosos con su estrellas anfitrionas. Hemos encontrado la primera evidencia de un estrecho vínculo químico entre los planetas rocosos y sus estrellas anfitrionas. La fracción de masa de hierro de los planetas rocosos caracterizados con mayor precisión esta comparada con la misma fracción de sus bloques de construcción (estrellas), como se infiere de la composición atmosférica de sus estrellas anfitrionas. Encontramos una correlación clara y estadísticamente significativa. También encontramos que, en promedio, la fracción de masa de hierro de los planetas es mayor que la de la estrella primordial, debido a la química del disco y los procesos de formación de planetas. Por lo tanto, la composición de los planetas rocosos depende de la composición química del disco protoplanetario y contiene firmas sobre los procesos de formación de planetas. Estamos planificando terminar este proyecto en 2021.

Para comprender la formación y composición de los sistemas planetarios, es importante el conocimiento de la composición química de sus estrellas de anfitrión. En particular, las relaciones de C/O son útiles para restringir la densidad y la composición química de planetas extrasolares.

Actualmente nos centramos en la posible dependencia de la abundancia de carbono en la presencia del planeta, el impacto de diferentes factores (como diferentes indicadores de oxígeno) sobre la determinación de C/O y la evolución química galáctica del carbono. Derivamos abundancias químicas de carbono de dos líneas atómicas para la muestra HARPS-GTO, compuesta por más de 1000 estrellas enanas FGK observadas con espectros de alta resolución ($R \sim 115000$) y alta calidad. Resultados preliminares indican que la abundancia de carbono en las estrellas del disco Galáctico grueso presenta en su mayoría proporciones de abundancia de $[X/Fe]$ decrecientes hacia la metalicidad solar. Los resultados finales serán presentados este año.

Hemos terminado un ambicioso análisis espectral de algunos elementos químicos pesados (entre ellos Ir y U) en 30 estrellas observados con ESPRESSO en el modo UHD (resolución alrededor de 200.000). Es la primera vez que estamos estudiando algunos de estos elementos químicos en las estrellas tipo sol. El mismo análisis repetimos para espectros observados con PEPsi.

ABUNDANCIAS QUÍMICAS EN ESTRELLAS (P/301008)

Carlos Allende Prieto.

David García Álvarez, Jonay González Hernández Yeisson Martínez Osorio y R. Rebolo López.

Colaboradores del IAC: Mohammad Akhlaghi, Andrés Asensio Ramos, Juan Calvo Tovar, Jorge Casares Velázquez, Claudio Dalla Vecchia, Domingo A. García Hernández, Ramón García López, Francisco Garzón López, María F. Gómez Reñasco, Félix Gracia Temich, E. Joven Álvarez, Francisco S. Kitaura Joyanes, Andras Kovacs, José A. López Aguerri, Martín López Corredoira, Thomas Masseron, Yeray J. Peñate Castro, Andrea Perdomo García, José L. Rasilla Piñeiro, Pablo Rodríguez Gil, Jorge F. Sánchez Almeida, Fabio Tenegi Sanginés, Ángel M. Vicente Garrido y Nikola Vitas.

I. Hubeny (Univ. de Arizona, EEUU); L. Koesterke, M. Shetrone, B. Castanheira (Univ. de Texas, EEUU); W. Brown (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, EEUU); M. Kilic (Univ. de Oklahoma, EEUU); S. Majewski (Univ. de Virginia, EEUU); R. Schiavon (Univ. de Liverpool, Reino Unido); J. Holtzman (Univ. de Nuevo México, EEUU); H.G. Ludwig (Univ. de Heidelberg, Alemania); C. del Burgo (INAOE, México); T. Beers (Notredame, EEUU); V.S. Smith (NOAO, EEUU); Y. Sun Lee (Chungnam National Univ., República de Corea); M. Cropper, D. Kawata (Univ. College London, Reino Unido); M.T. Belmonte, J.C. Pickering (Imperial College, Reino Unido); K. Cunha (Obs. Nacional, Brasil); C. Rockosi (Univ. de California, EEUU); A. Cooper (Univ. Tsing Hua, Taiwán); B. Gaensicke (Univ. de Warwick, Reino Unido); R. Ezzeddine (Univ. de Florida, EEUU); S. Koposov (Carnegie Mellon Univ., EEUU).

INTRODUCCIÓN

La espectroscopia de estrellas permite determinar las propiedades y composiciones químicas de las mismas. A partir de esta información para estrellas de diferente edad en la Vía Láctea es posible reconstruir la evolución química de la Galaxia, así como el origen de los elementos más pesados que el boro, forjados principalmente en los interiores estelares. También es posible estudiar la formación estelar, y la de la propia Galaxia, a través de la huella que deja el potencial galáctico en las órbitas de las estrellas, y de las distribuciones de masa, edad y la abundancia de elementos pesados.

La obtención de espectros con alta resolución espectral, apropiados para estudios de la composición química, requiere instrumentación sofisticada y eficiente. Esto es especialmente cierto en investigaciones en las que se necesitan extensas muestras de estrellas, que exigen observar cientos, o incluso miles de fuentes de forma simultánea. El procesado y análisis de los datos debe ser automatizado para ser igualmente eficiente.

La interpretación de los espectros se basa en modelos físicos de las atmósferas de las estrellas, de donde se escapa la luz que observamos. Los ingredientes fundamentales para la construcción de estos modelos son la dinámica de fluidos, y las propiedades de los átomos, iones y moléculas, especialmente en lo que se refiere a sus interacciones con la radiación que proviene del interior estelar. Una vez que se tiene un modelo plausible, es posible calcular de forma detallada cómo se propaga la radiación a través de la atmósfera estelar, y el espectro emergente, para, de forma iterativa, compararlo con las observaciones y refinar el modelo.

Este Proyecto incluye tres diferentes frentes de investigación:

- La mejora de los modelos de atmósfera y las simulaciones de espectros estelares.
- El desarrollo de herramientas para la obtención, reducción y el análisis de observaciones espectroscópicas, y en particular para la determinación de abundancias químicas en estrellas.
- El diseño, preparación, y ejecución de estudios espectroscópicos de estrellas con el fin de entender: los aspectos más relevantes de la física de las atmósferas estelares, la formación y evolución de las estrellas, el origen de los elementos químicos y la formación, estructura y evolución química de la Vía Láctea.

HITOS

Aparecen los primeros artículos con datos de HORuS.

Se completa una malla masiva de espectros sintéticos con Na, K, Mg y Ca en NLTE para APOGEE.

Se completa la puesta en servicio de DESI en Kitt Peak, incluyendo el datoducto de análisis de espectros estelares desarrollado en el IAC.

Se completa el datoducto de análisis de espectros de WEAVE.

Se publica el primer estudio de las nubes de Magallanes con APOGEE.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Mejora de los modelos de atmósfera y las simulaciones de espectros estelares

A lo largo de 2020 se ha avanzado en el desarrollo del código *synple* (<https://github.com/callendeprieto/synple>), así como en los códigos *Synspec* y *TLUSTY*. Para este último se han construido nuevos modelos de átomo detallados, y se han puesto a prueba de manera combinada para el análisis de los datos de APOGEE.

Desarrollo de herramientas para la obtención, reducción y análisis de observaciones espectroscópicas

El desarrollo del software de reducción y análisis de HORuS, *chain*, ha avanzado notablemente, con un nuevo módulo que permite medir velocidades radiales con un precisión de ~ 100 m/s.

Diseño, preparación y ejecución de estudios espectroscópicos de estrellas

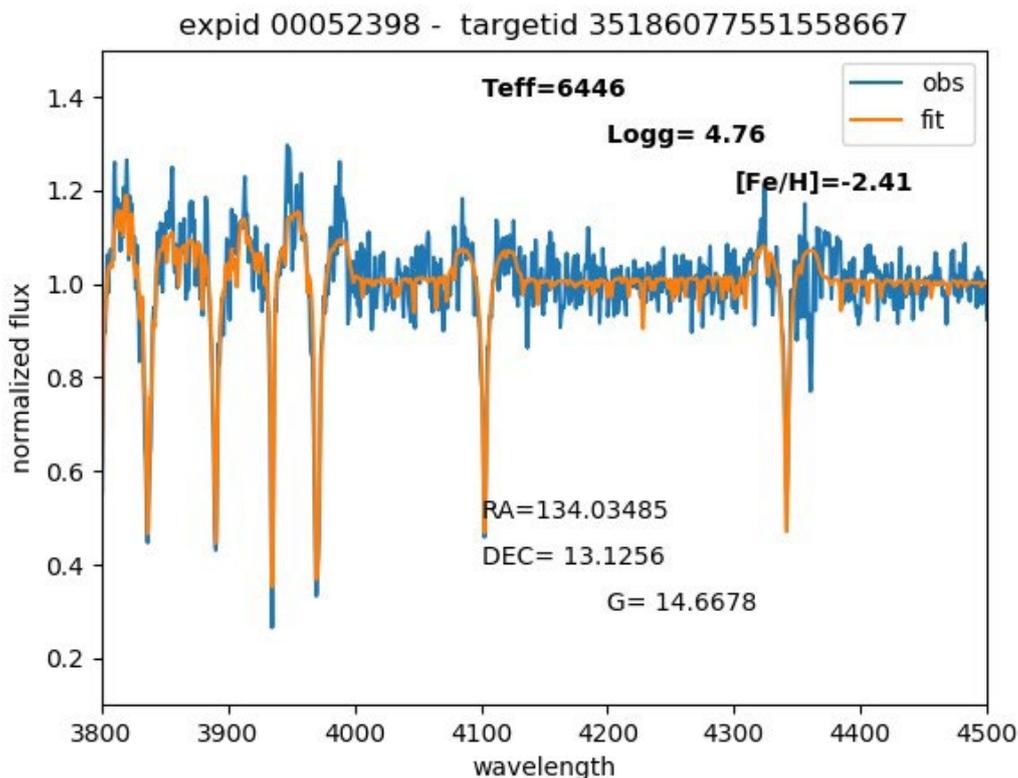
Este año se ha avanzado hasta casi completar la pipeline de análisis de espectros para el proyecto DESI (Dark Energy Spectroscopic Instrument). DESI concluyó las pruebas en el telescopio de 4 m Mayall, en Kitt Peak,

(Arizona, EEUU), en marzo de 2020 y, después de un parón forzado por la COVID-19, ha comenzado de nuevo operaciones en diciembre. Nuestro software de análisis para DESI envuelve al código FERRE para la determinación de parámetros atmosféricos y abundancias químicas. La estrategia es similar a la utilizada en el proyecto APOGEE de SDSS, pero la nueva pipeline está escrita en python y permite una gran paralelización de los análisis. Esto último es crítico para DESI, puesto que el instrumento obtiene 5000 espectros de manera simultánea en cada observación. La pipeline ha sido adaptada para su uso en el Proyecto WEAVE.

Las pruebas en telescopio de DESI tuvieron lugar en marzo de 2020, y en esa fase se obtuvieron decenas de miles de espectros estelares. Entre estos espectros se identificaron unas decenas de muy baja metalicidad que se están siguiendo en el Telescopio GTC.

ESPRESSO ha continuado sus observaciones en el VLT, principalmente de exoplanetas, pero también realizando estudios de la composición química de las estrellas que los albergan.

Se han realizado observaciones con HORuS de estrellas pobres en metales, análogos solares, sistemas binarios con agujeros negros y tránsitos exoplanetarios. La demanda de este instrumento continúa en aumento.



Espectro de una estrella pobre en metales observada con DESI.

LA VÍA LÁCTEA Y EL GRUPO LOCAL

POBLACIONES ESTELARES EN GALAXIAS (P/309403)

Antonio Aparicio Juan.

Alberto M. Martínez García y Efsan Sökmen.

Colaborador del IAC: Matteo Monelli.

S. Hidalgo (IACTEC), E. Valenti, F. Surot (ESO, Garching, Alemania); S. Cassisi, A. Pietrinferni (INAF-Téramo, Italia); E. Kirby, T. Mineikis (Univ. California, Irvine, EEUU); G. Piotto (Univ. Padua, Italia); M. Robberto, L. Pueyo, A. del Pino (STScI, EEUU); G.M. Strampelli (Johns Hopkins Univ., EEUU); E. Skillman (Univ. de Minnesota, EEUU).

INTRODUCCIÓN

El objetivo general del Proyecto es el estudio de la estructura, historia evolutiva y proceso de formación de galaxias a través de sus poblaciones estelares resueltas, tanto a partir de fotometría como espectroscopía. El proyecto puede dividirse en cuatro líneas principales:

- Historia de formación estelar en el Grupo Local: El objetivo de esta línea es la caracterización de la estructura espacio-temporal de las galaxias del Grupo Local mediante la observación de sus estrellas individuales. Un objetivo fundamental es la determinación de las historias de la formación estelar (HFE) detalladas y extendidas a toda la historia evolutiva de la galaxia con objeto de determinar el grado de importancia que los procesos cosmológicos (tales como la reionización o self-shielding) o locales (barrido de gas por supernovas, fuerzas de marea, migración estelar) tuvieron en su formación.
- Multipoblaciones estelares en cúmulos globulares: De forma contraria al paradigma clásico, hay evidencias de que los cúmulos globulares (CG) albergan más de una población estelar de diferente composición química. Observaciones fotométricas de los CG usando el HST muestran fuertes evidencias de múltiples secuencias principales en el DCM. El objetivo de la línea es caracterizar dichas multipoblaciones en CG.

- Formación y estructura de la Vía Láctea: Esta línea tiene como eje principal el estudio de la Vía Láctea a través de los datos que proporcionará GAIA (espacio) y el survey ESO-VVV. Este tipo de datos van a dar una oportunidad única de conocer la historia de formación estelar en el disco y en el bulbo galáctico. En este marco, es necesario adecuar las herramientas desarrolladas por nuestro grupo para el análisis de poblaciones estelares al tipo de datos que está suministrando ambos surveys.
- Evolución estelar y diagrama color-magnitud sintético: Nuestro grupo ha liderado el desarrollo de una nueva librería de evolución estelar. Hay una necesidad en la comunidad científica de mejorar la confianza y exactitud de la computación de modelos estelares mediante la incorporación de las últimas mejoras en el campo de la física tales como la Ecuación de Estado, nuevos cálculos en tablas de opacidades o en secciones nucleares efectivas.

HITOS

Se ha concluido la tesis doctoral de Efsan Sokmen, que será defendida en breve en la ULL.

Se ha concluido la tesis doctoral de G.M. Strampelli, desarrollada en el STScI y la Univ. John Hopkins (Baltimore, EEUU) que será defendida en breve en la ULL.

Se ha presentado el método y algoritmo StrakLIP para la detección y caracterización de señales astronómicas de estrellas débiles muy cercanas a primarias brillantes. Se ha aplicado con éxito al cúmulo de la nebulosa de Orión, proporcionando 23 nuevas detecciones con compañeras dentro de la región de masas de las enanas marrones.

Se ha detectado la presencia de dos poblaciones estelares diferentes en el cúmulo de la nebulosa de Orión con edades 0.85 y 1.6 Ma, lo que apoya fuertemente la idea de que la formación estelar en este cúmulo no ha sido ni un evento singular ni un proceso diluido en un periodo de tiempo prolongado.

Se ha obtenido un catálogo fotométrico profundo en el infrarrojo cercano de 320 millones

de estrellas mediante fotometría PSF, a partir de datos del ESO-VVV Survey.

Se ha estudiado la estructura de la distribución estelar del disco de la Vía Láctea hasta 20 kpc y se ha detectado la posición del extremo más alejado de la barra Galáctica.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Las actividades del grupo durante 2020 han estado marcadas por dos circunstancias significativas: una, la epidemia de COVID-19 y otra, el hecho de que el IP (A. Aparicio) ha estado durante más de la mitad del año en situación de “servicios especiales” (investigador invitado del IAC) por su cargo como Director General de Universidades del Gobierno de Canarias.

La epidemia de COVID-19 ha tenido como consecuencia que casi toda la investigación realizada por el grupo se haya hecho en situación de aislamiento. Esto ha repercutido muy significativamente en las actividades del doctorando A.M. Martínez García. En febrero de 2020 se había desplazado al STScI en Baltimore para una estancia de tres meses en la que iba a trabajar con el codirector de su tesis A. del Pino Molina. Sin embargo, la situación de emergencia sanitaria hizo que debiera volver a España

con urgencia después de transcurridas apenas 3 semanas de su visita.

El trabajo de tesis de A. Martínez ha avanzado adecuadamente durante 2020, con frecuentes reuniones on line, primero con su codirector A. del Pino y, después, con la incorporación de A. Aparicio tras su regreso a la situación de “servicio activo”. A finales de 2020 había un primer artículo en fase avanzada de preparación.

Por otra parte, durante 2020 se ha concluido la tesis doctoral de E. Sökmen, que está depositada para su defensa en la ULL. E. Sökmen ha trabajado también en situación de aislamiento, pero en contacto telemático con sus directores, S. Hidalgo y A. Aparicio. A finales de 2020 había un nuevo artículo en fase avanzada de preparación vinculado a la tesis.

También durante 2020 se ha concluido la tesis doctoral de G.M. Strampelli, que ha sido desarrollada en la Univ. John Hopkins, en codirección con M. Robberto y L. Pueyo. La tesis se encuentra depositada para su defensa en la ULL. También en este caso se ha mantenido contacto telemático frecuente por parte de los miembros del equipo. En 2020 se ha realizado una publicación relacionada con el contenido de la tesis.

EVOLUCIÓN GALÁCTICA EN EL GRUPO LOCAL (P/301204)

Carmen Gallart Gallart.

Giuseppina Battaglia, Mikola Britavskiy, Salvador Cardona Barreo, Tobías Karl Rupert Fritz, Robert Grand, Thomas Guillaume, Matteo Monelli, Tomás Ruiz Lara, Francisco R. Surot Madrid y Salvatore Taibi.

Colaboradores del IAC: Michael Andrew Beasley, Christopher Brook, Arianna Di Cintio y Jesús Falcón Barroso.

E. Bernard, V. Hill (Obs. De la Cote d'Azur, Nice, Francia); T. Ruiz-Lara (Kapteyn Astronomical Inst., Países Bajos); N. Noël (Univ. de Surrey, Reino Unido), S. Cassisi, M. Bellazzini (INAF, Italia); C. Martínez Vázquez (CTIO, Chile); M. Rejkuba, M. Roth (ESO, Alemania); (ESO, Alemania); D. Nidever, K. Olsen (NOAO, USA); E. Tols toy (Kapteyn Astronomical Inst., Países Bajos); R. Leaman (MPIA, Alemania), P. Jablonka, Y. Revaz (EPFL, Suiza).

INTRODUCCIÓN

La formación y evolución de galaxias es un problema fundamental en Astrofísica. Nuestro proyecto se propone estudiar la formación y evolución de galaxias usando los ejemplos locales de galaxias que pueden ser resueltas en estrellas y usando técnicas de "Arqueología Galáctica". Esta disciplina es el principal motor de grandes proyectos como GAIA, SDSS, WHT/WEAVE, LSST, VISTA/4MOST, DESI o E-ELT/HARMONI. Esto asegura que la Arqueología Galáctica va a estar en un primer plano de la investigación astrofísica por mucho tiempo.

Debido a su cercanía, las galaxias del Grupo Local, incluida la Vía Láctea, se pueden resolver en estrellas individuales. Por esta razón, usando los telescopios actuales y un conjunto de técnicas complementarias, se puede estudiar su estado evolutivo en un detalle imposible de conseguir para galaxias más lejanas. Utilizando fotometría que llegue al turn-off viejo de la secuencia principal es posible derivar su historia de formación estelar y caracterizar su evolución a lo largo de toda su vida. Además, la espectroscopia de estrellas individuales añade información directa sobre la cinemática y las abundancias químicas de las diferentes poblaciones estelares. Para los objetos más cercanos, la astrometría precisa proporciona información sobre la distancia (y por lo tanto el brillo absoluto), el movimiento orbital, e incluso información 6-D completa para determinadas muestras de sus estrellas.

Finalmente, las estrellas variables como RR Lyrae y Cefeidas aportan restricciones independientes sobre las edades y metalicidades de las poblaciones a las que pertenecen. Estas observaciones proporcionan información muy valiosa con la que contrastar las predicciones de los modelos cosmológicos de formación y evolución de galaxias.

El Grupo Local contiene unas 80 galaxias de diferentes tipos morfológicos. Entre ellas, las más grandes son galaxias espirales (la Vía Láctea, M31 y M33). Una docena de ellas son de tipo irregular (LMC), o irregulares enanas, y el resto son esferoidales. Así, podemos estudiar galaxias de diferentes tipos morfológicos en un gran rango de masas, desde espirales hasta las galaxias más pequeñas, que nos están incluso haciendo cuestionar el concepto de "galaxia". Además, estamos explotando esta información detallada para valorar la validez y aplicabilidad de las técnicas basadas en espectros de luz integrada, usadas comúnmente para obtener la historia de la formación estelar de galaxias lejanas.

HITOS

Se ha determinado que la historia de formación estelar del disco de la Vía Láctea presenta tres notables brotes de formación estelar hace 5.7, 1.9 y 1.0 Giga años, que parecen coincidir con los pasos pericéntricos de la galaxia enana de Sagitario. Esto sugiere que esta fusión con la Vía Láctea ha tenido una influencia notable en su evolución.

La historia de formación estelar de la zona central de la Nube Grande de Magallanes, incluyendo la barra y su brazo espiral, ha proporcionado evidencia concluyente de que este brazo espiral, característico de las galaxias de este tipo morfológico, se originó hace 2 Giga años, y por tanto es una estructura estable a largo plazo.

Presentamos un modelo semi-analítico, que aborda la población de cúmulos globulares en la galaxia enana de Fornax. Encontramos que para que cuatro de los cúmulos globulares sobrevivan en su ubicación proyectada observada, se requiere un núcleo de materia oscura de tamaño $> 1,5$ kpc y una fusión con una relación de masa dinámica de 1: 5 -1: 2.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Se ha continuado la investigación basada en la determinación de la historia de formación estelar (HFE) de galaxias desde las escalas galácticas más pequeñas hasta la de la Vía Láctea (VL). Se han liderado y participado en

varios estudios de las Nubes de Magallanes (NM) utilizando diferentes conjuntos de datos. Utilizando la HFE resuelta espacialmente de la Nube Grande de Magallanes (LMC), obtenida con los datos SMASH, (Ruiz-Lara +), se estudió la estabilidad de su brazo espiral, que es una característica típica de todas las galaxias irregulares de tipo Magallánico (Ruiz-Lara+ 2020, MNRAS). Además, en Massana+ 2020 (MNRAS), se estudiaron las zonas periféricas de bajo brillo superficial de la Nube Pequeña de Magallanes (SMC), mientras que su estructura y estado dinámico se estudiaron en De Leo+ 2020 (MNRAS) utilizando espectros del AAT. Finalmente, utilizando datos de APOGEE, en Nidever+ 2020 (ApJ) se discutió la baja eficiencia de formación estelar de ambas NM. Además, se realizaron importantes contribuciones la segunda publicación de datos (DR2) de SMASH (Nidever+). Se ha progresado en la fotometría, obtención de HFE y caracterización de estrellas variables de varias galaxias enanas, utilizando datos del telescopio espacial Hubble (HST) o terrestres, con varios trabajos aceptados para su publicación o ya publicados: Crater II (Vivas+ 2020); Leo I (Ruiz-Lara+), Eri II (Gallart+ 2021, ApJ), Fornax (Rusakov+). Se está trabajando, con artículos en avanzado estado de preparación, en el estudio de otras galaxias enanas como Leo T, VV124 y KKR25. Se ha progresado en el proyecto iniciado en 2018 para obtener HFEs de diferentes componentes de la VL utilizando datos de Gaia. En particular, se ha realizado un trabajo exploratorio intensivo para definir el proyecto en detalle, que ha dado como resultado la presentación de una propuesta de ERC Advanced Grant (PI Gallart) en agosto de 2020. Los resultados publicados este año discuten una explicación teórica de las trayectorias químicas de las estrellas halo e in situ en la VL (Brook+ 2020, MNRAS), y el descubrimiento de estallidos recurrentes de formación estelar en el disco de la VL, probablemente vinculados a pasos pericéntricos de la galaxia enana de Sagitario (Ruiz-Lara+ 2020, NatAst). Este último trabajo ha despertado una importante atención mediática, como se

puede ver en <https://www.nature.com/articles/s41550-020-1097-0/metrics>.

Se ha continuado con el apoyo al Proyecto WEAVE, trabajando en software y otros productos específicos para los objetivos del subproyecto de Arqueología Galáctica y (LRhighlat en particular), elaborando experimentos de verificación científica, realizando la selección de candidatas y coordinando las tareas del Survey Working Group (Battaglia, Britaviskij, Thomas). Se ha publicado un artículo que determina la masa de materia oscura de la VL utilizando los movimientos sistémicos de las galaxias satélites publicados en el Gaia DR2 (Fritz+ 2020) y se ha comenzado a actualizar nuestra metodología para utilizarla con los datos de Gaia eDR3. Se ha realizado un modelo semi-analítico del sistema de cúmulos globulares en la galaxia esferoidal enana de Fornax, mostrando que sus propiedades requieren que el radio del núcleo de materia oscura sea superior a 1.5kpc, además de una fusión con una galaxia enana más pequeña (Leung+ 2020).

En cuanto a las propiedades internas de las galaxias enanas del Grupo Local, se demostró observacionalmente, por primera vez y con alta significación estadística, que las poblaciones estelares de edad intermedia y vieja en IC1613 están rotando significativamente, con las estrellas jóvenes probablemente girando a la misma velocidad (Taibi+). Se ha realizado un análisis comparativo homogéneo de los gradientes de metalicidad en galaxias enanas del Grupo Local, y se ha demostrado que existe una gran dispersión en su intensidad entre los sistemas más débiles. En cambio, el papel que el medio ambiente podría haber jugado en la formación de tales gradientes parece ser limitado (Taibi+). Utilizando simulaciones de la formación y evolución de galaxias enanas en un contexto cosmológico, se ha comenzado a trabajar en la caracterización de las perturbaciones inducidas por fusiones en galaxias enanas y su impacto en la cinemática interna y estructura de la componente estelar (Cardona Barrero+).

MORFOLOGÍA Y DINÁMICA DE LA VÍA LÁCTEA (P/309405)

Martín López Corredoira.

Antonio L. Cabrera Lavers, Nieves D. Castro Rodríguez, Zofia Chrobakova, Francisco Garzón López, Carlos M. Gutiérrez De la cruz, Terence John Mahoney y Alina Streblyanska.

Colaborador del IAC: Carlos Allende Prieto.

P.L. Hammersley (ESO, Garching, Alemania); C. González Fernández (Univ. de Cambridge, Reino Unido); Haifeng Wang (South-Western Inst. Astron. Res., Yunnan Univ., Rep. Popular China); F. Sylos-Labini (Enrico Fermi Center, Roma, Italia); R. Nagy (Univ. de Bratislava, Eslovaquia); G. Carraro, L. Girardi (Univ. de Padua, Italia).

INTRODUCCIÓN

El Proyecto se estructura en dos partes, diferenciadas pero complementarias: morfología y dinámica. El estudio detallado de la morfología de la Vía Láctea pretende proveer una base de datos de distribución estelar en las regiones más alejadas y extintas de nuestra Galaxia, mediante el desarrollo de modelos semiempíricos a partir de la información contenida en dichos catálogos. Por otra parte, los análisis cinemáticos y dinámicos pretenden hacernos entender el origen de esos rasgos que observamos.

Nuestro grupo ha utilizado la combinación de datos propios (que incluirán en el futuro observaciones espectroscópicas con GRAN-TECAN/EMIR) con los catálogos públicos fotométricos (DENIS, 2MASS, UKIDSS, VISTA en infrarrojo cercano o SDSS) o espectroscópicos (SDSS-APOGEE en infrarrojo cercano, LAMOST). Se cuenta con información detallada de la distribución estelar de las poblaciones dominantes en una amplia zona de cielo, abarcando diferentes componentes estructurales: bulbo triaxial, barra larga, disco, brazos espirales, etc. Las componentes de gas y polvo son también objeto de estudio en infrarrojo, o en microondas (estudios de contaminación Galáctica al fondo cósmico de microondas, por ejemplo con WMAP o PLANCK). El grupo de investigación se ha integrado también en el nodo español de Gaia con la idea de orientar parte de nuestro trabajo en el aprovechamiento científico de la misión y, en concreto, en la identificación y estudio de poblaciones estelares a gran escala en la Galaxia.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Algunos detalles del desarrollo y resultados del Proyecto:

Morfología del disco de la Vía Láctea: usando los datos de Gaia-DR2, y con métodos estadísticos de deconvolución de los errores de paralajes, se consigue obtener la distribución de densidad estelar del disco hasta una distancia de 20 Kpc desde el centro Galáctica, y con tal derivar las escalas del disco y su alabeo. Publicado en: Chrobáková et al. (2020a, A&A, 637, A96).

Cinemática del disco de la Vía Láctea: haciendo uso de datos de Gaia-DR2 y el cartografiado espectroscópico LAMOST, se han publicado diversos estudios que mapean las distribuciones de velocidades en el disco a gran escala, evaluando la dependencia con la edad de las poblaciones estelares, y con especial énfasis en el análisis del alabeo de la Galaxia. Tres artículos: Wang et al. (2020a, MNRAS, 491, 2104; 2020b, ApJ, 897, 119; 2020c, ApJ, 902, 70).

Dinámica del disco de la Vía Láctea: continuando con un trabajo previo sobre cinemática Galáctica con datos de Gaia-DR2, se ha publicado un nuevo trabajo en el que se comparan las velocidades observadas en direcciones radial y vertical con distintas predicciones de modelos dinámicos teóricos: López-Corredoira et al. (2020, A&A, 634, A66); colaboración con investigadores de China, Italia y Eslovaquia. Además se ha realizado un trabajo dedicado al análisis de las curvas de rotación a la luz de diferentes modelos de distribuciones de densidad incluyendo un halo de materia oscura, o bien gravedad modificada por la teoría MOND, y en los supuestos de no-equilibrio dinámico; publicado en: Chrobáková et al. (2020b, A&A, 642, A95).

Otras publicaciones: se han escrito otros artículos y realizado otras participaciones en congresos.

Desarrollos instrumentales: en particular en relación con la operatividad del Telescopio GTC y su instrumento EMIR (F. Garzón, A. Cabrera-Lavers, N. Castro-Rodríguez, A. Streblyanska), y la planificación de un nuevo telescopio robótico de 4 m (C.M. Gutiérrez).

FORMACION Y EVOLUCIÓN DE GALAXIAS

ESTUDIOS CINEMÁTICOS, ESTRUCTURALES Y DE COMPOSICIÓN, DE LOS MEDIOS INTERESTELARES E INTERGALÁCTICOS (P/308603)

John E. Beckman Abramson.

Colaboradores del IAC: Emilio Casuso Romate y Johan H. Knapen.

L. Gutiérrez Albores, M. Rosado, A. Camps (UNAM, México); J. Zaragoza (INAOE, México); P. Erwin (MPIE, Alemania); P. Amram, B. Epinat (Obs. de Marsella, Francia); G. Vera, L. Ossa (Univ. Intern. de Valencia); A.S. Borlaff (NASA, Ames, Research Center, EEUU).

INTRODUCCIÓN

Este Proyecto está en su trigésimo sexto año y como cabe esperar ha visto muchos cambios de rumbo durante este periodo. Empezó basándose en los estudios del medio interestelar local, dentro de 300 parsec del Sol. Se amplió al estudio de las fases del gas interestelar (atómico, ionizado, y molecular) en la Galaxia y las galaxias locales. Eso dio lugar a investigar la formación estelar y la interacción de las estrellas con el gas circundante en esas galaxias, y de sus poblaciones estelares. A su vez nos llevó a temas evolutivos, tanto estructurales como de composición de las galaxias locales. Con la disposición de espectroscopía bidimensional el proyecto enfocó en los vínculos físicos de las propiedades estructurales de las galaxias con su dinámica interna, resolviendo las cuestiones principales de la estructura de las resonancias en los discos, e investigando los procesos evolutivos que han dado lugar a los perfiles de brillo superficial en ellos. Por razones de seguridad en la interpretación de la física de las observaciones hemos confinado el trabajo a galaxias con bajo desplazamiento al rojo. Sin embargo en los últimos años hemos podido usar la resolución del HST para estudiar estructura hasta $z=1$. En 2021 nuestra idea es aplicar la metodología cinemática desarrollada localmente a objetos hasta $z=1$, aprovechando la disponibilidad de Óptica Adaptativa

en los grandes telescopios para hacer espectroscopía bidimensional en el infrarrojo cercano.

HITOS

El descubrimiento de la superburbuja mas grande observado, con un diámetro de 16 mil años luz en la galaxia Arp 70b, en interacción con otra.

Observaciones de simetría bidimensional en la estructura de las resonancias en los discos de las galaxias.

DESARROLLO Y RESULTADOS

En 2020 el Proyecto se redujo a su mínima forma. El último estudiante de tesis y el último postdoc del Proyecto lo dejaron para asumir puestos fuera, (el primero para incorporarse a como postdoc en el NASA Ames Research Center, y el segundo, al Proyecto Gemini-North). Además el COVID-19 mantuvo el IP confinado durante todo el año a partir del mes de febrero. A pesar de eso se supervisó un proyecto de fin de master (en la Univ. Internacional de Valencia), se participó en las reuniones de la EAS y de la SEA, y se colaboró en tres artículos en revistas internacionales, dos de ellos publicados durante el año. El Proyecto progresó en cuatro de sus líneas:

Interacción de las estrellas con el gas interestelar e intergaláctico

La adquisición de campos de velocidad de alta resolución tanto espacial como espectral sobre todo el disco de una galaxia a la vez ha permitido observar los efectos de la fuerte interacción de las dos galaxias que componen el objeto Arp 70. En el mayor de las dos, Arp 70b, detectamos un flujo, de grandes proporciones, de gas que emana del núcleo, delineando su forma bicónica, estimando su energía total en 10^{57} ergios, y su masa en 10^8 masas solares. Además se detectó en un brazo, una superburbuja de diámetro 5 kpc, el más grande observado hasta la fecha, con energía en la cáscara de 10^{54} ergios, y una masa de 5×10^7 masas solares. Se ha tanteado la hipótesis que la superburbuja es el resultado del flujo nuclear, sin llegar a una conclusión definitiva.

El trabajo se basó en datos del espectrógrafo bidimensional GHaFaS en el Telescopio WHT (ORM, La Palm).

Efecto de retroalimentación a la evolución de las poblaciones estelares en los discos

Comparando las poblaciones de estrellas recién formadas con las formadas hace 0.5 Gaños sobre una muestra de 100 discos de galaxias, usando datos de MUSE en el VLT, se ha deducido los “factores de carga de masa” (“mass loading factors”) locales en función de la densidad superficial estelar. Con el uso de datos infrarrojos de Spitzer presentados por el proyecto S4G se produjeron los factores de carga de masa globales en función de la masa estelar del disco. Los resultados están en acuerdo global con resultados de simulaciones hidrodinámicas cosmológicas. Esto es un primer paso en el uso de estos factores para analizar la evolución de los discos.

Morfología de la componente estructural de los discos

Usando imágenes profunda del disco de la galaxia UGC 11859, que se presenta de canto, con OSIRIS en el Telescopio GTC se ha estudiado como la escala de altura de la distribución de

su estrellas varía con la distancia radial galactocéntrica. El resultado muestra un aumento sistemático de este parámetro, esperado si la distribución morfológica está acompañada en la dirección radial. Este estudio confirma nuestra hipótesis previamente publicada, que explica el truncamiento aparentemente abrupto de los discos observados de canto en términos de su acampanamiento.

Estructura de las resonancias en los discos

Se ha producido mapas bidimensionales de las localizaciones de los puntos de cambio de fase del flujo radial del gas en los discos de media docena de galaxias, cuyos campos de velocidad estaban previamente obtenidos usando los datos del espectrógrafo GHaFaS. El mapa muestra una simetría de orden 2 en la distribución de las concentraciones de puntos, y una tendencia de su localización en los puntos de bifurcación de los brazos espirales. Este trabajo está en sus inicios, y promete echar luz sobre el funcionamiento de las ondas de densidad en determinar la morfología de los brazos en general.

FORMACIÓN Y EVOLUCIÓN DE GALAXIAS: OBSERVACIONES INFRARROJAS Y EN OTRAS LONGITUDES DE ONDA (P/308610)

Ismael Pérez Fournon.

Stefan Geier, Camilo E. Jiménez Ángel, Frédéric N. Poidevin y Raphael Shirley.

Principales colaboraciones internacionales en las que participa el grupo: Herschel SPIRE, HerMES, Herschel-ATLAS, z-GAL, HELP, SPICA, SAFARI, BELLS GALLERY, SERVS, DEEP-DRILL, SDSS-IV, SHARDS Frontier Fields, SGLF, LensWatch y SHIRAH.

INTRODUCCIÓN

El grupo desarrolla varios proyectos extragalácticos en diferentes rangos del espectro electromagnético utilizando satélites y telescopios en tierra para estudiar la evolución cosmológica de las galaxias y el origen de la actividad nuclear en galaxias activas. En el aspecto instrumental, este grupo forma parte del consorcio internacional que ha construido el instrumento SPIRE del Observatorio Espacial Herschel y del consorcio europeo que desarrolla el instrumento SAFARI para el telescopio espacial infrarrojo SPICA de las agencias espaciales ESA y JAXA.

Los proyectos principales en 2020 han sido:

- Galaxias y cuásares distantes con emisión en el infrarrojo lejano descubiertas con el Observatorio Espacial Herschel en por los proyectos HerMES, Herschel-ATLAS, z-GAL y HELP.
- Creación del mayor catálogo de galaxias infrarrojas Herschel en el marco del proyecto europeo Herschel Extragalactic Legacy Project (HELP).
- Sloan Digital Sky Survey IV: galaxias del Proyecto BELLS GALLERY y galaxias Lyman alpha muy luminosas.
- Participación en el desarrollo del instrumento SAFARI, una de las contribuciones europeas a la misión espacial infrarroja SPICA de las agencias espaciales ESA y JAXA.
- Búsqueda de supernovas en galaxias distantes amplificadas por lentes gravitacionales.
- Descubrimiento de supernovas utilizando las alertas públicas de Zwicky Transient Facility (ZTF) y seguimiento fotométrico y espectroscópico con los telescopios Liverpool y GTC.

- Supernovas superluminosas.
- Estudios con el Telescopio GTC de sistemas de absorción en la línea de visión a cuásares rojos.
- Estudios de polvo amorfo.
- Preparación de estudios de magnetismo con SKA.
- Estudios fotométricos de asteroides.
- Proyecto “Vanishing and Appearing Sources in a Century of Observations (VASCO)”.
- Clasificación espectroscópica de una muestra completa de cuásares seleccionados a partir de astrometría de la misión Gaia.

HITOS

Marques-Chaves et al. (2020) presentan el descubrimiento y análisis detallado de la Galaxia BOSS-EUVLG1. Se trata de la galaxia con formación estelar y sin apenas polvo más luminosa en el UV conocida hasta la fecha y su hallazgo ha sido posible gracias a las observaciones realizadas con el Telescopio GTC y con el ATACAMA Large Millimetre/submillimetre Array.

El Proyecto “Supernova and Gravitational Lenses Follow up (SGLF)” ha anunciado al Transient Name Server (TNS) de la Unión Astronómica Internacional más de 1.000 posibles supernovas descubiertas en las alertas públicas de Zwicky Transient Facility (ZTF) y muchas de ellas han sido clasificadas con los espectrógrafos SPRAT y OSIRIS de los telescopios Liverpool y GTC.

Nashimoto y colaboradores han presentado un modelo de la emisión térmica del polvo amorfo en el infrarrojo y microondas que es capaz de explicar las propiedades observacionales de la emisión anómala en microondas. Este modelo es capaz de reproducir las propiedades observadas de intensidad y polarización de Perseus MC y W43.

Heintz y colaboradores han presentado una muestra espectroscópica completa de candidatos a cuásares que han sido identificados a partir de la ausencia de movimiento propio aparente. Los objetos fueron seleccionados utilizando el catálogo Gaia-DR2. Encuentran un total de 104 fuentes más brillantes que $G = 20$ mag en una región de 3.14 grados cuadrados de cielo.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Se ha completado un proyecto de observaciones de galaxias Lyman alfa en sistemas de lentes gravitacionales del Proyecto BELLS GALLERY utilizando los telescopios GTC, WHT y otros (Marques-Chaves et al. 2020a). En esta línea de trabajo se ha descubierto un nuevo

tipo de galaxias no activas, en este caso sin magnificación por lentes gravitacionales, con una formación estelar muy alta y luminosidad en el UV extremadamente alta (Marques-Chaves et al. 2020b). En estudios anteriores se interpretaba erróneamente que este tipo de galaxias eran activas.

Se ha continuado el análisis de galaxias Herschel a desplazamiento al rojo alto con datos de los telescopios GTC, WHT, VLT, ALMA, IRAM, HST, Spitzer y otros. Se ha contribuido a varias publicaciones de los proyectos HerMES, Herschel-ATLAS, HELP y z-GAL y a la creación del mayor catálogo de galaxias infrarrojas Herschel en el marco del Proyecto europeo Herschel Extragalactic Legacy Project (HELP).

En 2020 se ha continuado la participación en el desarrollo del instrumento SAFARI del telescopio espacial infrarrojo SPICA de las agencias espaciales europea (ESA) y japonesa (JAXA). SPICA fue seleccionada en 2018 como una de las tres misiones candidatas a ser la quinta misión de tamaño medio, M5, de la ESA. Sorprendentemente, la ESA y JAXA cancelaron la misión SPICA en 2020 sin permitir que compitiera con las otras dos misiones en la selección final de la misión M5.

Se ha continuado el proyecto de búsqueda de supernovas en galaxias distantes amplificadas por lentes gravitacionales de los proyectos SGLF y LensWatch con los telescopios Liverpool y GTC, el descubrimiento de supernovas utilizando las alertas públicas del Proyecto Zwicky Transient Facility (ZTF) y el seguimiento espectroscópico con los telescopios Liverpool y GTC para la clasificación y determinación del desplazamiento al rojo. Se ha contribuido a la

selección de supernovas para ser observadas en el IR cercano con el instrumento WFC3 del HST en el Proyecto "Supernova in the IR avec Hubble (SIRAH)". Estos trabajos han dado lugar a más de 1.200 informes de descubrimiento de posibles supernovas del Proyecto SGLF (liderado por el IAC) enviados al Transient Name Server (TNS) de la Unión Astronómica Internacional (IAU) así como a la clasificación espectroscópica de más de 80 supernovas SGLF y SIRAH, incluyendo varias supernovas superluminosas.

Para los estudios sobre supernovas de ZTF y como preparación para estudios futuros con el Observatorio Vera Rubin (LSST) se han desarrollado herramientas de análisis que combinan los datos de las alertas públicas de ZTF procesadas por los "brokers" Lasair, ALERCE, Fink, ANTARES y MARS con los principales catálogos de galaxias de los cartografiados de gran área (SDSS, PS1, DESI Legacy Imaging surveys, etc.). Estas herramientas incluyen una base de datos local de alertas de ZTF que combina la información proporcionada por los "brokers" Lasair y ALERCE y añade otros atributos de las alertas y de sus posibles contrapartidas. Esta base de datos es actualizada diariamente.

Se han finalizado varios estudios de polvo amorfo cósmico así como la preparación de estudios de magnetismo con el SKA.

También se está trabajando en proyectos sobre asteroides, sobre las enigmáticas fuentes cósmicas que desaparecen y posteriormente vuelven a brillar y sobre cuásares seleccionados a partir de observaciones de Gaia.

GRUPO DE ESTUDIOS DE FORMACIÓN ESTELAR GEFE (P/309201)

Casiana Muñoz-Tuñón.

Nicola Caon, Nieves D. Castro Rodríguez, Cecilia Fariña, Joao J. Feio Calhau, José A. López Aguerri, Jairo Méndez Abreu, Joseph H. Putko, Daniel Reverte Paya, José M. Rodríguez Espinosa, Jorge F. Sánchez Almeida y Antonia Varela Pérez.

Colaboradores del IAC: Claudio Dalla Vecchia, Helmut Dannerbauer, Laura Scholz Díaz e I. Trujillo Cabrera.

P. Arrabal Haro (NoriLab, Arizona, EEUU); A. Lumbreras Calle (CEFCA); L. Sánchez Menguiano (ESO); R. Hinojosa (Obs. Cerro Tololo, Chile); I. Cruz-González (UNAM, México); A. del Olmo García (UCM); O. González Martín (IRYA, Morela, México); D. Sobral (Univ. de Lancaster, Reino Unido); M. Mass Hesse (C. de Astrobiología, INTA-CSIC, Madrid); G. Tenorio Tagle, S. Silich, (INAOE, México); D. Elmegreen (Vassar College, Nueva York, EEUU); R. Sánchez Jansen, M. García del Valle (Royal Obs. Edinburgo, Reino Unido); A. Monreal Ibero (Obs. Leiden, Países Bajos); ESTALLIDOS (<http://www.iac.es/project/GEFE/estallidos/>).

INTRODUCCIÓN

El Proyecto interno GEFE es parte del proyecto coordinado ESTALLIDOS, financiado por el Plan Nacional desde el año 2001. El último proyecto aprobado es ESTALLIDOS7. En el Proyecto GEFE trabajamos en base al caso científico de ESTALLIDOS7.

La formación de estrellas (SF) marca las edades de las galaxias y, de hecho, define los diversos tipos de galaxias. Durante las últimas dos décadas, nuestro grupo ha hecho contribuciones significativas a nuestra comprensión de los starbursts y su impacto en las galaxias anfitrionas. En el pasado, hemos adquirido experiencia sobre los procesos de SF masivos y sus consecuencias en el Universo local, al estudiar con gran detalle los procesos de en objetos locales (tiempo presente) a partir de datos obtenidos con buena resolución espacial y espectral. En la última década, las observaciones con corrimientos al rojo intermedios y altos se han incrementado extraordinariamente y desde el proyecto anterior ESTALLIDOS6 aplicamos nuestros conocimientos y técnicas también a objetos/galaxias distantes. La mejora en la cantidad de estos datos es grande, disminuyendo extraordinariamente los errores estadísticos. Sin embargo, si las recetas utiliza-

das para interpretar estos datos son simplistas o no totalmente adecuadas, los errores sistemáticos pueden ser aún muy altos, lo que podría conducir a escenarios evolutivos erróneos. En la presente propuesta damos un paso más, aplicando nuestras técnicas y conocimientos obtenidos del estudio de starbursts locales, a los excelentes cartografiados que también ya están dando datos de buena calidad, en otras épocas de su evolución.

En el IAC lideramos el objetivo titulado: "Formación Estelar a lo largo de la historia del Universo". Nuestro trabajo se estructura en los siguientes objetivos específicos que son los que se abordarán en los próximos tres años:

- Estudio de la formación de estrellas que se alimentan de gas a diferentes z .
- Comprensión de la formación de estrellas en z diferentes, a partir de información fotométrica de múltiples longitudes de onda.
- Cuantificación de la retroalimentación de la SF.
- Starburst en la época de la reionización.

HITOS

Mostramos las diferencias y similitudes entre las poblaciones estelares de LAEs y LGBs a desplazamientos al rojo entre 3.4 y 6.8.

Probamos que una superburbuja a z 6.5 es ionizada por un proto-cúmulo.

Probamos que en las galaxias observadas, cuanto más vieja es la población estelar mayor es la metalicidad de su gas circundante.

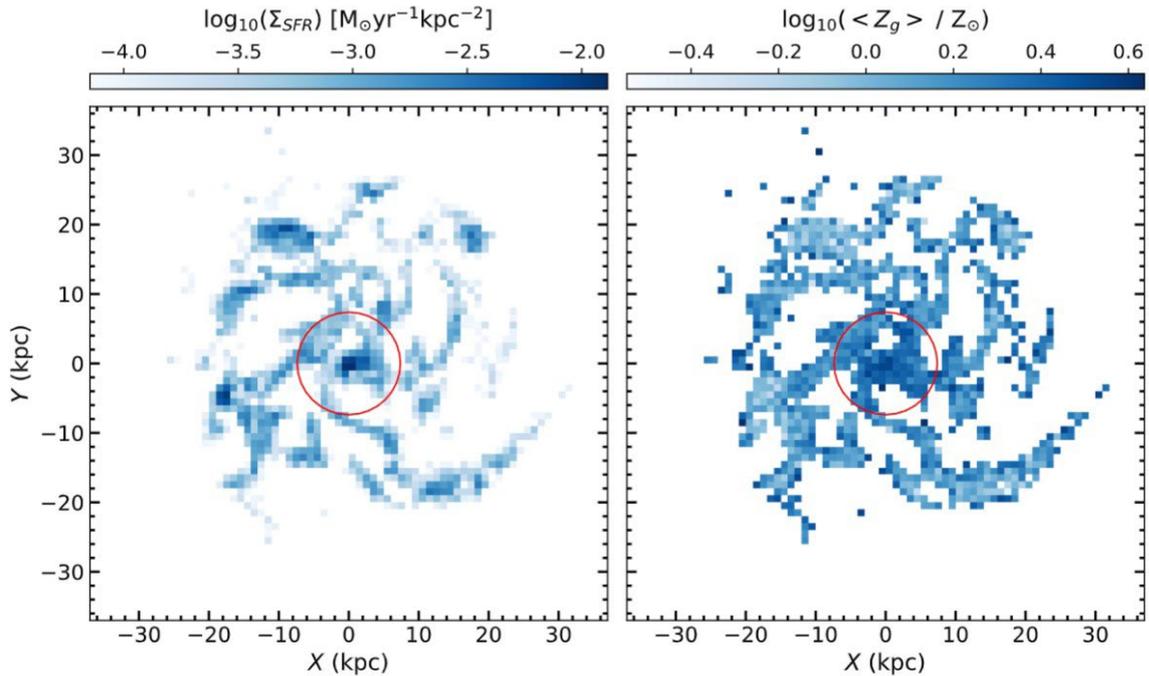
Probamos que el principio de máxima entropía explica que la materia oscura en el centro de las galaxias enanas tenga un "core" en vez de un "cusp".

DESARROLLO Y RESULTADOS

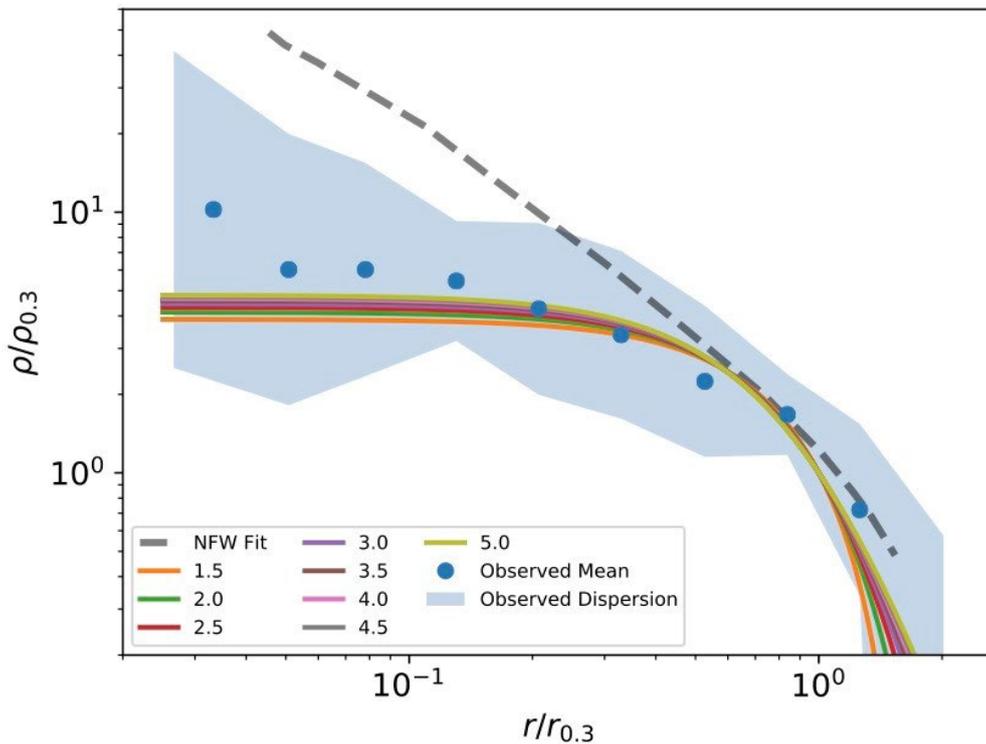
Estudio de la formación de estrellas que se alimentan de gas a diferentes z

En el master de L. Scholz caracteriza el origen del gas que alimenta la formación estelar en galaxias simuladas. Usamos una simulación cosmológica de última generación (EAGLE) que entre otras cosas muestra inhomogeneidades en la metalicidad que forma el gas como las que se observan (Sánchez Menguiano+19, ApJ) y que llevan la firma de su origen cosmológico.

Dentro de una misma galaxia, las estrellas son más viejas cuando el gas circundante es más metálico. Comportamiento observado en 800 galaxias de MANGA (Sánchez Menguiano+20, ApJ).



Mapas de tasa de formación estelar y metalicidad en una galaxia simulada en EAGLE. Están anti-correladas (Scholz+21).



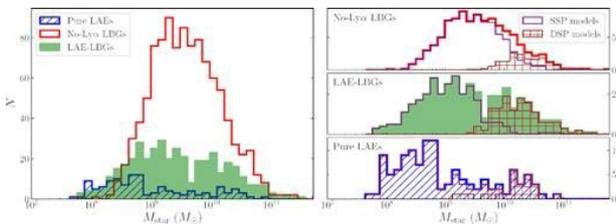
Perfil de densidad radial observado en galaxias enanas (Ho+15, ApJ; puntos y regiones azules) y correspondiente al equilibrio termodinámico (líneas de colores); Sánchez Almeida+20, A&A.

Un resultado de lo anterior es el estudio de origen físico de las formas de las galaxias. El plateau (core) en el centro de la distribución de

materia oscura las galaxias enanas es característico de un sistema autogravitante en equilibrio termodinámico.

Comprensión de la formación de estrellas en z diferentes, a partir de información fotométrica de múltiples longitudes de onda

El uso de surveys para identificar galaxias con líneas de emisión comenzó con COSMOS y la espectroscopia de SUBARU- de ahí establecimos algoritmos para identificar objetos con formación estelar activa. Posteriormente hemos usado el survey de SHARDS que es muy profundo y tiene filtros estrechos. Estos datos han demostrado ser excelentes para dos objetivos fundamentales. Por un lado identificar y caracterizar las galaxias con formación estelar hasta z 1 y también para identificar de un modo consistente las galaxias con emisión en la línea de Lyman alfa y también las que se denominan Lyman break. Así tenemos una muestra de galaxias formando estrellas desde z 3 hasta z 6.



Diferencia de la masa estelar de la galaxía Lyman alfa y las que muestran el salto de Lyman. Los modelos muestran la necesidad de una población doble para entender la segunda muestra. Las primeras- las emisoras en la línea de Lyman se puede modelar con una SSP. (Arrabal-Haro et al+20).

Las dos aproximaciones nos han llevado a dos tesis doctorales, las de A. Lumbreras y P. Arrabal. Debemos enfatizar que ambos tienen contratos postdoctorales- en CEFCA (Teruel) y en Arizona (EEUU).

Las herramientas que hemos desarrollado serán aplicadas con nuestros estudiantes, ahora de colaboradores, a otros surveys.

De modo urgente necesitamos buscar y caracterizar una nueva muestra para el caso de verificación científica de WEAVE. Exploraremos UDS y Alhambra.

También está pendiente la publicación de los resultados de aplicar algoritmos de inteligencia artificial a las sed de las galaxias a alto z que hemos identificado en shards. Es un trabajo avanzado. Los algoritmos identifican bien las clases que ya intuimos y publicamos en Arrabal- Haro et al. Este trabajo permitirá aplicar los esquemas a muestras más amplias una vez "entrenados" y probados con nuestra muestra de control.

Cuantificación de la retroalimentación de la SF

El feedback de la formación masiva de estrella es un parámetro clave en los modelos y tenemos herramientas para cuantificarlo a partir de nuestros trabajos teóricos. En particular se basan en el análisis de la forma de las líneas de recombinación. La presencia de componentes claramente desdobladas son indicadores de la existencia de burbujas en expansión que - dependiendo de la velocidad y tamaño - pueden eventualmente experimentar un blow out y salir de las galaxias. Este es el caso de los vientos y supervientos galácticos- lo que tradicionalmente se denomina feedback- que nosotros denominamos feedback negativo de la formación estelar. Es decir la formación masiva de estrellas acaba expulsando el gas de la galaxia y dejando estéril la galaxia para experimentar más brotes por un tiempo prolongado.

Nuestros modelos predicen sin embargo que hay casos en que la formación estelar puede dar lugar a un feedback positivo. En determinadas condiciones, los vientos de estrellas individuales se termalizan, enfrían y quedan en el volumen del starburst para formar más estrellas. Este es el esquema básico de la propuesta de tiempo de verificación científica de WEAVE que tenemos concedido.

Tenemos no obstante el problema de la muestra a observar. En la propuesta inicial nuestra muestra era de COSMOS, galaxias con formación estelar de las que ya tenemos parametrizada tanto la galaxia como los brotes, la verificación científica se retrasó a mayo y hemos buscado nuevos objetos de otra muestra que también tenemos caracterizada del survey de Shards. Un problema reciente en el instrumento nos lleva a que la verificación científica se retrasase al verano. Esto supuso un problema y ahora nuestro objetivo es identificar candidatos de surveys alternativos en los que, además de hacer la espectroscopia de WEAVE tendremos que hacer el estudio de la galaxia y los brotes (siguiendo el esquema ya implementado de análisis de las SED de surveys espectrofotométricos).

Starburst en la época de la reionización

En Rodríguez-Espinosa et al (2020), se demuestra que un protocúmulo de galaxias emisoras de Ly α , ya confirmado espectroscópicamente con un corrimiento al rojo de 6.5, produce un número notable de fotones continuos ionizantes. Partimos de los flujos Ly α medidos en los espectros de las fuentes detectadas. A partir de estos flujos, obtenemos la emisividad ionizante de los fotones continuos del proto-

cúmulo, que comparamos con la emisividad ionizante requerida para reionizar su volumen. Encontramos que las fuentes en el protoglúmulo son capaces de ionizar una gran burbuja, de hecho más grande que el volumen ocupado por el protocúmulo mismo.

EVOLUCIÓN DE GALAXIAS EN CÚMULOS (P/300424)

José A. López Aguerra.

Walter Boschin, Claudio Dalla Vecchia, Lilian F. Domínguez Palmero, Jairo Méndez Abreu, C. Muñoz-Tuñón y Jorge Romero Gómez.

E.M. Corsini (Univ. de Padua, Italia); L. Monelli (Inst. de Astronomía y Ciencia Planetaria, Chile); L. Constantin (INAF - Obs. de Breda, Italia); J.M. Vilchez, J. Iglesias (IAA); C. del Burgo (INAOE, México); E. Jiménez Bailon, S. Sánchez (UNAM, México); M. Girardi, S. Borgani (Univ. de Trieste, Italia); A. Biviano (Obs. Astronómico de Trieste, Italia); V. Debattista (Univ. de Lancashire, Reino Unido); E. D'Onghia (Univ. Wisconsin-Madison, EEUU); M. de Santos Lleo (ESA); M. Arnaboldi (ESO, Alemania); O. Gerhard (MPIA, Alemania); R. Sánchez Janssen (ATC, Reino Unido); A. Diaferio (ESO, Alemania); O. Gerhard (MPIA, Alemania); R. Sánchez Janssen (ATC, Reino Unido); A. Diaferio (Univ. de Turín, Italia); V. Wild, A.M. Weijmans (Univ. St. Andrews, Escocia); S. Zarattini (Obs. de Trieste, Italia); A. Aragon-Salamanca (Univ. de Nottingham, Reino Unido); R. Peletier, S. Trager (Kapteyn Inst., Países Bajos); G. Dalton (Univ. de Oxford, Reino Unido).

INTRODUCCIÓN

Las estructuras en el Universo, a todas las escalas de masa, se han formado de una forma jerárquica y principalmente producidas por fusiones de galaxias. Sin embargo, esta formación jerárquica de las galaxias puede ser modulada por el entorno en el cual se crean y evolucionan. Mientras que las galaxias de campo presentan una evolución pasiva, los cúmulos de galaxias son entornos de muy alta densidad donde las galaxias interactúan unas con otras y con el gas intracumular caliente (ICM). Además, la dinámica de los cúmulos está dominada por la alta densidad y cantidad de materia oscura presente en los mismos y que provoca elevados potenciales gravitatorios. Por todo ello, los cúmulos de galaxias son sistemas complejos con múltiples componentes (galaxias, ICM, materia oscura) que evolucionan de manera acoplada. La mezcla de todas estas componentes, así como sus interacciones, hacen de los cúmulos de galaxias laboratorios ideales donde estudiar una gran variedad de fenómenos que provocan que la evolución de galaxias en estos entornos de alta densidad sea muy diferente a la de las galaxias de campo.

El objetivo de este Proyecto es estudiar la formación y evolución de las galaxias en estos entornos densos. Se pretende entender en qué entorno domina cada uno de los mecanismos de transformación de galaxias propuestos por las simulaciones numéricas y como se produce la evolución de los diferentes tipos de galaxias (tanto brillantes como enanas) en los cúmulos. Cuantificar observacionalmente la eficiencia de estos mecanismos no es un tarea sencilla ya que muchos de ellos actúan a la vez, lo hacen en escalas de tiempo muy diferentes, y en regiones del cúmulo también diversas. Sin embargo, hay una serie de evidencias observacionales que pueden ser directamente contrastadas: i) distribución morfológica y estructural de las galaxias de los cúmulos; ii) función de luminosidad de galaxias en cúmulos; iii) luz difusa (cantidad y distribución); iv) presencia de subestructuras galácticas dentro de los cúmulos; v) propiedades espectro-fotométricas de las galaxias enanas y brillantes; vi) propiedades del ICM. Todos estos observables nos proporcionan la información necesaria para entender la relación entre entorno y evolución galáctica. Estas son las cantidades que queremos medir en este Proyecto para muestras amplias de cúmulos de galaxias.

HITOS

Aproximadamente el 20% de las estrellas en la vecindad solar están en la corriente de Hércules, un conjunto de estrellas que se mueven juntas con una velocidad distinta a la del Sol. Usando GALAKOS, una simulación de N cuerpos de alta resolución del disco galáctico, obtuvimos que la corriente de Hércules está hecha de estrellas en órbitas troyanas capturadas en L4.

El proyecto BEARD ha vuelto a conseguir un ITP con lo que podrá completar los objetivos observacionales propuestos.

Los bulbos menos masivos en galaxias espirales también se han creado en el Universo primitivo, y no en procesos seculares como anteriormente propuesto.

Durante 2020 se han completado los paquetes instrumentales de WEAVE de los cuales el IAC era responsable. Así, en enero de 2020 se produjo la aceptación final del rotador de campo para el instrumento WEAVE. En junio de 2020 llegó al telescopio William Herschel el nuevo corrector focal que será usado por nuevos instrumentos como WEAVE.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Este proyecto se ha convertido en los últimos años en un proyecto interdisciplinar que combina observaciones, simulaciones y desarrollo instrumental con el fin de estudiar la formación y evolución de las galaxias en entornos de alta densidad de galaxias.

Los diferentes objetivos que se propusieron para 2020 han dado los siguientes resultados:

Evolución de galaxias en cúmulos

El espectrógrafo WEAVE es un instrumento de nueva generación que está siendo construido para el Telescopio WHT. El instrumento está siendo desarrollado por un consorcio internacional en el cual el IAC tiene una importante involucración. En particular J. Alfonso L. Aguerri es Co-IP del Proyecto WEAVE. Este instrumento nos proporcionará, entre otras cosas, una visión única sobre las propiedades espectroscópicas de las galaxias en cúmulos.

Los miembros del equipo científico del presente Proyecto están involucrados en el Proyecto WEAVE tanto a nivel instrumental como a nivel científico. Varios paquetes instrumentales de WEAVE son responsabilidad del IAC, los cuales han sido completados durante 2020. Uno de los paquetes que se están desarrollando por parte del IAC para el instrumento WEAVE es el paquete de software denominado "Advance Processing System" (APS). Este paquete está siendo desarrollado por C. Allende y A. Molaeinezhad. Durante 2020 se ha completado este paquete de análisis de datos y se han realizado pruebas generales de todos los sistemas dentro del Proyecto (incluyendo APS).

Los resultados han sido muy satisfactorios y han dado lugar a una serie de sugerencias que serán incluidas antes de la Primera Luz del instrumento. Además, durante el año se han completado los paquetes instrumentales que el IAC estaba desarrollando para WEAVE. En particular, se ha entregado al grupo ING el corrector focal nuevo del cual WEAVE hará uso. Este nuevo corrector focal amplía las capacidades de observación que tendrá el telescopio WHT y que podrá ser utilizado por nuevos instrumentos como WEAVE.

Desde el punto de vista científico investigadores de este Proyecto están liderando el cartografiado sobre cúmulos de galaxias que observará el espectrógrafo WEAVE. Durante 2020 se ha estado trabajando en el caso científico para las etapas de Science Verification y el inicio de los cartografiados.

También en 2020 se han estudiado las propiedades de galaxias de bajo brillo superficial en cúmulos de galaxias cercanos. En particular, se han analizado los datos espectroscópicos obtenidos con el instrumento OSIRIS@GTC para una muestra de galaxias de bajo brillo superficial situadas en el cúmulo A2142.

Dinámica de galaxias barradas

La espectroscopía de campo de integral (IFS de sus siglas en inglés) ha permitido mejorar considerablemente nuestro conocimiento sobre la dinámica estelar en galaxias y, en particular, en galaxias barradas. Durante 2020, se ha continuado el trabajo iniciado años atrás para adaptar nuestro conocimiento y herramientas previas en este campo a nuevos datos de espectroscopía de campo integral. Este año se ha publicado un artículo (liderado por V. Cuomo y J.A.López Aguerri) donde se han mostrado las relaciones entre las propiedades fotométricas de las barras y su dinámica reflejada en su patrón de velocidades. Este trabajo ha usado un gran número de galaxias (unas 100) para las cuales se tenían medidas de sus patrones de velocidades usando, tanto espectroscopía de rendija larga como de campo integral.

BEARD: Un ITP para desvelar el origen de las galaxias tipo Vía Láctea

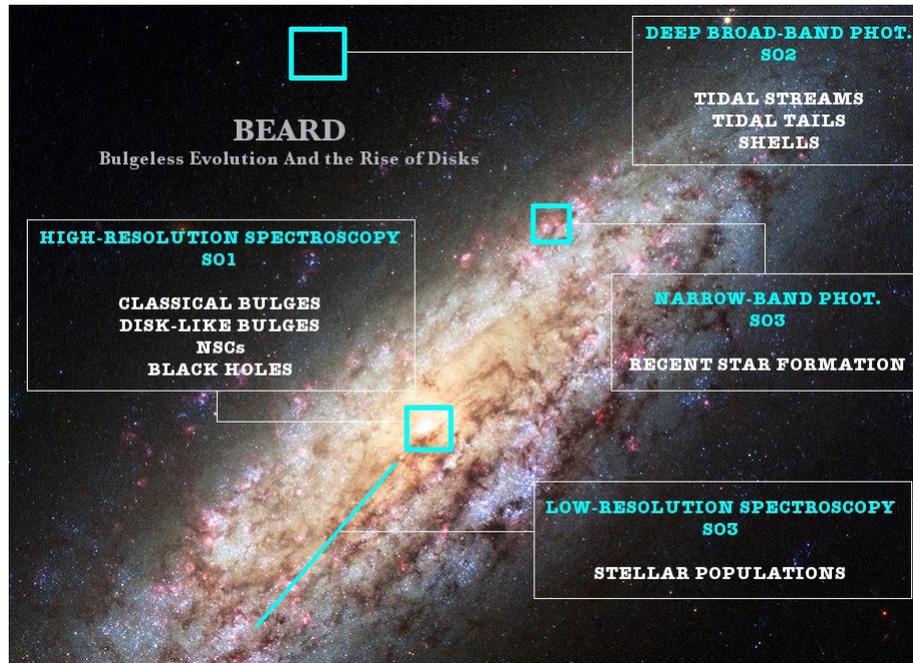
La teoría más aceptada actualmente para la formación de galaxias se basa en el paradigma de la materia oscura fría (CDM por sus siglas en inglés). Este paradigma predice que las galaxias crecen debido a las fusiones de unidades más pequeñas (agrupamiento jerárquico). En particular, actualmente se estima casi todas las galaxias con masas y formas comparables a nuestra Vía Láctea han sufrido al menos una fusión con otra galaxia de su mismo tamaño. Sin embargo, las observaciones demuestran que la Vía Láctea está compuesta principalmente por una estructura aplanada tipo disco. ¿Por qué la enorme energía involucrada en los violentos procesos de fusión no ha destruido el frágil disco estelar de la Vía Láctea, convirtiéndolo en una galaxia elíptica o con una estructura central de bulbo prominente, tal y como también predicen los modelos?

El Proyecto BEARD (Bulgeless Evolution And the Rise of Disks) representa un esfuerzo de 20 investigadores repartidos en 9 instituciones de 6 países diferentes con el objetivo de proporcionar restricciones observacionales irrefutables que prueben el éxito o el fracaso de la teoría jerárquica de la CDM en galaxias como la Vía Láctea. Con este objetivo, BEARD plantea un enfoque multidisciplinar (Ver Figura) en

el que usaremos diferentes trazadores observacionales para revelar la formación y evolución de dichas galaxias. BEARD ha sido seleccionado por el Comité Científico Internacional del Observatorio Astronómico del Roque de los Muchachos en las convocatorias de 2019 y 2020 como Programa de Tiempo Internacional (ID: ITP 2019-02; ITP 2020-06, PI: Jairo Méndez-Abreu)

de Abreu) y ha recibido más de 61 noches de observación en los telescopios GTC, WHT, TNG, INT y Liverpool.

Durante 2020 se ha proseguido con las observaciones y reducción de datos de los diferentes instrumentos, obteniendo los primeros resultados que se publicarán a lo largo de 2021.



Esquema del Proyecto BEARD.

CENTROS DE GALAXIAS A ESCALAS DE PARSECS Y TÉCNICAS DE ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL (P/300621)

María A. Prieto Escudero.

Tobías K.R. Fritz.

Colaboradores del IAC: Marta C. Aguiar González, Michael S. Baeslay, José J. Díaz García, Jakub Nadolny, Jesús Patrón Recio, Víctor J. Sánchez Bejar y Alina Streblyanska.

X. López-López (Univ. La Laguna); A. Giménez (IAC-Univ. de Torino, Italia); CAST Group, GRAVITY Group, MPE-IR Group, B. Villaroel (IAC-Univ. Uppsala, Suecia); J.A. Fernández-Ontiveros (IESP, Roma, Italia); A. Fresco (MPE, Garching, Alemania); G. Bruzual (UNAM, Morelia, México); G. Maris (CIDA, Mérida, Venezuela); A. Rodríguez-Ardila (LNA, Brasil); D. May (UPS, Brasil); K. Tristram (ESO, Chile); A. Burkert, K. Dolag, C. Alig (LMU, Munich, Alemania); M. Schartmann, S. Sturm (MPE, Garching, Alemania). J. Dester (MPE, Garching, Alemania – Univ. Colorado, EEUU) F. Massaro (Univ. de Torino, Italia).

INTRODUCCIÓN

Proyecto enfocado al estudio en el IR del núcleo de las galaxias más cercanas con resoluciones espaciales en el rango de 1 a 10 pc. Estas resoluciones espaciales, accesibles con los grandes telescopios de tierra usando técnicas frontera de observación, son por primera vez comparables, a las que se obtienen rutinariamente con HST en el óptico y VLBI en radio.

Los objetivos de este Proyecto son:

Desarrollar un grupo leader en el IAC especializado en técnicas de alta resolución espacial en el IR, específicamente en Óptica Adaptativa, laser-guide Star, Speckle and Optical Interferometry. Para ello, este equipo está involucrado en el desarrollo del primer instrumento de Óptica Adaptativa para el telescopio GTC, FRIDA <http://www.iac.es/proyecto/frida/>, en la definición de programas estratégicos de observación con láser en el telescopio GTC con GTC AO y en la definición y desarrollo de instrumentación de Óptica Adaptativa futura para el telescopio VLT, ERIS <http://www.eso.org/~mschoell/ERIS/>.

Utilizar estas técnicas para el estudio de centros de galaxias, y sus manifestaciones energéticas, con resoluciones espaciales por debajo de 100mas. Para ello, el equipo desarrolla los siguientes proyectos:

- Proyecto PARSEC: "The central PARSEC of galaxies" <http://www.iac.es/project/parsec/main/index.php>. Estudio del centro de galaxias más cercanas y brillantes utilizando datos de resolución espacial comparable: radio con VLA, IR con Óptica Adaptativa e interferometría óptica, y óptico con HST.
- Proyecto PAIS: Particle Accelerators In Space <http://www.iac.es/proyecto/jets-and-hotspots-in-radiogalaxies/main/index.php>. Estudio de jets y hot-spots en galaxias. El programa explora los procesos físicos que dan lugar a emisión óptica en jets y hot-spots, usando datos con alta resolución espacial procedentes de los telescopios VLA, HST y VLT.

HITOS

Comunicado de prensa del MPI, Garching (Alemania), del trabajo realizado por A. Fresco: <http://www.mpe.mpg.de/7470425/news20200702?c=260780>.

Nota de prensa del IAC del trabajo de A. Fresco: <https://www.iac.es/es/divulgacion/noticias/revelada-la-estructura-del-famoso-chorro-de-materia-de-m87-la-galaxia-mas-brillante-del-cumulo-de-virgo>

<http://www.mpe.mpg.de/7470425/news20200702?c=260780>.

DESARROLLO Y RESULTADOS

El grupo PARSEC@IAC es responsable de los proyectos PARSEC: "The central parsec of galaxies" e Instrumental FRIDA "First Adaptive Optics near-IR Imaging and Integral Field Spectrograph for GTC".

Resultados del Proyecto PARSEC ciencia:

- 10 artículos con referee en revistas internacionales.
- Dos Invitaciones a seminarios a A. Prieto: IAA, en septiembre y Ludwig Maximilian Univ., en mayo.
- Una estancia invitada (4 meses) a A. Prieto, en el Obs. de Munich y MPI, Garching (Alemania).
- Una tesis en curso, estudiante de PARSEC, A. Jiménez en Univ. de Turín (Italia), becada bajo Acuerdo Internacional IAC Italia. Advisers F. Massaro y A. Prieto.
- Aprobada una solicitud de beca para A. Jiménez de una estancia un año en ESO (Chile).
- Tres masters presentados: 1 en ULL adviser A. Prieto y dos en la Univ. de Munich, advisers C. Alig y A. Prieto (sect. Master y Tesis).

- Una nota de prensa sobre el master realizado por A. Fresco.
- Dos trabajos de grado terminados: A. Pérez (julio, ULL) y A. Rodríguez Perdomo (julio, ULL). Adviser A. Prieto.
- Un trabajo de grado en curso, A. Carvajal Martínez (noviembre, ULL). Advisers B. Villaroil y A. Prieto.
- A. Prieto es miembro de GRAVITY Collaboration group liderado por el Max -Planck Inst. Infrared and millimetre group (R. Genzel).
- A. Prieto es co-autor en GRAVITY first science verification results publicados en ESO Messenger special edition, no. 178 GRAVITY Science section <https://www.eso.org/sci/publications/messenger/toc.html?v=178&m=Dec&y=19>
- A. Prieto continúa con la dirección y seguimiento del equipo de ingeniería de FRIDA en el IAC. Esto incluye el seguimiento del desarrollo del software de alto nivel, y sistema de control del detector de FRIDA, y la planificación del tiempo de ciencia garantizado de FRIDA.
- Aprobada la petición de subvención al Gobierno de Canarias de 0.5 ME para la compra del detector H2RC para FRIDA. A. Prieto y J. Patrón redactaron la petición, que fue enviada en octubre de 2019 y aprobada en el mes de enero 2020.

HUELLAS DE LA FORMACIÓN DE LAS GALAXIAS: POBLACIONES ESTELARES, DINÁMICA Y MORFOLOGÍA (P/300624)

Michael A. Beasley.

Marc Balcells Comas, Adriana Di Cintio, Lillian F. Domínguez Palmaro, Elham Eftekhariardakani, Jesús Falcón Barroso, Anna Ferré Mateu, Ignacio .A. Ferreras Páez, Marc Huertas-Portocarrero Company, Raúl Infante Sainz, Adriana D. Lorenzo-Cáceres Rodríguez, Ignacio Martín Navarro, Pablo Rodríguez Beltrán, Nuria Salvador Rusiñol, Laura Scholz Díaz, Ignacio Trujillo Cabrera, Alexander Vazdekis Vazdekis y Daniel Walo Martín.

Colaboradores del IAC: Mohammad Akhlaghi, Andrés Asensio Ramos, Roberto Baena Gallé, Giuseppina Battaglia, C.hristopher Brook, Roshan Nushkia Chamba, Claudio Dalla Vecchia, Johan H. Knapen Koelstra, C.cristina Martínez Lombilla, Jairo Méndez Abreu, Matteo Monelli, Cristina D. Ramos Almeida y Jorge F. Sánchez Almeida.

M. Montes (Univ. New South Wales, Australia); J. Anghthopo (Univ. College Londres, Reino Unido); D. Vallis Gabaud (LERMA-CNR, París, Francia); E.R. Carrasco (Gemini Obs./AURA, La Serena, Chile); R. Leaman (MPIA, Alemania); F. Buitrago Alonso (Inst. de Astrofísica, Lisboa, Portugal); A. Chies Santos (UFGRS. Porto Alegre, Brasil); F. La Barbera (Obs. de Capodimonte, Italia).

INTRODUCCIÓN

Entender la formación y evolución de las galaxias es, sin duda alguna, uno de los grandes retos de la Astronomía actual. La acumulación observacional de datos de gran calidad en los últimos años permite explorar con gran detalle las propiedades de las galaxias cercanas y con creciente precisión la naturaleza de estos objetos a $z \sim 1$. Sin embargo, a día de hoy no existe un consenso de cómo se produce la evolución desde la población de objetos lejanos hasta las galaxias actuales. La razón principal para este disenso es la intrínseca complejidad del fenómeno de la formación de las galaxias. De hecho, dentro del paradigma actual, la formación y evolución de las galaxias se entiende como resultado de una combinación compleja de agrupamientos jerárquicos, disipación de gas, fusiones y evolución secular. Mientras que la gravedad guía el ensamblaje de las estructuras cósmicas, el gas se enfría en el centro de

los halos de materia oscura y forma un disco, que adquiere momento angular a través de los torques de marea producidos por las estructuras cercanas. El gas finalmente se enfría y forma estrellas. Una vez se han formado estas galaxias primigenias, se espera que las fusiones entre ellas den lugar a la población de objetos tanto espirales como elípticos que observamos en la actualidad. En función de qué tipo de componente sea dominante (gas o disipativa frente a estrellas o no disipativa) durante la fusión de las galaxias, el resultado de los mecanismos de fusión puede ser muy distinta.

Una historia de formación compleja, como la que se espera describa la evolución de las galaxias, necesita de un acercamiento multidisciplinar para ser entendida. Este análisis debe englobar las poblaciones estelares, la dinámica de los diferentes constituyentes de las galaxias y un estudio morfológico cuantitativo de su estructura. Para ello nuestro grupo consta de personal con experiencia en simulaciones cosmológicas, estudios dinámicos, análisis de las poblaciones estelares y propiedades de las galaxias con desplazamiento al rojo hasta $z \sim 3$. Nuestra meta es alcanzar en los próximos años una visión consistente de la evolución de las galaxias en la última mitad de la edad del Universo.

Dentro de este esquema, las tres líneas maestras llevadas a cabo en nuestro grupo son:

Modelos de síntesis de poblaciones estelares

- Desarrollo de modelos de poblaciones estelares
- Métodos de análisis para el estudio de poblaciones estelares
- Universalidad de la IMF

Evolución cósmica de galaxias

- Poblaciones estelares en cúmulos de galaxias
- Evolución de galaxias masivas
- Ciencia a bajo brillo superficial
- Simulaciones numéricas y aprendizaje automático

Procesos evolutivos en galaxias cercanas

- Cartografiados locales
- Cinemática estelar
- Agujeros negros como moduladores de la formación estelar

HITOS

Se ha obtenido la primera prueba observacional del mecanismo que elimina la materia oscura de las galaxias.

Se ha logrado dar los pasos necesarios para comenzar las observaciones del cartografiado WEAVE-Apertif.

Se han descubierto una relación intrínseca entre las variaciones de la IMF y la densidad local de estrellas.

Se han obtenido indicios de la presencia de una población residual de estrellas jóvenes en galaxias masivas.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Tal y como se describe en la introducción, la actividad científica de TRACES es particularmente polifacética. Respecto a las líneas generales descritas anteriormente, los principales avances llevados a cabo durante el año podrían esquematizarse de la siguiente manera:

Modelos de síntesis de poblaciones estelares

- Desarrollo de modelos de poblaciones estelares

Se han calculado por primera vez espectros de fluctuaciones superficiales de brillo (SBF, por sus siglas en inglés) a resolución espectral media, basados enteramente en una librería estelar empírica. Se ha demostrado que los espectros SBF poseen un gran potencial para el estudio de las poblaciones estelares que, hasta ahora, había solo sido explorado usando flujos promedios. Se han definido a su vez un nuevo conjunto de índices espectrales en el infrarrojo cercano. Estos índices han sido definidos de tal manera que su sensibilidad a los parámetros principales de las poblaciones estelares (entiéndase edad, metalicidad e IMF) es máxima. Se ha caracterizado también el comportamiento de los índices con la dispersión de velocidades, la señal a ruido, y las variaciones en las abundancias relativas de distintos elementos químicos. El correspondiente artículo ha sido enviado a la revista.

- Métodos de análisis para el estudio de poblaciones estelares

Se ha investigado el potencial de las Fluctuaciones de Brillo Superficial (Surface Brightness Fluctuations-SBF) para acotar parámetros relevantes de las poblaciones estelares compuestas. Se ha desarrollado una metodología para acotar poblaciones estelares compuestas usando las librerías de poblaciones estelares

de los modelos E-MILES. Se ha realizado un análisis inicial de la presencia de componentes de baja metalicidad en galaxias elípticas cercanas combinando el análisis de sus propiedades medias y sus SBF.

- Universalidad de la IMF

Se han caracterizado las variaciones en la IMF en una muestra de 24 galaxias en el cúmulo de Fornax, siendo la primera vez que se consigue sistematizar el estudio de la IMF con alta resolución espacial. Como consecuencia de este estudio se han encontrado fuertes correlaciones entre la IMF y tanto la metalicidad como la densidad estelar local. Se ha avanzado a su vez en el desarrollo de las herramientas necesarias para aplicar los estudios de la IMF a poblaciones estelares compuestas.

Evolución cósmica de galaxias

- Poblaciones estelares en cúmulos de galaxias

Se ha realizado un análisis detallado de poblaciones estelares en una muestra estadísticamente grande de galaxias centrales pertenecientes a cúmulos de galaxias, empleando datos espectroscópicos públicos de SDSS. Además, con el objetivo de estudiar estas galaxias en un contexto cosmológico, se ha investigado la relación entre sus poblaciones estelares y sus correspondientes halos de materia oscura (Scholz et al.). Se ha caracterizado las poblaciones estelares en una muestra completa de galaxias dentro del proyecto Fornax3D (Martín-Navarro et al.).

- Evolución de galaxias masivas

Se ha publicado el segundo artículo de la tesis sobre los gradientes de las poblaciones jóvenes en las galaxias más brillantes de los cúmulos de galaxias. Se han reducido los espectros tomados en el telescopio INT de galaxias masivas y reliquias. Se ha aprendido a usar las técnicas de full-spectrum-fitting para obtener las poblaciones estelares y las historias de formación estelar. Se ha empezado a escribir una tesis doctoral dando cuenta de estos avances. Se ha completado el análisis de las observaciones de galaxias masivas distantes con GTC/EMIR, y diseñado una estrategia para continuación del proyecto una vez se complete la provisión de un nuevo detector para el instrumento.

- Ciencia a bajo brillo superficial

Por un lado se ha avanzado en las técnicas necesarias para llevar a cabo esta investigación con la construcción de PSFs extendidas (Infan-

te-Sainz et al. 2020) y el estudio de los cirros Galácticos (Román et al. 2020). Se ha definido también un nuevo indicador de tamaño de las galaxias basado en parámetros físicos como el umbral de la formación estelar (Trujillo et al. 2020), aplicándolo al análisis de las galaxias de bajo brillo superficial (Chamba et al. 2020). Se han explicado a su vez dos anomalías en galaxias de bajo brillo: el exceso de cúmulos globulares (Saifollahi et al. 2020) y la ausencia de materia oscura (Montes et al. 2020). Se ha explorado la razón teórica detrás de los cores en la distribución de materia oscura de las galaxias enanas. El entorno de software para realizar ciencia reproducible (Maneage) se ha desarrollado y mejorado. Un artículo describiendo esta herramienta se encuentra en proceso de revisión (Akhlaghi et al. 2020, enviado a CiSE). Se ha llevado a cabo un estudio detallado de la galaxia NGC 493 usando diferentes telescopios (SDSS/Stripe82, Las Cumbres, GTC) con el objetivo de analizar cómo cambian las propiedades en función de la profundidad de las imágenes. En este trabajo también se analiza la reproducibilidad de resultados en el campo del bajo brillo superficial. Finalmente se ha analizado la ley de extinción por polvo en la Vía Láctea, haciendo uso de datos de Gaia DR3, Swift y 2MASS. Se ha trabajado también en el papel que la retroalimentación estelar tiene a la hora de dar forma a los perfiles de materia oscura, así como en los aspectos teóricos de la ciencia de bajo brillo superficial.

- Simulaciones numéricas y aprendizaje automático

Se han publicado los resultados de la cinemática estelar en galaxias de la simulación cosmológica EAGLE (Walo-Martín et al 2020). Se ha comenzado a estudiar las propiedades globales del Elipsoide de Velocidades (SVE de sus siglas en inglés) en las simulaciones de alta resolución de galaxias espirales en Auriga. Se ha estudiado también el así llamado green-valley en simulaciones numéricas cosmológicas, permitiendo detectar algunos problemas con la implementación de AGN feedback en Illustris TNG (Angthopo et al 2020). Se ha continuado el trabajo en el seno de la colaboración Euclid con la gestión en particular del grupo de trabajo de morfología. Esto incluye la supervisión de un estudiante de doctorado y de un postdoc. Así mismo se han terminado dos trabajos sobre el estudio de cúmulos de formación estelar en galaxias lejanas mediante Machine Learning. Se ha trabajado también en métodos de análisis de datos no supervisados para la visualización de datos complejos como los IFU de Manga (tesis de Regina Sarmiento

y detección de anomalías. Se ha continuado una colaboración con Google DeepMind para el análisis de fusiones de galaxias.

Procesos evolutivos en galaxias cercanas

- Cartografiados locales

Se ha logrado dar un último impulso a los preparativos necesarios (p.ej. creación de catálogos y otros aspectos técnicos) para el comienzo del proyecto WEAVE-Apertif, que empezará operaciones en el primer semestre de 2021. Así mismo, con el fin de proporcionar predicciones sobre galaxias espirales dentro del proyecto WEAVE-Apertif, se han desarrollado herramientas para obtener resultados similares los que se obtendrán con el instrumento WEAVE así como cubos de datos de radio que recogen algunas características observacionales de Apertif. Se ha apoyado al control de calidad del último “data release” (DR3) de SAMI y se ha preparado un informe dentro del ING Science Advisory Committee. Se ha participado en la preparación del cartografiado StePS, uno de los ocho cartografiados espectroscópicos aprobados para WEAVE, el nuevo espectrógrafo multi-fibra para el telescopio William Herschel en el ORM. Se ha participado activamente en el comisionado general de WEAVE.

- Cinemática estelar

Se ha completado el desarrollo de una técnica que permite la extracción no paramétrica de la distribución de velocidades a lo largo de la línea de visión (LOSVD por sus siglas en inglés). El método hace uso de inferencia bayesiana para la determinación de la LOSVD y se ha aplicado, con éxito, a datos de muy distinta índole, desde observaciones espectroscópicas a simulaciones numéricas. El trabajo se ha publicado en A&A (Falcón-Barroso & Martig 2020), y va acompañado de un código abierto para el uso de la comunidad científica. Este método será de particular relevancia para la separación cinemática de componentes en galaxias.

- Agujeros negros como moduladores de la formación estelar

Se ha estudiado el “green valley” como zona clave en la evolución de las galaxias, haciendo uso de un índice espectral para producir muestras más limpias que en el procedimiento habitual (a partir de colores de filtros en banda ancha). Se ha explorado también el efecto que tienen los agujeros negros en la termodinámica de la galaxia anfitriona y por consecuencia en las relaciones de escala observadas (Martin-Navarro et al. 2020). Se ha ex-

plorado a su vez el papel que pueden jugar los agujeros negros en escalas cosmológicas, más allá de la extensión física de la galaxia central (Martín-Navarro et al. 2021b).

Aparte de la actividad puramente investigadora descrita, se han llevado a cabo también numerosas actividades docentes y de diseminación de resultados entre las que destacan: la publicación de un capítulo de un libro que trata de una introducción al estudio de cúmulos globulares extragalácticos. Se ha pasado un mes entre Brasil y Chile. En Brasil se participó en el Simposio del IAU 359 donde se ha dado una charla contribuida sobre galaxias compac-

tas, y participó en un taller de cúmulos globulares en la sede de Gemini en La Serena, Chile, donde se ha dado una charla invitada sobre galaxias compactas. Se ha participado en un taller del Kavli Institute for Theoretical Physics, en Santa Bárbara (California, EEUU) enfocado en sistemas de cúmulos globulares donde se ha dado una revisión invitada sobre la relación entre cúmulos globulares y la materia oscura de sus galaxias anfitrionas. Se han impartido cursos sobre “El Universo Pancromático” destinado a estudiantes y profesionales de países que inician la investigación en Astrofísica. Se ha comenzado con Etiopía y Uganda.

LAS GALAXIAS ESPIRALES: EVOLUCIÓN Y CONSECUENCIAS (P/300724)

Johan H. Knapen.

MMohammad Akhlaghi, Roberto Baena Gallé, Roshan Nushkia Chamba, Sebastián Comeron Limburg, Simón Díaz García, Javier Román García, David Rosado Belza, Regina Sarmiento y Proyecto J. PID2019-105602GB-I00.

Colaboradores del IAC: Jesús Falcón Barroso, Marc Huertas-Portocarrero Campany, Cristina D. Ramos Almeida e Ignacio Trujillo Cabrera.

H. Salo (Univ. de Oulu, Finlandia); P. James, C. Collins, I Stelle, S. Longmore, S. Wich, B. Kelly, A. Watkins (Univ. Liverpool John Moores, Reino Unido); R. Peletier, S. Trager, M. Wilkinson, M. Biehl, A. Nolke, C. Haigh (Groningen, Países Bajos); B. Elmegreen (IBM, EEUU); D. Elmegreen (Vassar, EEUU); R. Beswick (Univ. de Manchester, Reino Unido); I. McHardy (Univ. Southampton, Reino Unido); B. Dullo, A. Gil de Paz (UCM); V. Debattista (Univ. de Lancashire, Reino Unido); R. Bacon (CRAL Lyon, Francia); S. Courteau (Queens, Canadá); S. Kaviraj (Hertfordshire, Reino Unido); S. Brougr, C. Martínez Lombilla (UNSW); L. Spitler (Macquarie); J. Peralta (JAXA); E. Young (Southeast Research Inst.).

INTRODUCCIÓN

Nuestro grupo es bien conocido y respetado internacionalmente por nuestro trabajo innovador en varios aspectos de la estructura y la evolución de las galaxias espirales cercanas. Usamos principalmente observaciones en varias longitudes de onda, explotando las sinergias que nos permiten responder a las preguntas más pertinentes sobre las propiedades principales de las galaxias, y cómo las galaxias han evolucionado hasta su forma actual. Usamos imágenes y espectroscopia, en el ultravioleta, óptico, infrarrojo, milimétrico y radio, usando al máximo los observatorios a nuestra disposición en España, en la ESO y en otros sitios, combinando los datos con herramientas de análisis modernas. El éxito de esta forma de trabajar se puede medir en las oportunidades de trabajo que se presentan a los que fueron miembros del grupo, en el número y de la calidad de las colaboraciones con científicos importantes, en las citas a nuestro trabajo, y en las invitaciones para organizar o hablar en los congresos más importantes en el campo.

En los últimos años nuestro grupo ha puesto mucho énfasis en abrir nuevas líneas de investigación conjuntas con informáticos, considerando el cambio de paradigma que está por venir debido a las enormes cantidades de datos que pronto producirán telescopios como LSST, Euclid y SKA. Colaboramos con informáticos en la preparación de herramientas de análisis, incluyendo para la detección de estructura a partir del ruido, la corrección para la luz dispersa y los cirros de nuestra Vía Láctea, y el uso de técnicas basadas en machine learning. Así, una vez los telescopios LSST (2022) y Euclid (2024) empiecen a producir sus enormes conjuntos de datos, nuestro grupo estará preparado para analizarlos y extraer la ciencia.

HITOS

Se consiguió un Marie Skłodowska-Curie Global Fellowship (250498 €): P. I. Díaz-García; Supervisores: Knapen (IAC) & Courteau (Queen's Univ.). Publicación de dos artículos en A&A sobre formación estelar en galaxias, estudiando su relación con interacciones entre galaxias, y su distribución en barras estelares.

Se publicó una nota de prensa describiendo como los tamaños de las galaxias ultra-difusas son similares a los de las galaxias enanas: <https://www.iac.es/es/divulgacion/noticias/mas-cerca-de-resolver-el-misterio-de-las-galaxias-ultradifusas>.

Financiamiento de Google Summer of Code otorgado por su trabajo en Gnuastro.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Un artículo sobre la influencia de las interacciones de galaxias en los ritmos de formación estelar y las cantidades de gas frío (Díaz-García & Knapen 2020, A&A, 635, A197).

Un artículo sobre la distribución de formación estelar en barras galácticas utilizando imágenes ultravioleta (GALEX) y Halpha (Díaz-García et al., A&A, 644, A38).

Se exploró el uso de técnicas de Deep Learning no supervisadas para la obtención de representaciones de datos astrofísicos. Se encontró que este método reduce dependencias no físicas (ruido, efectos observaciones y de selección) mientras conserva información física de las galaxias observadas con espectroscopía de campo integral (MaNGA).

Se ha publicado un artículo estudiando las diferencias cinemáticas entre poblaciones estelares vieja y joven presentes en anillos circumnucleares de galaxias de disco cercanas pertenecientes a la muestra TIMER de MUSE. En dicha publicación también se exploró la relación

de dichas diferencias con distintos parámetros estelares: edad promedio, metalicidad, fracción de estrellas jóvenes, extinción por polvo, etc... (Rosado-Belza et al. 2020, A&A, 644, A116).

Inicio del estudio de la cinemática de H α en una pequeña muestra de galaxias enanas empleando datos del interferómetro Fabry-Perot GHaFaS. Se estimaron la velocidad de rotación y la dispersión de velocidad empleando distintos métodos con el objetivo de estudiar la relación de Tully-Fisher en el límite de baja masa.

Publicaron dos artículos sobre los tamaños de las galaxias utilizando imágenes profundas del conjunto de datos Stripe 82. Se dio una charla resumen de tesis en el virtual AAS236 en junio. También se completó un curso en línea de 6 semanas con el LSST Stack Club y esto resultó en un cuaderno Júpiter disponible públicamente (en GitHub) sobre el tema de perfiles de brillo de superficie y segmentación / detección de imágenes. Este proyecto de cuaderno se presentó luego en la conferencia virtual LSST PCW en agosto de 2020.

Estudiado en detalle el medio circumnuclear de la galaxia NGC 7130 usando el modo de Óptica Adaptativa del instrumento MUSE en el Telescopio VLT. Este modo de observación

de MUSE es novedoso ya que, por primera vez, se permite obtener espectroscopia de campo integral con una resolución angular de 0.1 arcosegundos en el óptico. NGC 7130 es una galaxia Seyfert 2 cercana (a 65 Mpc) y se han descrito con detalle las muchas componentes (hasta siete) del chorro de gas ionizado y el acoplamiento de algunas de las componentes con el jet trazado por emisión sincrotrón. Se ha demostrado que la combinación de datos de espectroscopia de campo integral con gran resolución angular y un cuidadoso método para caracterizar las componentes del gas ionizado permite descubrir que, al menos para NGC 7130, el medio circumnuclear es mucho más complejo que lo que se deriva en estudios anteriores sobre AGNs. Se espera publicar los resultados en 2021.

Se envió un artículo sobre nuestro sistema de gestión de investigación reproducible a la revista Computing in Science & Engineering.

Se trabajó mucho en los dos paquetes de software Gnuastro y Maneage: Gnuastro tuvo dos lanzamientos principales y Maneage también mejoró enormemente y se volvió estable: cada proyecto tenía más de 150 confirmaciones en 2020. Maneage también se utilizó en la publicación de varios artículos publicados.

EVOLUCIÓN DE GALAXIAS (P/301113)

Jordi Cepa Nogué.

Bernabé Cedrés Expósito, Mauro González Otero, Jakub Nadolny y Carmen P. Padilla Torres.

Colaborador del IAC: Ignacio Trujillo Cabrera.

E. Alfaro, (IAA); B. Altieri, D. Coia, L. Metcalfe, R.M. Pérez-Martínez, I. Valtchanov (ESAC); H. Castañeda (IPN, México); M. Cerviño, A.M. Pérez García (CAB-INTA); J.A. de Diego, J. González (IA-UNAM, México); J. Gallego (UCM); I. González-Serrano (IFCA-UNICAN); A.M. Lara López (Dark Cosmology C. Univ. Copenhagen, Dinamarca); I. Pintos Castro (Univ. de Toronto, Canadá); M. Sánchez-Portal (IRAM); B. Vila (ESO, Chile).

INTRODUCCIÓN

El estudio de la evolución de las galaxias es un tema crucial de la Astronomía Extragaláctica moderna. Permite vincular las galaxias locales con las primeras que existieron en el universo. Pero para poder abordarlo es preciso obtener censos estadísticamente significativos de galaxias de distintas luminosidades, a distintas distancias. Observacionalmente implica ser capaz de observar objetos muy débiles, utilizando distintas técnicas y a distintas longitudes de onda, desde el dominio centimétrico hasta los rayos-gamma, no solo para estudiar distintos procesos físicos, y determinar las distribuciones espectrales de energía de las galaxias, sino debido al desplazamiento al rojo de las galaxias distantes.

El Proyecto que aquí se presenta está encaminado a explotar un conjunto de censos de galaxias multi-rango espectral de las mismas zonas del cielo que, combinados, constituyen la base de datos que llamamos "Evolución". Esta base de datos está formada por los censos denominados OTELO y GLACE, de galaxias de campo y en cúmulos, respectivamente, obtenidos utilizando los filtros sintonizables ópticos de OSIRIS en el telescopio GTC; el censo Lockman SpReSO obtenido mediante Espectroscopía óptica multiobjeto empleando OSIRIS en el telescopio GTC; y PEP, consistente en imágenes en el lejano infrarrojo obtenidas con el observatorio espacial Herschel de la ESA. Esta base de datos está enriquecida con datos auxiliares profundos procedentes de otros instrumentos, que abarcan desde las ondas centimétricas (utilizando el VLA) hasta los rayos X (utilizando el satélite XMM de la ESA).

Por tanto, "Evolución" proporciona, para miles de galaxias a desplazamientos al rojo entre 0.4 y 7.0, su morfología y distancias, las luminosidades en líneas de emisión de distintos elementos, y del continuo óptico, infrarrojo cercano y lejano y rayos-X. El censo GLACE, de cúmulos de galaxias, obtenido mediante las mismas técnicas y a las mismas longitudes de onda que OTELO, permite comparar la evolución de las galaxias de campo con las de cúmulo, estudiando, así, la influencia del entorno. En suma, este conjunto de censos, permiten abordar varios aspectos críticos de la evolución de las galaxias tales como la variación de la tasa de formación estelar, la metalicidad, la luminosidad bolométrica, la extinción y la potencia de acreción de núcleos galácticos activos, entre otros temas, en función del tiempo cósmico y de la densidad ambiental. Todo ello incluso para las galaxias más débiles o las más distantes, al límite de las posibilidades de la actual instrumentación astronómica. Asimismo, la combinación de observaciones profundas a distintas longitudes de onda permitirá arrojar luz sobre las relaciones entre la confusa fauna de objetos observada a altos desplazamientos al rojo, y que nuestro grado de desconocimiento solo permite clasificar, hasta ahora, por la manera cómo se han detectado.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Los objetivos propuestos para 2020 eran:

- Proseguir la explotación científica de OTELO, y publicar tres artículos correspondientes a la tesis de doctorado de J. Nadolny y avanzar en otros.
- Proceder a la presentación de la tesis de doctorado de J. Nadolny.
- Terminar con la toma de datos de Lockman SpReSO (repetición de las máscaras con menor señal, puesto que la toma general de datos ya ha concluido) y la reducción de los espectros

Los resultados obtenidos en 2020 han sido:

Se ha proseguido con la explotación del cartografiado OTELO (más de 11.000 objetos observados con el filtro sintonizable de OSIRIS/GTC) obteniendo:

- La función de luminosidad de los 184 emisores de [OIII] confirmados, observados a un desplazamiento al rojo de 0.8, alcanzando luminosidades diez veces menores que las obtenidas por otros autores hasta la fecha. El 84% de los emisores son galaxias discoidales de masas estelares menores que 10^{10} masas solares. Resultado publicado.

- La función de luminosidad y metalicidades de los emisores en la línea de Balmer-alfa y [NII], observadas a un desplazamiento al rojo de 0.4, hasta alcanzar masas estelares menores de 10^7 masas solares. Asimismo, se han determinado relaciones masa-metalicidad, masa-tamaño y masa-tasa de formación estelar, no encontrando signos de evolución en dichos indicadores, lo que hasta la fecha no se había establecido en firme para galaxias de masas tan bajas. Resultado fruto de la tesis de J. Nadolny.
- La clasificación morfológica de galaxias de OTELO utilizando el índice de Sèrsic y los parámetros de concentración y asimetría. Resultado fruto de la tesis de J. Nadolny. Aceptado, pendiente de publicación.
- Una novedosa técnica de clasificación morfológica basada en el aprendizaje automático (machine learning), aplicada a las galaxias de OTELO y de COSMOS. La técnica utiliza fotometría óptica e infrarroja e indi-

cadadores de forma, como el índice de Sèrsic o de concentración. Se concluye que el método de clasificación basado en redes neuronales profundas es más preciso que otros métodos de clasificación y que permite incluso trabajar con datos perdidos (missing data). Resultado publicado.

J. Nadolny ha concluido su tesis y la presentación será en febrero o marzo de 2021.

Se ha terminado la adquisición y reducción de datos del cartografiado Lockman SpReSO (unos 900 objetos observados espectroscópicamente con el sistema multiobjeto óptico de OSIRIS/GTC) y se ha concluido el laborioso y delicado procedimiento de sustracción de líneas del cielo. Actualmente se está en la etapa de seleccionar galaxias con líneas de emisión y medir el flujo de las líneas a fin de determinar metalicidades y tasas de formación estelar de la muestra de galaxias observadas también en el infrarrojo lejano por el satélite Herschel.

ACTIVIDAD NUCLEAR EN GALAXIAS: UNA PERSPECTIVA 3D DEL NÚCLEO Y SU ENTORNO (P/301404)

Cristina D. Ramos Almeida.

José A. Acosta Pulido, Anelise Audibert, Patricia Bessiera, Ana Ferré Mateu, Begoña García Lorenzo, Adriana D. Lorenzo-Cáceres Rodríguez, Ignacion Martín Navarro, Evencio Mediavilla Gradolph, Ana Monreal Íbero, Ignacio del Moral Castro, Vaibhav Pant y Giovanna Speranza.

Colaboradores del IAC: Andrés Asensio Ramos, John E. Beckman Abramson, Julio A. Castro Almazán, Sebastián Comeron Limbourg, Jesús Falcón Barroso, Mateo Fernández Torreiro, Johan H. Knapen Koelstra, Maria J. Martínez González y José M. Rodríguez Espinosa.

S. García Burrillo (Obs. Astronómico Nacional); A. Alonso Herrero (Centro de Astrobiología); C. Tadhunter (Univ. de Sheffield, Reino Unido); M. Bischetti (INAF, Trieste, Italia); M. Brusa (Univ. de Bolonia, Italia); A. García Bernete, N. Thatte (Univ. de Oxford, Reino Unido); C. Packham (Univ. de Texas, EEUU); R. López (IEEC, Univ. de Barcelona); S.F. Sánchez, J. Barrera Ballesteros (UNAM, México); S. Arribas (CAB-CSIC); E. López Rodríguez (SOFIA/NASA); M. Ward (Univ. de Durham, Reino Unido); N. Levenson (Space Telescope); O. González Martín (CRyA, UAM); C. Cicone (Univ. de Oslo, Noruega); B. Villarroel (Nordita-IAC); I. Márquez Pérez, J. Masegosa (IAA); D. Hutsemekers, B. Agís González (Univ. de Lieja, Bélgica); T. Ruiz Lara (Kapteyn Inst., Univ. de Groningen, Países Bajos).

INTRODUCCIÓN

Nuestro grupo puede dividirse en dos líneas principales de investigación.

En primer lugar, el estudio de los vientos producidos por cuásares luminosos oscurecidos y del impacto que estos tienen en sus galaxias anfitrionas (retroalimentación del AGN). Para ello hemos obtenido observaciones infrarrojas y ópticas con los instrumentos del Telescopio GTC CanariCam, EMIR y MEGARA, así como datos de ALMA en el rango milimétrico. Parte de esta investigación la realizamos en el marco de la Innovative Training Network BID4BEST, del programa H2020. Nuestro grupo está también fuertemente involucrado en el consorcio internacional GATOS (Galactic Activity, Torus and Outflow Survey), creado con el objetivo de

conseguir tiempo en el JWST y ALMA para caracterizar el ciclo del gas y el material que oscurece el núcleo de galaxias activas cercanas.

En segundo lugar, nuestra actividad se centra en la aplicación de la espectroscopia de campo integral al estudio de objetos extensos tales como galaxias con formación estelar o galaxias activas para investigar el encendido de ambos fenómenos. Asimismo, contribuimos al desarrollo de nuevos instrumentos y técnicas de análisis de datos relacionadas con la espectroscopia 3D. En particular, participamos en el desarrollo del espectrógrafo de campo integral de alta resolución HARMONI, uno de los instrumentos de Primera Luz del Extremely Large Telescope de la ESO.



Imagen combinada a partir de datos de ALMA y VLT/MUSE de la galaxia activa NGC 5643. La región central de la galaxia tiene dos componentes distintos: un disco de gas molecular frío que rota (tonos rojizos) observado en monóxido de carbono (CO), y vientos de gas ionizado perpendiculares al disco, observados en oxígeno e hidrógeno ionizados (tonos azules y naranjas). Crédito: ESO/A. Alonso-Herrero et al.; ALMA (ESO/NAOJ/NRAO).

HITOS

La financiación externa conseguida por C. Ramos Almeida (452.000 Euros) y B. García Lorenzo (700.000 Euros) en el marco de este Proyecto asciende a 1.152.000 Euros. Estos fondos sólo incluyen aquellos proyectos cuya fecha de inicio es 2020, y una parte importante de ellos se está invirtiendo en la contratación de nuevo personal investigador.

Publicación de una letter en A&A donde encontramos diferencias en escalas de kpc entre galaxias activas y no activas gemelas en sus propiedades estructurales (del Moral Castro, García-Lorenzo, Ramos Almeida et al. 2020). Este trabajo arroja nuevas pistas sobre los mecanismos de encendido de la actividad nuclear.

La red europea H2020-ITN-2019 "Big Data Applications for Black Hole Evolution Studies" (BID4BEST) comenzó el uno de marzo de

2020. La doctoranda G. Speranza comenzó su contrato como parte de nuestro grupo en septiembre de 2020.

A. Monreal-Ibero participó en la identificación, por primera vez, de un sistema de tres agujeros negros separados unos pocos cientos de parsecs en una fusión avanzada de galaxias (Kollatschny et al. 2020). Los autores de este trabajo hicieron uso de datos de VLT/MUSE.

En el marco de la colaboración GATOS (Galactic Activity, Torus and Outflow Survey) se aceptó para su publicación en MNRAS un estudio sobre los procesos de retroalimentación en la galaxia NGC5643 utilizando datos de gas molecular (ALMA) y gas ionizado (MUSE). En el trabajo, liderado por I. García-Bernete, participaron B. García-Lorenzo y C. Ramos Almeida.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Tal y como estaba previsto, se ha publicado un segundo trabajo liderado por el estudiante I. del Moral Castro como parte de su trabajo de tesis doctoral. El artículo, publicado en A&A letters, describe la selección de la muestra de galaxias y el estudio cinemático que se ha realizado. Los resultados indican que hay diferencias estructurales entre las galaxias activas y sus gemelas no activas que podrían dar lugar al encendido de la actividad nuclear (del Moral-Castro, García-Lorenzo, Ramos Almeida et al. 2020). Se publicó una nota de prensa resumiendo los resultados.

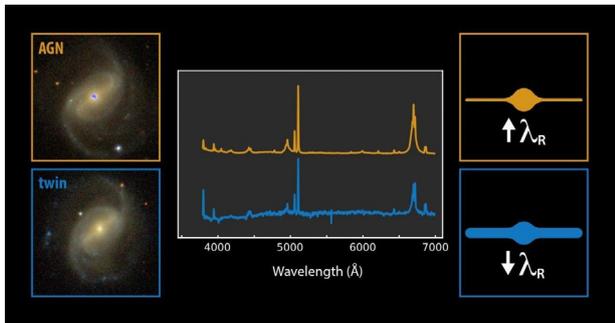


Imagen que ilustra la comparativa entre una galaxia espiral activa (recuadro naranja) y su gemela no activa (recuadro azul). Crédito: Gabriel Pérez Díaz, SMM (IAC).

En el marco de la colaboración GATOS (Galactic Activity, Torus and Outflow Survey) se aceptó para su publicación en MNRAS un estudio sobre los procesos de retroalimentación en distintas fases del gas en la galaxia NGC5643 utilizando datos de gas molecular (ALMA) y gas ionizado (MUSE). En el trabajo, liderado por I. García-Bernete, participaron B. García-Lorenzo y C. Ramos Almeida.

C. Ramos Almeida impartió una charla review en una de las Sesiones Especiales de la EAS

2020, celebrada online debido a las circunstancias generadas por el COVID-2019. Dicha charla se titula, "Flow inhomogeneities around AGN".

En marzo de 2020 arrancó la Innovative Training Network (H2020-ITN-2019) Big Data applications for Black hole Evolution Studies, de la cual C. Ramos Almeida es la IP en el IAC. La participación en esta ITN ha supuesto 250.000 Euros para el centro, parte de los cuales se han destinado a la contratación de la estudiante de doctorado G. Speranza, que empezó su tesis en septiembre. Desde ese momento ha empezado a trabajar con datos infrarrojos del instrumento NIFS en el telescopio Gemini Norte. Junto con J.A. Acosta Pulido se han desarrollado herramientas para el análisis de los datos y se han encontrado componentes de alta velocidad en gas ionizado que corresponden a vientos producidos por el AGN.

I. Martín Navarro está llevando a cabo el análisis de las poblaciones estelares de una selección de galaxias activas, relacionando sus historias de formación estelar con las propiedades de los agujeros negros y de los halos de materia oscura que las albergan.

B. García Lorenzo y C. Ramos Almeida consiguieron financiación del Plan Nacional en 2019 (PID2019). Con esta financiación se han contratado dos investigadoras postdoctorales que trabajarán en el marco de este Proyecto. Una de ellas, A. de Lorenzo-Cáceres, se incorporará en junio de 2021 y trabajará en simulaciones de datos de HARMONI y en el encendido de la actividad nuclear haciendo uso de espectroscopia 3D. La otra investigadora, P. Bessiere, se incorporó al IAC en diciembre de 2020 y está trabajando en el análisis de espectros ópticos de cuásares oscurecidos para determinar el impacto de la retroalimentación del AGN en las poblaciones estelares jóvenes.

A. Monreal-Ibero participó en la identificación, por primera vez, de un sistema de tres agujeros negros separados unos pocos cientos de parsecs en una fusión avanzada de galaxias. Los resultados se publicaron en la revista A&A (Kollatschny et al. 2020) y asociada a ellos se publicó también una nota de prensa.

En diciembre de 2019 se completaron las observaciones de una muestra de 7 cuásares oscurecidos con ALMA (IP: C. Ramos Almeida) y durante 2020 se ha estado trabajando en estos datos, que esperamos publicar durante 2021. C. Ramos Almeida también colabora con S. García Burillo en la preparación de un trabajo sobre galaxias Seyfert observadas con ALMA que esperamos publicar durante 2021 como parte del consorcio GATOS.

O. González Martín disfrutó de una visita de tres meses en el IAC financiada por la Fundación Jesús Serra. En el marco de esta colaboración, C. Ramos Almeida y dicha visitante enviaron dos propuestas al JWST como IPs y participaron en varias enviadas como parte del consorcio GATOS, en el que también participa B. García Lorenzo.

Dentro del consorcio HARMONI se han publicado varios trabajos en el congreso especializado SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation 2020 celebrado virtualmente en el mes de diciembre. Se ha completado el diseño final de la pre-óptica y se sigue trabajando en el diseño final de la electrónica de control. A. Monreal-Ibero y B. García Lorenzo han trabajado en las simulaciones para el caso científico centrado en la variación de la relación entre la masa del agujero negro central y las propiedades de la galaxia anfitriona con la edad del Universo.

B. Villarroel (investigadora postdoctoral afiliada a NORDITA y al IAC) consiguió una beca para apoyar el Proyecto de ciencia ciudadana

VASCO, que persigue la detección de fuentes que aparecen y desaparecen en cartografías históricas de cielo. Este Proyecto se realiza en colaboración con diferentes instituciones, entre ellas el Spanish Virtual Obs., Univ. de Constantine (Argelia), Center for Basic Space Science (Nigeria) y la Univ. de Uppsala (Suecia).

J.A. Acosta-Pulido y C. Ramos Almeida han trabajado en la reducción de espectros de rendija larga de una muestra de 42 cúasares oscurecidos obtenidos con GTC/EMIR. Los espectros fueron obtenidos en la banda K (en torno a 2 micras) y en la actualidad se encuentran todos pre-reducidos.

C. Ramos Almeida participó en un estudio liderado por S. Comerón sobre la cinemática del gas ionizado en la galaxia Seyfert NGC7130 usando datos de VLT/MUSE que fue aceptado durante 2020 (Comerón, Knappen, Ramos Almeida et al.). En él se estudian las diferentes componentes cinemáticas del gas en escalas de parsecs gracias a la resolución angular que proporciona la Óptica Adaptativa.

GAS MOLECULAR Y POLVO EN LAS GALAXIAS A TRAVÉS DEL TIEMPO CÓSMICO (P/301509)

Helmut Dannerbauer.

Aurelio Carnero Rosell, Oliver Díaz Rodríguez, Iveth Gaspar Gorostieta, Carlos M. Gutiérrez de la Cruz y Shuowen Jin.

Colaboradores del IAC: Jesús Falcón Barroso, José A. López Aguerri, Ismael Pérez Fournon, Rafael Rebolo López y José M. Rodríguez Espinosa.

A. Bolatto (Univ. de Maryland, EEUU); C. Casey (Univ. de Texas, EEUU); N. Cross (Royal Obs. de Edimburgo, Escocia); A. Díaz Sánchez (Univ. Politécnica de Cartagena); C. De Breuck, R. Ivison (ESO, Alemania); S. Driver (UWA, Australia); B. Emonts (NRAO, EEUU); M. Lehnert (IAP, Francia); T. Wong (Univ. de Illinois, EEUU).

INTRODUCCIÓN

Dos cuestiones fundamentales en la Astrofísica son la conversión de gas molecular en estrellas y cómo este proceso físico depende del entorno en todas las escalas, desde sistemas planetarios, cúmulos estelares, galaxias hasta cúmulos de galaxias. El objetivo principal de este Proyecto es el de estudiar la formación y evolución de galaxias a partir de la materia interestelar. Por ello, estudiaremos el gas molecular frío, el combustible de la formación estelar y el polvo, producto residual del proceso de formación, en galaxias a través del tiempo cósmico. Los estudios están basados, sobre todo, en observaciones en el infrarrojo lejano y en el radio. Nos centraremos en observaciones con interferómetros de radio como son NOEMA, ALMA, ATCA, SMA y VLA. Se prevén estrechas colaboraciones con otros proyectos del IAC, sobre todo para observaciones de galaxias con telescopios de radio. El grupo de trabajo caracterizará las propiedades de la formación estelar de galaxias masivas en el universo lejano a través del tiempo cósmico. Esto nos dará la oportunidad de estudiar la secuencia de formación de galaxias con brote estelar. Además, este grupo de trabajo investigará fuentes seleccionadas desde cúmulos de galaxias y del campo para explorar la evolución de galaxias en función del entorno. Además, realizaremos estudios complementarios de galaxias locales (seleccionadas desde CALIFA y WEAVE-APERTIF) que servirán de referencia para investigaciones futuras de galaxias a alto desplazamiento al rojo.

HITOS

La toma de datos del gran programa COALAS de la ATCA ha finalizado en marzo de 2020. S. Jin redujo todos los datos del campo del protocúmulo Spiderweb. A finales de este año envió la primera publicación sobre este conjunto de datos.

La reducción de datos y el control de calidad de los datos del Public Survey SHARKS de la ESO han progresado bien este año, trabajo realizado principalmente por A. Carnero.

Contribución con varios artículos como co-autores (parte de colaboraciones internacionales) del estudio del cúmulo de galaxias en formación y sus miembros mediante observaciones de múltiples longitudes de onda.

Organización de un Workshop virtual sobre protocúmulos de galaxias en septiembre de 2020 con más de 100 participantes, "Workshop on Protoclusters: Galaxias en Confinamiento".

La toma de datos del programa IRAM NOEMA Large "z-GAL" ha finalizado a finales de 2020. Todos los datos se han reducido.

Líder (H. Dannerbauer) del WP11 "Galaxy Protoclusters" dentro del Grupo de Trabajo Científico Euclid "Cluster of Galaxies".

DESARROLLO Y RESULTADOS

Este grupo de trabajo está bien establecido en el IAC y tiene estrechas colaboraciones con investigadores del IAC. En respeto a publicaciones, este grupo de trabajo estaba involucrado en 20 artículos en 2020, del que contribuyó significante en cuatro artículos (uno de "corresponding" autor y otro de segundo autor). También, en este año, con éxito se envió como IPs propuestas de observaciones a los telescopios GTC, IRAM NOEMA y ATCA. Se asistió a varios congresos (virtuales) para presentar los resultados incluyendo una charla invitada. En 2020, el grupo de trabajo se enfocó en siguientes proyectos para estudiar la formación y evolución de galaxias a partir de la materia interestelar.

Impacto de entorno a la materia interestelar

Desde abril de 2017 se está liderando un programa larga (IP: Dannerbauer) de 640 h con el radio interferómetro ATCA (Australian Telescope Compact Array). Estos datos, nos darán la oportunidad de estudiar sistemáticamente el impacto del entorno a la materia interestelar fría en galaxias en $z=2$, la época fundamental de la formación de galaxias. Se observó 100% del tiempo concedido y todos los datos están reducidos. Al final de este año, se envió un ar-

título con primeros autores S. Jin y H. Dannerbauer. Otros dos artículos están en preparación. Un estudiante de master (N. Sulzenauer de la Univ. de Viena, Austria) terminó su tesis de master en verano 2020 basando en datos de dos nuevos candidatos que se concedió y tomó en 2018 con el Telescopio IRAM de 30 m.

ESO Public Survey SHARKS: La meta principal de este survey (IP: H. Dannerbauer) es caracterizar galaxias lejanas seleccionadas en el infrarrojo lejano y el radio. La reducción de estos datos en el infrarrojo cercano (banda Ks) con el Telescopio VISTA y el instrumento VIRCAM ha progresado bastante bien gracias por el nuevo postdoc A. Carnero. Se está preparando el primero "data release" del Proyecto SHARKS vía ESO. Se tomó más de 85% de las observaciones concedidas.

Búsqueda de galaxias brillantes con brote estelar en el submilimétrico

La toma de datos del programa large con IRAM NOEMA z-GAL: A Comprehensive NOEMA Redshift Survey of the Brightest Herschel Galaxies y la reducción está terminada (con

gran participación de este grupo). Al final de este año, el estudiante R del IAC I. Gaspar empezó su tesis doctoral, trabajando en datos del interferómetro milimétrico ALMA de la galaxia más brillante en la línea carbón-monóxido con la que se detecta el reservior del gas molecular.

Búsqueda de sobre-densidades de galaxias en el universo lejano

Al final de año una publicación basada a datos tomados con el GTC OSIRIS de una sobre-densidad en $z=5.2$ fue aceptado en MNRAS. Se preparó un manuscrito basado a observaciones de multi-objeto espectroscopia con GTC EMIR (SV) para confirmar miembros de dos protocúmulos en $z=2-2.5$, liderado del estudiante doctoral del IAC O. Díaz Rodríguez (supervisado por dos miembros del grupo de trabajo: C. Gutiérrez de la Cruz y H. Dannerbauer). Además, se organizó un workshop virtual sobre protocúmulos de galaxias "Workshop on Protoclusters: Galaxias en Confinamiento" en septiembre de 2020 con más de 100 participantes.

ASTROFÍSICA NUMÉRICA: FORMACIÓN Y EVOLUCIÓN DE GALAXIAS (P/301502)

Claudio Dalla Vecchia.

Isaac Alonso Asensio, Christopher Brook, Salvador Cardona Barreo, Arianna Di Cintio, Mónica Hernández Sánchez, Alex Massaro Acha y Andrea Negri.

Colaboradores del IAC: Andrés Balaguera Antolínez, Guiseppina Battaglia, Michael A. Beasley, Jesús Falcón Barroso, Ignacio A. Ferreras Páez, Carme Gallart Gallart, Francisco S. Kitaura Joyanes, José A. López Aguerri, Jorge F. Sánchez Almeida, Ignacio Trujillo Cabrera y Alexandre Vazdekis Vazdekis.

A. Sánchez (MPE, Garching, Alemania); S. Khochfar (RoE, Edinburgh, Reino Unido); J. Schaye, Y. Bahé (Obs. de Leiden, Países Bajos); G. Yepes, A. Knebe (UAM); D. Kawata (Univ. College London, Reino Unido); B. Gibson (Univ. de Hull, Reino Unido); A. Dekel (Univ. Hebrew, Israel); A. Macciò (New York Univ. Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos); H. Yashima (Tohoku Univ. Japón); K. Nagamine (Osaka Univ., Japón).

INTRODUCCIÓN

Entre las cuestiones fundamentales en Astronomía y Astrofísica están la formación y evolución de galaxias. Las escalas de tiempo y tamaño son tan astronómicas que su observación en galaxias individuales es imposible. Solo con el uso de simulaciones numéricas es posible entender la formación de estructuras cósmicas dentro del actual marco cosmológico.

Los principales procesos físicos que rigen la formación y evolución de galaxias son gravedad, hidrodinámica, gas cooling, formación estelar, evolución estelar, y SN y BH feedback, todos ellos no lineales y por ello difíciles de describir con modelos puramente analíticos. Otros modelos, los semi-analíticos, se basan en simulaciones de únicamente materia oscura y están, por tanto, sesgados al igual que éstas. Por todo esto, las simulaciones cosmológicas hidrodinámicas son la mejor herramienta para realizar los “experimentos controlados” de formación y evolución de galaxias.

Tras tres décadas de mejoras en las simulaciones numéricas, solo ahora los trabajos teóricos pueden reproducir simultáneamente las propiedades observadas de las galaxias y del medio interestelar (ej. EAGLE, Schaye et al. 2015, MNRAS, 446, 521; ILLUSTRIS, Vogelsberger et al., 2014, Nature, 509, 177); en particular,

las funciones de luminosidad y de masa de las galaxias, las relaciones entre tamaño y masa, entre metalicidad y masa, entre otras muchas propiedades están reproducidas en un amplio rango de masas de galaxias.

El grupo de astrofísica numérica trabaja en una variedad de temas científicos relacionados con la evolución de las galaxias y la estructura a gran escala del universo. La experiencia abarca desde la estructura interna de las galaxias enanas y de bajo brillo superficial, la Vía Láctea y sus galaxias satélite, el estudio de las galaxias en grupos y agrupaciones, hasta las grandes simulaciones cosmológicas de la estructura del universo. El grupo colabora con la mayoría de los grupos de investigación de IAC que trabajan en Astrofísica Extragaláctica y Cosmología.

HITOS

Una nueva ventana sobre la evolución de las galaxias se abrió gracias al creciente descubrimiento de galaxias de bajo brillo superficial, como las galaxias ultradifusas. Descubrimos que las UDG cubren una amplia distribución cinemática, que va desde alta dispersión a rotación, con abundancias similares en ambos regímenes (Cardona-Barrero et al. 2020).

Comparamos los contornos de isodensidad de bariones y materia oscura en cúmulos de galaxias, y encontramos que la forma de la distribución de masa estelar sigue la de la materia total incluso más de cerca de lo observado, aunque sus perfiles radiales difieren sustancialmente (Alonso-Asensio et al. 2020).

DESARROLLO Y RESULTADOS

En el último año se han realizado importantes contribuciones a una variedad de temas en el área de formación y evolución de galaxias:

- Se ha mostrado, usando las simulaciones de NIHAO, la existencia de dos poblaciones de galaxias ultra-difusas (soportadas por dispersión y por rotación) y que esta duplicidad es debida en gran parte a la acreción alineada de bariones (SCB, ADC, artículo publicado en MNRAS).
- Se han estudiado las razones por las que las galaxias Gaia-Encelado y la Vía Láctea tienen diferentes abundancias químicas antes de su fusión, y lo que esto puede decirnos en general sobre la formación de galaxias (CB, artículo publicado en MNRAS).
- Se ha estudiado la evolución de la función de luminosidad en el cúmulo de galaxias con las simulaciones de C-EAGLE (AN, CDV, draft listo).

- Se ha producido un catálogo de luminosidades en decena de bandas espectrales de las galaxias de las simulaciones de C-EAGLE. Este trabajo terminará con la publicación de la base de dato público de C-EAGLE (AN, CDV).
- Se ha estudiado la distribución de la luz difusa en cúmulos de galaxias con respecto a la distribución de toda la materia (CDV, IAA, artículo publicado en MNRAS).
- Se ha comprobado una nueva definición de tamaño de galaxias con las simulaciones de EAGLE y estudiado su relación con las propiedades del halo (CDV, artículo en preparación).

Se han implementado los procesos de formación de galaxias en el nuevo código basado en PKDGRAV3 (IAA, CDV).

En colaboración con otros grupos de investigación del IAC y grupos internacionales se han desarrollado lo siguiente:

- Se ha colaborado en la caracterización de los modelos de retroalimentación de AGNs en simulaciones numéricas, en comparación con las observaciones (CDV, AN, en colaboración con J. Anghopo e I. Ferreras, artículo en preparación).
- Se ha contribuido a la interpretación teórica de la nueva definición de tamaño de galaxias (CDV, en colaboración con N. Chamba e I. Trujillo Cabrera).
- Se ha contribuido a la publicación de varios artículos científicos basados en los datos de las simulaciones de C-EAGLE (CDV y la colaboración C-EAGLE).
- Se ha colaborado con el grupo de estructura a grande escala para el desarrollo de la tesis de doctorado de MHS (CDV).

VARIABILIDAD EN NÚCLEOS ACTIVOS DE GALAXIAS: ESTUDIOS MULTIFRECUENCIA (P/301806)

José A. Acosta Pulido.

María J. Arévalo Morales, Josefa Becerra González, Carlos Lázaro Hernando y Jorge Otero Santos.

Colaboradores del IAC: Rosa Clavero Jiménez y Jorge A. Pérez Prieto.

M.I. Carnerero Martín, C.M. Raiteri, A. Capetti (Obs. Astronómico de Torino-INAF, Italia), F. D'Ammando (Univ. Bolonia, Italia), N. Castro Segura (Astronomy Group, Univ. Southampton, Reino Unido).

INTRODUCCIÓN

Los núcleos activos de galaxias (AGN por sus siglas en inglés) se caracterizan por una potente emisión proveniente de una región muy compacta (solo pocos pcs) en el centro de la galaxia. Los “blazars” son una categoría de AGNs, caracterizados por mostrar una alta luminosidad en un amplio rango de frecuencia, desde radio a altas energías (rayos X y gamma), y también variabilidad extrema y alta polarización en el visible, infrarrojo cercano y radiosondas. La distribución espectral de energía muestra dos máximos: uno a baja frecuencia, de radio al óptico, y a veces rayos X; y el de alta frecuencia de rayos X a gamma. El escenario más aceptado para explicar estas propiedades sugiere que la emisión proviene de un chorro de partículas aceleradas a velocidades relativistas, muy alineados con la línea de visión y originándose en las proximidades de un agujero negro supermasivo. En estas condiciones, la emisión del chorro es fuertemente amplificada y fácilmente supera la del resto de la Galaxia.

Hoy en día, un número considerable de “blazars” está siendo monitorizado diariamente por los observatorios espaciales de altas energías, Fermi y AGILE. Los “blazars” también destacan en radiación gamma de muy alta energía, donde llevan a cabo las observaciones los telescopios Cherenkov desde tierra. Por tanto, programas de seguimiento simultáneo son necesarios para aprender más acerca del comportamiento impredecible en este tipo de AGNs, igualmente que para entender en más detalle los procesos físicos que tienen lugar.

En este Proyecto se cubren dos aspectos: por una parte, se pretende proporcionar observaciones de seguimiento en los rangos visibles e

infrarrojos usando los telescopios disponibles en los Observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos. Estas observaciones se llevan a cabo dentro del marco de una colaboración más extensa, la GASP-WEBT, que incluye alrededor de otros 30 observatorios. Esta es la única forma de capturar todas las fases (subida, pico y caída) de los aumentos de flujo, o fulguraciones, que son críticas para los modelos teóricos para las altas energías. Por otra parte, se analizarán largas series temporales (varios años) tomadas en diferentes rangos de energía, buscando correlaciones entre bandas y también cualquier tipo de variaciones periódicas que puedan indicar precesión del chorro, presencia de un sistema binario de agujeros negros o cualquier otro mecanismo. Igualmente se analizarán distintos tipos de fulguraciones que debido a lo impredecible que aparecen se hará en términos estadísticos.

HITOS

Se presenta por primera vez la medida de la distancia a 2WHSP J073326.7+515354, que es uno de los pocos Blazares extremos detectados a energías de TeV. Publicado en Becerra, Acosta, Clavero (2020).

La variabilidad a corto plazo del blazar S5 0716+714 ha sido estudiada usando curvas de luz con 2-min de cadencia, medidas por TESS. Se identifican dos tipos de variabilidad: una cromática y tiempos de escala inferior a 5 horas (subestructuras) y otra acromática y con tiempos de escala superiores (efectos geométricos). Se publicará en Raiteri et al (2021).

DESARROLLO Y RESULTADOS

Se ha comenzado el análisis detallado de las curvas de luz en el rango óptico y de altas energías de una muestra de blazares monitorizados por el Observatorio Steward y del satélite Fermi de rayos gamma, para buscar comportamientos casi-periódicos en su emisión, como continuación del artículo ya publicado en 2020 (Otero-Santos et al, 2020). Para este estudio se utilizan diferentes técnicas de análisis temporal.

Se ha continuado el estudio estadístico de la variabilidad espectral de una muestra de blazares. Se cuenta con un promedio de 300 espectros de cada objeto, obtenidos de la base de datos del Observatorio Steward, cubriendo alrededor de 10 años. Se está utilizando la técnica de reducción de dimensionalidad conocida como NMF para obtener los principales responsables de la variabilidad observada en estos objetos.

Se ha contribuido al monitorizado óptico del blazar 1ES 0647+250 detectado por los telescopios MAGIC en diciembre de 2019 y 2020 empleando los telescopios de Las Cumbres y el telescopio Liverpool. El objetivo es contribuir al estudio multifrecuencia de este objeto llevado a cabo por un equipo de la colaboración MAGIC, cuyos primeros resultados serán publicados a lo largo del año 2021.

Se ha continuado con las observaciones correspondientes al monitorizado visible/infrarrojo de una muestra de blazares (alrededor de 30), que se está llevando a cabo desde 2011, utilizando los telescopios del Observatorio de Izaña (IAC80, Stella, Las Cumbres y previamente TCS) y también del Observatorio del Roque (Liverpool/Iol). Parte de los datos obtenidos para algunos objetos se han incluido en publicaciones realizadas a lo largo del año (3C 279 en Larionov et al, 2020; 1ES 2344+514 en Acciari et al, 2020).

Se ha contribuido a dos estudios de variabilidad rápida (escalas de minutos/horas) en BL Lac (Weaver et al, 2020) y S5 0716+714 (Raiteri et al, 2021). En ambos casos se usaron datos obtenidos por el satélite TESS con una cadencia de 2 min, combinados con datos obtenidos desde telescopios terrestres. Los tiempos de escala y los retrasos en los diferentes rangos de energía se pueden interpretar en un escenario donde el chorro relativista está formado por plasma turbulento energizado por frentes de choque. La variabilidad a más larga escala se puede interpretar en un modelo geométri-

co donde movimientos helicoidales producen variaciones del factor de amplificación Doppler.

Se envió una propuesta para el ciclo 3 de TESS (I.P: C.M. Raiteri) con el propósito de medir variabilidad rápida en una muestra de blazars, que fue bien considerada por el panel de asignación de tiempo. Hasta el momento se han observado alrededor de una decena de fuentes con cadencia de 2 min. Como apoyo a esta propuesta se hizo un seguimiento fotométrico y polarimétrico usando telescopios terrestres de algunas de estas fuentes. Estos datos se están procesando y se continuará con el análisis durante el año 2021.

Se concluyó el análisis de la espectroscopia de tres blazares obtenida en el rango visible con la finalidad de determinar su distancia a partir del corrimiento al rojo. En todos los casos se pudieron identificar líneas a partir de las cuales medir ese desplazamiento, siendo en dos casos la primera vez que se mide. Además se ha podido determinar las condiciones de excitación del gas emisor de líneas, así como separar y caracterizar la población estelar de la galaxia huésped. Los resultados se han enviado para su publicación.

Se participó en un proyecto de colaboración entre SUBARU y GTC para obtener espectroscopía de objetos con variabilidad rápida identificados en el cartografiado profundo de SUBARU/HSC (Hyper Suprime Cam). Las observaciones realizadas confirman la detección de rasgos espectrales característicos de supernovas extragalácticas.

MACHINE LEARNING Y DEEP LEARNING EN ASTROFÍSICA (P/302000)

Marc Huertas-Portocarrero Company.

Andrés Asensio Ramos, Roberto Banea Calle, Jesús Falcón Barroso, Tobías Felipe García, Ignacio A. Ferreras Páez, Elena García Broock, Regina Sarmiento, Diego Tuccillo y Carlos Westendorp Plaza.

Colaboradora del IAC: María J. Martínez González.

L. Zanisi (Univ. de Southampton, Reino Unido); A. Dekel, O. Ginzburg (Univ. de Jerusalén, Israel); F. Lanusse (Univ. de Berkeley, California, EEUU); J.R. Primack, D.C. Koo (Univ. de California, EEUU); A. Pillepich (Max Planck Heidelberg, Alemania); M. Bernardi, B. Margalef-Bentabol (Univ. de Pennsylvania, EEUU); H. Domínguez-Sánchez (ISS Barcelona); H. Bretonnière (IAC-Orsay); C. Díaz Baso, J. de la Cruz Rodríguez (Univ. de Estocolmo, Suecia); M. Cheung (Lockeed Martin Solar & Astrophysics Lab., EEUU); I. Milic, A. Muñoz Jaramillo (National Solar Obs., EEUU); C. González Fernández (Univ. de Cambridge, Reino Unido).

INTRODUCCIÓN

Proyecto interno de investigación transversal que pretende aglutinar el know-how en Machine Learning y Deep Learning en el IAC. En estos momentos, las aplicaciones de Machine Learning se realizan en algunas líneas de investigación del IAC pero no existe un proyecto que haga de framework general. La idea es que este proyecto encapsule el conocimiento de Machine Learning en el centro y sea el punto de consulta o discusión para cualquier problema relacionado con el Machine Learning. En este sentido, es una línea de investigación un poco peculiar por su transversalidad y carácter consultivo, pero creemos que puede generar la semilla para crear un ambiente de colaboración entre diferentes líneas de investigación del IAC en torno al tema.

DESARROLLO Y RESULTADOS

El grupo se creó en 2020 con la idea de aglomerar el expertise multi disciplinar en Machine Learning en el IAC. Por el momento está constituido de un núcleo de Física Solar y otro de Evolución de Galaxias. En 2020, el inicio de la actividad dentro del IAC se ha visto fuertemente afectada por el COVID-19 al haber tenido que cancelar los foros de discusión presenciales en el IAC.

Machine Learning (ML) aplicado a la Formación de Galaxias

- Detección de anomalías en grandes cartografiados

Se ha desarrollado un método basado en modelos generativos para la detección de objetos raros en grandes cartografiados de imagen profunda. El método ha sido aplicado al survey HSC de Subaru (Storey-Fisher et al. 2020).

- Clasificación y exploración de datos no supervisado

Se está desarrollando un nuevo método no supervisado basado en contrastive learning para visualizar datos no homogéneos del survey IFU 3D de Manga (SDSS IV). Se ha probado que la aproximación propuesta permite eliminar la dependencia de las representaciones con parámetros no físicos y por lo tanto una exploración eficiente de los datos en un espacio de baja dimensión (Sarmiento et al.). Así mismo, se ha explorado la clasificación morfológica no supervisada de galaxias de SDSS mediante autoencoders variacionales (VAEs). Los auto encoders variacionales se han empleado también para el análisis no supervisado de espectros 1D del SDSS en el marco del proyecto Erasmus+ de O. Camilleri (Ferreras, Huertas-Company).

- Clasificación de galaxias en DES

Se ha publicado el mayor catálogo de morfologías de galaxias hasta la fecha. Veinte Siete millones de galaxias del Dark Energy Survey con clasificación mediante redes convolucionales (Vega-Ferrero et al.).

- Preparación de Euclid

Se han dedicado esfuerzos importantes a la preparación de Euclid (misión espacial de la ESA, lanzamiento previsto en 2022). En particular se lidera el grupo científico de trabajo Morfología de Galaxias y las actividades de morfología dentro del OU-MER. Durante 2020 se ha lanzado el denominado "Euclid Morphology Challenge" destinado a comparar varios códigos de ajuste de brillo superficial. De este trabajo debe decidirse en 2021, el código que será desarrollado en el pipeline oficial de Euclid. A parte de desarrollar el challenge, nuestro grupo (Tuccillo) participa en el mismo con un código basado en redes neuronales. Se ha trabajado igualmente en un nuevo método basado en modelos generativos para la simulación de galaxias realistas para Euclid. El método ha sido aprobado por el consorcio y está en proceso de integración en las simulaciones

oficiales. Una publicación oficial Euclid está en curso (Bretonniere et al.). Por último, y en colaboración con los grupos TRACES y Galaxias espirales, se ha estudiado de manera preliminar el uso de redes profundas para la estimación de PSFs en campos profundos.

- Comparación de simulaciones hidrodinámicas con observaciones

Se ha continuado con la exploración del uso de deep learning para comparar de manera sistemática las salidas de simulaciones cosmológicas con datos observaciones. Se ha desarrollado un método basada en Auto-regressive flows para cuantificar de manera no supervisada las diferencias de estructura fina entre galaxias simuladas con la simulación TNG y observadas con SDSS (Zanisi et al. 2021). Se ha empleado una combinación de redes neuronales de segmentación y de clasificación para estudiar las propiedades de cúmulos gigantes de formación estelar en galaxias distantes (Huertas-Company et al. 2020, Ginzburg et al. 2020). Mediante redes convolucionales profundas, se han analizado las morfologías de la simulación TNG50 y comparado con observaciones de TNG50 para constreñir los mecanismos de transformación morfológica y quenching a alto desplazamiento al rojo. Se trata del proyecto de Erasmus+ de Sid Varma (Varma et al.).

Machine Learning (ML) aplicado a Física Solar y Estelar

- Deconvolución en tiempo real

Se ha desarrollado un método no supervisado para la corrección de imágenes solares y estelares afectadas de efectos de distorsión atmosférica. Sólo se necesita un conjunto de imágenes suficientemente grande sin ningún tratamiento extra para entrenar la red neuronal. El método proporciona además el frente de onda instantáneo, que se puede usar posteriormente para corregir datos espectroscópicos. Se han presentado resultados para fuentes estelares puntuales o para objetos extensos como la superficie solar.

- Cartografiado de planetas

Se ha presentado un método para mapear superficies de exoplanetas a partir de la interpretación de su curva de luz reflejada. Este método usa redes neuronales convolucionales definidas en la superficie de una esfera para regularizar un método iterativo basado en el descenso del gradiente y producir mapas realistas. Se ha entrenado con planetas artificiales generados mediante métodos procedurales heredados del desarrollo de videojuegos. Los resultados muestran que, aparte del mapeado de la superficie, es posible detectar sistemas nubosos que están íntimamente relacionados con la presencia de agua líquida en los planetas.

COSMOLOGÍA Y ASTROPARTÍCULAS

ANISOTROPÍA DEL FONDO CÓSMICO DE MICROONDAS (P/308605)

Rafael Rebolo López.

Paz Alonso Arias, Mateo Fernández Torriro, Ricardo T. Génova Santos, Federica Guidi, Carlos M. Gutiérrez de la Cruz, Carlos Hernández Monteagudo, Susana Iglesias Groth, Carlos H. López Carballo, Javier D. Miguel Hernández, Michael Peel, Frédéric N. Poidevin y José A. Rubiño Martín.

Colaboradores del IAC: Marta C. Aguiar González, Patricia C. Fernández Izquierdo, Pablo A. Fuerte Rodríguez, María F. Gómez Reñásco, Eduardo D. González Carretero, Roger J. Hoyland, María R. Pérez de Taoro, Afrodisió Vega Moreno, Teodora A. Viera Curbelo y Antonio Zamora Jiménez.

A. Lasenby, M. Ashwown (Univ. de Cambridge, Reino Unido), L. Piccirillo, B. Watson, C. Dickinson, J. Chluba (Univ. de Manchester, Reino Unido), E. Martínez, P. Vielva, D. Herranz, B. Barreiro, P. Casas (IFCA, Santander), E. Artal (DIMON), F. Atrio (USAL), C. Hernández-Monteagudo (CEFCA), D. Tramonte (Univ. de Kwazulo-Natal, Sudáfrica), C. López Carballo (Univ. La Serena, Chile); R. A. Sunyaev (MPA, Garching, Alemania); E. Battistelli (Univ. la Sapienza, Italia), G. Luzzi (ASI, Italia), P. Molaron (OAT-INAf, Italia); D. Milakovic (Univ. de Trieste, Italia); M. Mugica (OAC, Italia); C.J.A.P. Martins (CAUP, Portugal), M. Barsanelli, A. Mennella (Univ. de Milán, Italia), O. Tajima (Univ. de Kioto, Japón), K. Lee, E. Won (Univ. de Corea, Corea del Sur), C. Otami, S. Mima (RIKEN, Japón), J. Suzuki (KEK, Japón); J. Macías (LPSC, Grenoble, Francia).

INTRODUCCIÓN

El objetivo general de este Proyecto es determinar y estudiar las variaciones espaciales y espectrales en la temperatura del Fondo Cósmico de Microondas y en su Polarización en un amplio rango de escalas angulares que van desde pocos minutos de arco hasta varios grados. Las fluctuaciones primordiales en la densidad de materia, que dieron origen a las estructuras en la distribución de materia del

Universo actual, debieron dejar una huella impresa en el Fondo de Microondas en forma de irregularidades en la distribución espacial de su temperatura. Experimentos pioneros como COBE (galardonados dos de sus investigadores principales con el Premio Nobel de Física en 2006) o Tenerife demostraron que el nivel de anisotropía en escalas angulares de varios grados está en torno a una parte en cien mil. La obtención de mapas del Fondo de Microondas en varias frecuencias y con sensibilidad suficiente para detectar estructuras a estos niveles es fundamental para obtener información sobre el espectro de potencias de las fluctuaciones primordiales en densidad, la existencia de un periodo inflacionario en el Universo muy temprano y la naturaleza de la materia y energía oscura. Más recientemente el satélite WMAP ha obtenido mapas del Fondo Cósmico de Microondas que han permitido establecer cotas sobre múltiples parámetros cosmológicos con precisiones mejores que el 10%.

El Proyecto concentra sus esfuerzos en realizar medidas a más alta resolución espacial y sensibilidad que las obtenidas por este satélite. En el pasado se utilizaron con este fin experimentos como Tenerife, el IAC-Bartol o el interferómetro JBO-IAC, todos ellos desde el Observatorio del Teide. Más recientemente, el experimento interferométrico Very Small Array a 33 GHz fue operativo entre 1999 y 2008. Durante este tiempo también realizó observaciones desde el observatorio del Teide el experimento COSMOSOMAS, cuyo objetivo era, además de la medida de las anisotropías del CMB, la caracterización de los contaminantes galácticos.

En los últimos 10 la actividad de este Proyecto se ha centrado en la explotación científica de los datos del satélite Planck, y en la construcción, la operación y la explotación científica de los datos del experimento QUIJOTE. En la actualidad, una vez el Proyecto Planck ha finalizado, la actividad se centra en la explotación científica de QUIJOTE, en el desarrollo y construcción de nueva instrumentación para el Proyecto QUIJOTE, y en el desarrollo de nuevos experimentos que están siendo o que serán próximamente instalados en el Observatorio del Teide: GroundBIRD, LSPE-STRIP y TMS.

El Proyecto también explora instrumentación de CMB nueva generación en el contexto de una hoja de ruta coordinada a nivel europeo, y la participación en la nueva misión espacial Litebird (JAXA/NASA/ESA), para la medida de la polarización del CMB, prevista para 2029.

Web: <http://research.iac.es/project/cmb>.

HITOS

Enero

Envío de un artículo sobre el estudio de la AME en Lambda-Orionis, con datos de QUIJOTE y CBASS.

- Marzo-abril

Definición de los modelos finales de calibración del MFI, en intensidad y polarización.

- Julio

Observaciones con el MFI para caracterización de linealidad, respuesta espectral y eficiencia de polarización. Análisis y consolidación de resultados.

- Noviembre

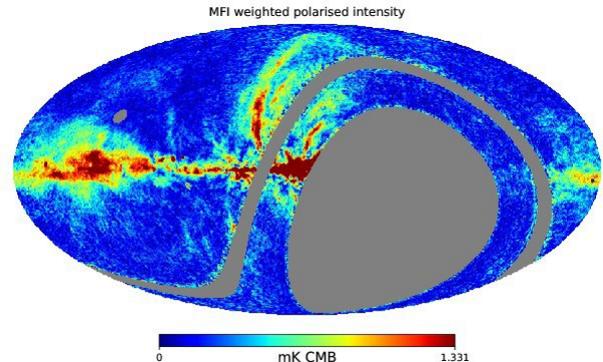
Finalización de los mapas del MFI de todo el Hemisferio Norte. Distribución al consorcio.

DESARROLLO Y RESULTADOS

QUIJOTE

La mayor parte de la actividad durante 2020 estuvo relacionada con el proyecto QUIJOTE, en particular en la introducción de diversas mejoras en el procesado de datos del experimento MFI, y en la finalización de los mapas del “wide survey”, que serán los primeros mapas de polarización en el rango 10-20 GHz de todo el hemisferio norte, y que serán liberados al público en 2021 (véase figura inferior). Gran parte del esfuerzo estuvo centrado en mejorar distintos aspectos de la calibración: i) determinación más precisa de la escala global de calibración en intensidad, mediante el refinamiento de los modelos de Tau A, Cas A y Cyg A derivados de datos de WMAP y Planck (mejoras en las correcciones de color, en los modelos de variación secular de Tau A y Cas A, etc.), lo cual ha dado lugar a una mejora en la incertidumbre global de calibración desde aproximadamente el 10% hasta el 4% actual, ii) aplicación de múltiples pruebas para verificar esta escala de calibración global (extracción de flujos de Venus y Júpiter, y comparación con modelos, correlaciones con un mapa de CMB, estudio de fuentes variables como 3C454, Tau A y Cas A, y de otros transients, con el objetivo

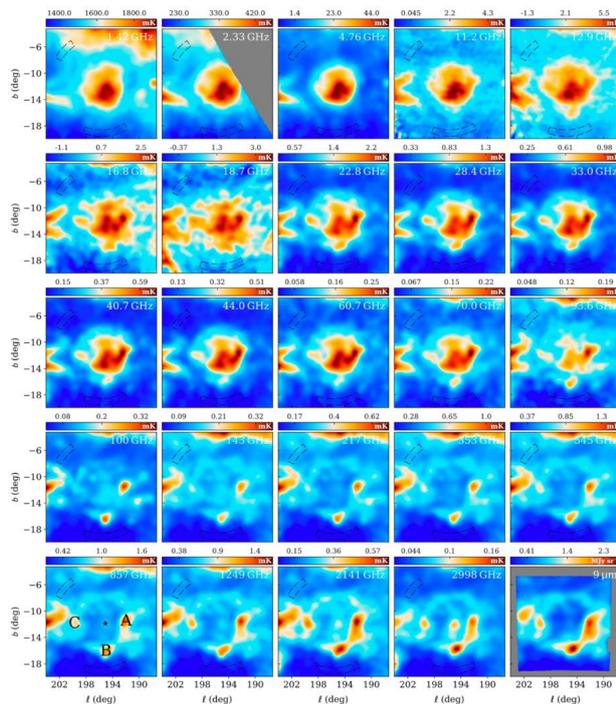
de caracterizar la calibración interna relativa) iii) nuevas medidas de la transmisión espectral de los detectores, realizadas en julio de 2020, que han dado lugar a una mejora en la caracterización de las propias correcciones de color de QUIJOTE, iv) caracterización de la eficiencia de polarización del instrumento, utilizando esas mismas medidas, lo cual ha repercutido en una notable mejora en la incertidumbre asociada a la amplitud de la señal polarizada, v) mejoras en la caracterización de los patrones de recepción, basada en nuevas simulaciones realizadas en 2020 con el objetivo de investigar la variación de la forma del haz con la frecuencia dentro de la banda espectral del instrumento, así como la componente de leakage entre intensidad y polarización debida a diferencias entre la forma del haz co-polar en las dos direcciones ortogonales, vi) mejora en la determinación de la dirección de polarización, a través de correlaciones entre QUIJOTE y WMAP. Todo este trabajo ha resultado en una mejora considerable en la calidad de los mapas finales, en particular en sus efectos sistemáticos, y en la incertidumbre de su calibración final, aspectos éstos fundamentales (además de su buena sensibilidad) para poder extraer el mayor aprovechamiento científico de los mismos.



Mapa de intensidad polarizada de la combinación de los cuatro canales de frecuencia de QUIJOTE.

En paralelo se ha trabajado en la explotación científica de estas observaciones, y en el procesado de datos de otras observaciones realizadas en modo raster scan (M31, rho-Ophiuchus, W51, IC443, Haze), en las que también introdujimos algunas de las mejoras mencionadas anteriormente. Los resultados científicos derivados de estas observaciones, junto con los derivados del wide-survey, serán publicados en una serie de aproximadamente 10 artículos, de los cuales al menos 5 queremos finalizar y enviar a publicar en 2021, junto con la liberación de los datos del wide survey. Algunos de estos artículos ya están en una fase bastante avanzada de escritura. En 2020 se

publicó un artículo sobre la caracterización de la Emisión Anómala de Microondas (AME) en lambda-Orionis (Cepeda-Arroita et al. 2020, MNRAS), combinando datos de QUIJOTE con C-BASS (ver figura inferior). En este artículo se ha encontrado por primera vez una variación espacial sistemática en la frecuencia del máximo con la AME. Asimismo se envió a publicar un artículo en el que analizamos observaciones con el interferómetro VLA de fuentes puntuales en los campos cosmológicos de QUIJOTE, y estudiamos las implicaciones sobre la extracción de la señal cosmológica. Este artículo ha sido aceptado a principios de 2021 (Perrott et al. 2021, MNRAS).



Mapas de la región Lambda Orionis presentados en Cepeda-Arroita et al. 2020. Los mapas de QUIJOTE, a 11.2, 12.9, 16.8 y 18.7 GHz, muestran con claridad la presencia de AME asociada a la región HII interior, mientras que los mapas a más alta frecuencia muestran la emisión térmica de un anillo de granos de polvo circundante que es iluminado por la radiación procedente de estrellas situadas en la región central.

KISS

Este espectrómetro (100-300 GHz, Instituto Neel, LSPC Grenoble) fue instalado en el plano focal del primer telescopio QUIJOTE en 2019, y desde entonces hemos estado realizando observaciones de forma intermitente de varios calibradores (Tau A y Júpiter), de algunos cúmulos de galaxias (Coma) y de algunas regiones de emisión galáctica. Se ha prestado apoyo en las tareas de mantenimiento de este instrumento, en la realización de estas observaciones, y parcialmente en la reducción y análisis de los datos (caracterización y ajuste

del modelo de apuntado, caracterización de las propiedades del ruido, calibración, corrección de la opacidad atmosférica, y elaboración de mapas de calibradores).

GroundBIRD

En septiembre de 2019 se instaló el telescopio GroundBIRD (150 y 220 GHz) en el Observatorio del Teide, y ese mismo mes vio primera luz. El postdoc asociado a este proyecto (M. Peel) ha trabajado durante 2020 en el análisis de estos datos (junto con otros miembros del equipo en el IAC y de la colaboración), y en el desarrollo de una pipeline específica para analizar datos de este telescopio. Actualmente se está desarrollando dos nuevos conjuntos de detectores con mayor sensibilidad, en RIKEN (Japón) y en SRON (Países Bajos), que se pretende instalar en abril/mayo de 2021. Toda esta actividad se ha visto negativamente afectada por la pandemia, que ha evitado que nuestros colaboradores japoneses hayan podido venir a Tenerife. Durante 2020 se realizó una auditoría de seguridad, y se ha comenzado a implementar algunas de las actuaciones derivadas, para lo cual hemos contado con el apoyo del área de instrumentación. También hemos contado con apoyo del área de instrumentación para el acondicionamiento de una zona cercana a GroundBIRD donde se instalarán dos monitores de opacidad atmosférica (uno desarrollado por la empresa japonesa Furuno y otro perteneciente a la colaboración EHT) y una cámara IR para la monitorización de nubes desarrollada por la Universidad de Corea.

LSPE-STRIP

Este telescopio (40 y 90 GHz, Univ. de Milán) será instalado en el OT en verano de 2022. Se ha continuado trabajando en colaboración con el grupo de Milán para la consecución de este objetivo. El postdoc asociado al proyecto STRIP (C. Lopez-Caraballo) ha contribuido a la caracterización del instrumento, al desarrollo de software para llevar a cabo pruebas y el análisis de datos de laboratorio enfocados en el sistema de adquisición y de funcionamiento del instrumento, en particular efectos sistemáticos debidos a las configuraciones de parámetros del instrumento. También se ha contribuido a un estudio detallado del impacto de la contaminación atmosférica en datos de STRIP, al diseño de la estrategia de calibración en el cielo, al diseño y preparación para realizar observaciones de calibración basadas en la emisión de una señal desde un dron, y al estudio del modelo de la respuesta instrumental. Parte de estos estudios serán presentados en una serie de ~20 artículos técnicos

que se publicarán en un número especial de la revista JInst, y que actualmente están siendo preparados. Durante 2020 hemos finalizado el proceso de licitación de la cimentación y cúpula de STRIP, asignado a la empresa CMN, y se ha iniciado el diseño preliminar.

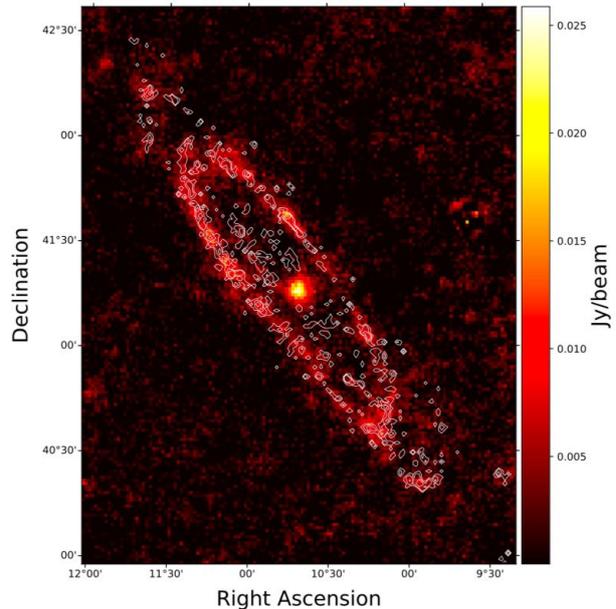
LiteBIRD

LiteBIRD es una misión espacial liderada por la agencia espacial japonesa (JAXA), actualmente en fase A y con lanzamiento previsto en 2029, cuyo objetivo es observar en todo el cielo la polarización del fondo cósmico de microondas, en el rango 40-400 GHz, con el objetivo de detectar los modos B de la inflación hasta una sensibilidad $r=0.001$. Desde 2019 grupo de CMB del IAC participa en esta misión, a través de un consorcio europeo que tiene la principal responsabilidad de construir uno de los dos telescopios de esta misión. Actualmente esta participación está centrada dos aspectos: i) el estudio del impacto en los datos de LiteBIRD de la emisión sincrotrón, utilizando los mapas de QUIJOTE, y ii) la calibración del instrumento, en particular de la dirección de polarización, y la caracterización de los haces. Durante 2020 se ha contribuido activamente a estos dos grupos de trabajo, y se realizó un estudio de la sensibilidad en la calibración del ángulo de polarización utilizando fuentes astronómicas, que fue presentado y discutido en varias teleconferencias de este consorcio. Se ha contribuido también a la escritura de un artículo en el que se presentarán los principales objetivos científicos y el diseño de esta misión, y que será enviado en 2021 a PTEP.

Sardinia Radio Telescope (SRT)

En los dos últimos años el grupo de cosmología del IAC ha estado involucrado en cuatro programas de observación diferentes en el Sardinia Radio Telescope (SRT), en diferentes regiones: i) M31, ii) Tau A, iii) nube molecular de Perseo y iv) tres radio galaxias (M51, NGC6946 y NGC891). Los últimos tres han sido liderados por el IAC. En 2020 se contribuyó a un artículo (Fatigoni et al. 2020, enviado a MNRAS) en el que utilizamos el mapa de M31 obtenido con el SRT a 6.7 GHz (ver figura inferior) para estudiar y separar las dos principales componentes de emisión en esta frecuencia, térmica y no térmica, en distintas regiones de M31. Las campañas de observación en Tau A finalizaron en 2019 y en 2020 se ha trabajado, de forma intermitente, en la reducción de estos datos. Actualmente los datos están calibrados, se han obtenidos mapas, y falta por solucionar un aspecto relacionado con ondas estacionarias en los datos, antes de proceder a su publicación.

Se ha trabajado también en el procesado de los datos en banda K (23 GHz) en la nube molecular de Perseo. Durante 2020 se realizaron parte de las observaciones relacionadas con el cuarto programa de observación (tres radio galaxias), y se ha llevado a cabo una reducción preliminar. Este programa finalizó a principios de 2021.



Mapa de M31 obtenido con el SRT a 6.7 GHz (Fatigoni et al. 2020).

ESPRESSO

Desde 2019 el grupo de cosmología del IAC participa en la parte del GTO de ESPRESSO (espectrógrafo de alta estabilidad y resolución espectral en el Telescopio VLT) dedicado a cosmología, y en particular al estudio de una posible variación de las constantes fundamentales de la Física, y la medida de la temperatura del CMB a alto desplazamiento al rojo. En 2020 participamos en un estudio sobre la calibración en longitud de onda de este instrumento (Schmidt et al. 2020).

Otros

Se ha participado también en otros estudios teóricos y observacionales relacionados con la emisión anómala de microondas. En particular, hemos participado en un artículo en el que ajustamos un modelo basado en granos de polvo amorfo a datos de QUIJOTE (Nashimoto et al. 2020), y en otro artículo en el que se caracterizó la AME en la región rho-Ophiuchus utilizando datos del interferómetro CBI (Arce-Tord et al. 2020).

Nuevos proyectos

Durante 2020 han continuado las conversaciones, en el contexto del European Coordination CMB group (<https://wiki.e-cmb.org/>), para desarrollar e implementar una hoja de ruta coordinada de la investigación en CMB en los próximos años. En particular, hemos trabajado en la redacción de un MoU para formar el consorcio ELFS (European Low Frequency Survey), en el que participan, además del IAC, el IFCA, las universidades de Milán, Oxford y Toulouse, y SISSA.

ASTROFÍSICA RELATIVISTA Y TEÓRICA (P/308806)

Evencio Mediavilla Gradolph.

Ana Esteban Gutiérrez, Alejandro Oscoz Abad y Ricardo Scarpa.

E. Falco (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, EEUU); E. Simonneau (IAP, Francia); L. Popovic (Obs. Astronómico Belgrado, Yugoslavia); R. Gil-Merino (Univ. de Málaga); C.S. Kochanek (Univ. de Ohio, EEUU); V. Motta (Univ. Valparaiso, Chile); P. Gómez (ESAC): T. Mediavilla; O. Ariza (UCA); C. González-Morcillo (UCLM); J. Jiménez (UGR); C. Fian (Univ. de Tel Aviv-Univ. de Haifa, Israel).

INTRODUCCIÓN

El estudio de las lentes gravitatorias proporciona poderosas herramientas en Astrofísica y Cosmología. Las principales aplicaciones de las lentes gravitatorias en las que se centra este Proyecto son las siguientes: (i) estudiar la presencia de subestructura de materia oscura en las galaxias lente a partir de las anomalías en la magnificación de las imágenes múltiples de quásares (microlensing), (ii) estudiar la estructura no resuelta de los discos de acreción en los quásares (tamaño, perfil de temperaturas, perfil de luminosidad) a partir de las alteraciones inducidas por el efecto microlente en el continuo y en las líneas de emisión, (iii) estudiar la estructura y la cinemática de la región emisora de líneas anchas en quásares a partir de la respuesta de los perfiles de las líneas de emisión anchas al efecto microlente y de la variabilidad de esta respuesta, (iv) estudiar la “dinámica del Universo” a partir de las velocidades peculiares de las galaxias lente inferidas del ritmo de variabilidad inducido por el efecto microlente y, (v) desarrollar nuevos métodos numéricos y estadísticos para estudiar el efecto microlente.

HITOS

Estudios del efecto microlente en quásares indican que la población de agujeros negros con masas en el rango inferido a partir de las observaciones de ondas gravitatorias obtenidas con LIGO/Virgo (10 a 60 masas solares), constituye sólo una fracción muy pequeña de la materia total (menos del 1%).

Se ha comprobado, de acuerdo con estudios de ionización independientes, que el blend FeIII[2039-2113] se origina en una región homogénea, confinada cerca del núcleo de los quásares (probablemente en el disco de acre-

ción), confirmando el origen gravitatorio del desplazamiento al rojo medido en esta característica espectral.

DESARROLLO Y RESULTADOS

A lo largo de este año las investigaciones se han centrado en la aplicación del efecto microlente al estudio de la estructura no resuelta de los quásares (agujero negro central, disco de acreción y región generadora de las líneas de emisión anchas) y de las galaxias lente (agujeros negros primordiales).

En la línea de investigación sobre el impacto del efecto microlente en las líneas de emisión anchas, se ha comenzado un estudio basado en la variabilidad inducida por este efecto en la línea del CIV. La idea es determinar la curva de rotación a partir de la magnificación diferencial inducida por el efecto microlente en el perfil de la línea. Se ha comprobado que la intensidad del efecto microlente es más grande (y por tanto el tamaño de la región emisora es menor) para velocidades mayores. Por otro lado, en el sistema 1004, la magnificación debida al efecto microlente se ha transmitido del ala azul al ala roja, lo que indica una cinemática cilíndrica y permite, teniendo en cuenta el tiempo en el que se ha producido esta transición, obtener una estimación alternativa de la masa del agujero negro central. Comparando esta estimación, con las masas virial y gravitatoria, se podrá determinar la inclinación del sistema y obtener la curva de rotación del gas ionizado.

Utilizando espectros de archivo (BOSS), se están estudiando posibles relaciones entre los parámetros observacionales de los quásares (desplazamiento al rojo cosmológico, luminosidad del quásar, índice espectral, etc.) y parámetros fundamentales del disco de acreción (masa del agujero negro supermasivo central, dimensiones, perfil de temperatura, etc.). Los resultados experimentales indican una amplia variabilidad del gradiente de temperatura del disco con la relación masa del agujero negro/tamaño del disco (en acuerdo con resultados independientes de microlensing), que debería de ser considerada en los modelos fenomenológicos de los discos de acreción de los quásares.

Se ha profundizado en el estudio del origen del blend UV del hierro FeIII[2039-2113] que, de acuerdo a resultados previos (Mediavilla et al. 2018 ApJ, 862, 104), permite medir el desplazamiento al rojo gravitatorio del gas ionizado en quásares. Además de las evidencias basadas en microlensing, “reverberation mapping” y estudios de fotoionización, se ha demostra-

do que el perfil del blend puede ajustarse muy bien con una sola componente cinemática, resultado que apoya el confinamiento del gas en una región cercana al núcleo del quásar y, consecuentemente, el origen gravitatorio del desplazamiento al rojo medido en el blend.

Se ha estudiado la posible existencia de una población de agujeros negros (con masas en el rango inferido por LIGO y Virgo a partir de las fusiones de sistemas binarios de agujeros negros) utilizando las observaciones del efecto microlente en quásares. Se ha considerado una población mixta de estrellas y agujeros negros y la presencia de una componente adicional de materia oscura distribuida homogéneamente. Los cálculos indican que una población de agujeros negros con masas de 30 veces la solar constituye menos del 1% de la materia total. Para masas mayores la abundancia es aún menor. Por el contrario para masas de agujeros negros más pequeñas, la abundancia puede aumentar moderadamente hasta el 4%. Estos resultados están de acuerdo con las estimaciones de las abundancias de los agujeros negros a partir de las estadísticas de las fusiones de LIGO/Virgo y descartan que los agujeros negros primordiales (y cualquier tipo de objeto compacto en general), en el rango de masas detectadas por LIGO/Virgo, puedan constituir una fracción significativa de la materia oscura.

Además de este estudio estadístico, se ha elaborado un argumento de carácter general, basado en el impacto del tamaño finito de los quásares en la frecuencia y amplitud del efecto microlente que demuestra que esta estadística es muy sensible a la masa de las micro-

lentes y que, para los tamaños típicos de los quásares, permite distinguir entre estrellas y agujeros negros masivos. La comparación con el histograma observacional de magnificaciones del flujo luminoso de quásares debidas al efecto microlente, indica que los agujeros negros masivos generarían grandes magnificaciones que no se observan habitualmente. Este argumento también descarta la existencia de una población significativa de agujeros negros de masa intermedia.

En esta misma línea de investigación, seguimos estudiando el impacto de la posible agrupación de los agujeros negros primordiales en cúmulos en la determinación de la amplitud del efecto microlente. En principio los cúmulos actuarían como pseudo-partículas de una masa enorme y podrían afectar también a la zona emisora de líneas anchas que se usa frecuentemente como referencia de microlensing cero, ya que no se ve afectada por las masas típicas de los agujeros negros. Si este fuera el caso, los agujeros negros primordiales podrían pasar desapercibidos.

Finalmente, se han seguido estudiando las posibilidades de la espectroastrometría de una sola época para medir el efecto microlente astrométrico. Se ha analizado un caso típico para estudiar la dependencia de los desplazamientos de los fotocentros con la magnificación inducida por la lente, con el tamaño de la fuente, y con la fracción de masa en microlentes. También se ha estudiado la correlación entre la amplitud del desplazamiento astrométrico y el aumento del flujo inducidos por el efecto microlente.

EXPERIMENTO QUIJOTE CMB (P/401199/03)

José A. Rubiño Martín.

Paz Alonso Arias, Mateo Fernández Torriro, Rricardo T. Génova Santos, Federica Guidi, Carlos M. Gutiérrez de la Cruz, Carlos Hernández Monteagudo, Carlos H. López Caraballo, Javier D. Miguel Hernández, Michael Peel y Rafael Rebolo López.

Colaboradores del IAC: Marta Aguiar González, Patricia C. Fernández Izquierdo, Pablo A. Fuerte Rodríguez, María F. Gómez Reñasco, Eduardo D. González Carretero, Roder J. Hoyland, María R. Pérez de Taoro, Afrodisio Vega Moreno, Teodora A. Viera Curbelo y Antonio Zamora Jiménez.

A. Lasenby, M. Ashdown (Univ. de Cambridge, Reino Unido); L. Piccirillo, B. Watson, J. Chluba (Univ. de Manchester, Reino Unido), E. Martínez-González, P. Vielva, D. Herranz, R.B. Barreiro, P. Casas (IFCA), E. Artal (DICOM).

INTRODUCCIÓN

El experimento QUIJOTE (Q U I JOint TEnerife) tiene como objetivo caracterizar la polarización del Fondo Cósmico de Microondas (FCM) y otros procesos de emisión Galáctica y extra-galáctica en el rango de frecuencias de 10-42 GHz, y a grandes escalas angulares (1 grado de resolución). Las medidas de QUIJOTE complementan a baja frecuencia las que ha obtenido el satélite Planck (ESA), y permiten caracterizar con precisión la polarización de la emisión sincrotrón y la emisión anómala de microondas de nuestra Galaxia.

El experimento consta de dos telescopios (QT-1 y QT-2) y tres instrumentos (MFI, TGI y FGI) que cubren 6 bandas de frecuencia. El MFI (Multi-Frequency Instrument) observa en 4 bandas (11, 13, 17 y 19GHz), y ha estado en operación en el QT-1 desde noviembre de 2012 hasta finales de 2018. Los instrumentos TGI (Thirty GHz Instrument) y FGI (Forty GHz Instrument) tienen cada uno 31 receptores, a 30GHz y 42GHz respectivamente. El TGI tuvo su primera luz con 27 polarímetros en diciembre de 2016, y los primeros detectores del FGI tuvieron primera luz en 2018. En la actualidad, ambos instrumentos TGI y FGI se han integrado en un único criostato en el foco del QT-2, en una configuración mixta de 14 receptores de 30GHz, y 15 de 42GHz. TGI y FGI han sido diseñados para alcanzar la sensibilidad necesaria para detectar una componente de ondas gravitacionales primordial si ésta tuviera una razón tensorial a escalar de $r=0.05$. Dicha com-

ponente deja su impronta en el espectro de potencias de la polarización del FCM en forma de los denominados "modos-B". La detección de dichos modos-B abriría un camino extraordinario para esclarecer la física de la inflación.

Para alcanzar los objetivos científicos, los mapas para estudios cosmológicos de QUIJOTE cubrirán un área de unos 3,000 grados cuadrados, y alcanzarán un nivel de sensibilidad de 3-4 microK por haz en 11-19GHz, y 1 microK por haz tanto a 30GHz como a 42 GHz. Además, el experimento proporciona mapas de medio cielo (20,000 deg²) que se han usado para modelar la emisión de los contaminantes en radio (sincrotrón, libre-libre y emisión anómala), en el contexto del proyecto RADIOFOREGROUNDS: <http://www.radioforegrounds.eu>.

En paralelo, se desarrollan dos nuevos instrumentos, financiados en su mayor parte por fondos del plan de infraestructuras, equipamiento científico-técnico y INSIDE-OOCC: un nuevo Multi-Frecuencia (MFI2), que sustituirá al actual MFI incluyendo mejores prestaciones; y el TMS (Tenerife Microwave Spectrometer), un espectrógrafo de microondas también en el rango 10-20 GHz complementario a QUIJOTE. Mientras se construye el MFI2, desde el QT-1 se ha operado el instrumento visitante KISS, de la Univ. de Grenoble.

El proyecto QUIJOTE, liderado por el IAC, tiene como socios al Instituto de Física de Cantabria (IFCA), al Departamento de Ingeniería de Comunicaciones (DICOM), y las Universidades de Manchester y Cambridge en Reino Unido. Web: <http://research.iac.es/project/cmb/quijote>.

HITOS

Finalización de pruebas de aceptación del criostato MFI2.

- Junio-agosto

Encendido del MFI y calibración de respuesta espectral, eficiencia polar y linealidad.

- Septiembre

Adjudicación del contrato para el diseño y fabricación de la montura del TMS.

- Noviembre

Mapas finales del wide survey del MFI distribuidos al consorcio.

DESARROLLO Y RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante 2020 en cada uno de los aspectos técnicos del proyecto QUIJOTE. Un

informe más detallado se encuentra en el apartado correspondiente del Área de Instrumentación (P/401199). Los resultados relacionados con aspectos científicos se presentan en el informe del proyecto P/308605.

Primer Telescopio QT1 y su instrumentación

MFI. Fue decomisionado en diciembre de 2018, aunque durante 2020 se volvió a poner en marcha para realizar medidas detalladas de la respuesta espectral, eficiencia polar y la linealidad del sistema. Para poder realizar dichas medidas, fue necesario fabricar en el taller de mecánica adaptadores para el sistema de calibración, así como el uso de alguna de las bocinas que se han fabricado para el MFI2. Las medidas han permitido caracterizar la respuesta espectral en intensidad y polarización del instrumento, y medir la eficiencia polar con precisiones al nivel del 1%. Estos resultados son esenciales para finalizar el “data release” de MFI.

MFI2. Durante 2020 se han llevado a cabo las pruebas de aceptación del criostato MFI2, recibido en 2019. El criostato cumple los requisitos de presión y temperatura esperada en la posición de los LNAs ($< 20\text{K}$). Las bocinas del MFI2, réplicas de las del antiguo MFI, fueron diseñadas, fabricadas y ensambladas en el taller de mecánica del IAC. La fabricación comenzó en diciembre de 2019 y terminó en noviembre de 2020, a falta de realizar el tratamiento superficial de las piezas. Los elementos comerciales necesarios para la integración del instrumento como cables, conectores, juntas, etc., se han recibido a lo largo de 2020. Algunos de estos componentes como el mylar o los pasamuros de los conectores de RF tienen un plazo de entrega más largo y se esperan para el mes de abril de 2021.

KISS. El instrumento visitante KISS es el fruto de una colaboración científica con Grenoble (Institut Néel, LPSC & IPAG), Tenerife (IAC) y Roma (La Sapienza). Se trata de un espectrómetro Martin-Puplett de baja resolución ($\Delta\nu = 1\text{-}3\text{ GHz}$), acoplado a una cámara basada en detectores KIDs (80-200 GHz) con un sistema de dilución de He para alcanzar temperaturas de 100mK. La motivación científica es realizar espectroscopia de baja resolución para caracterizar el espectro de cúmulos de galaxias a través del efecto SZ (Sunyaev-Zeldovich), extrayendo sus distintas componentes (presión, temperatura y velocidad). Se encuentra en operación desde el primer semestre de 2019. Desde el IAC se ha apoyado en la operación del instrumento, así como en el desarrollo de

la pipeline de procesamiento de datos, en aspectos relacionados con el modelo de apuntado.

Segundo Telescopio QT2 y su instrumentación

FTGI. El instrumento se traslada a la sala de AIV en julio de 2019 para la realización de un plan de pruebas exhaustivo con el objetivo de detectar la causa de las pérdidas periódicas de vacío. Por diferentes razones, en gran medida relacionadas con la pandemia, estas pruebas no se realizaron hasta septiembre de 2020. De las pruebas de fugas se concluyó que la causa principal procede de algunos de los conectores comerciales de Tekdata. Estos elementos se adquieren con tests de vacío certificados, por lo que se concluye que por algún motivo pierden la estanqueidad con el tiempo. El fabricante no apunta ninguna explicación ni solución. Las principales acciones correctivas, tanto para mejorar las condiciones de vacío iniciales como para minimizar las microfugas existentes han sido: remecanizado de las tapas hexagonales de los píxeles para mejorar el asiento radial de la junta tórica; adquisición de pasamuros nuevos para sustituir los conectores existentes; pulido a espejo de las caras internas de ambas tapas del criostato; retirada del VDA y cinta de Al para evitar desgasificación de material; renovación de las juntas tóricas en todas las uniones de la cámara de vacío; cambio de todos los filtros IR por detectarse deterioro evidente y posible fuente de desgasificación. Tanto las pruebas como las acciones propuestas se han ido ejecutando según la disponibilidad de las horas de ingeniería, puesto que la prioridad se estableció en el apoyo al instrumento KISS y el desarrollo del nuevo MFI2. El objetivo es reiniciar la operación con un grupo central de siete píxeles, con todas estas mejoras implementadas, en primavera de 2021.

Espectrógrafo TMS

Criostato. Durante el año 2020 se avanzó en el diseño interno de la estructura fría con el análisis térmico del diseño preliminar propuesto. En el IAC también se diseña el sistema óptico de dos reflectores que adapta el haz incidente a la bocina de banda ancha, diseñada y fabricada en el IAC, y verificada en colaboración con la Universidad de Milán. Otros subsistemas cuyo diseño y fabricación realiza el equipo de ingeniería de QUIJOTE son las OMTs y los híbridos de banda ancha, cuyas prestaciones no se consiguen con elementos comerciales, así como la electrónica de control del instrumento.

Montura. A finales de septiembre se celebró la mesa de contratación de la montura del instrumento, que fue adjudicado a la compañía IDOM. La adjudicación final del contrato está prevista para febrero de 2021.

Cúpula: Se seleccionó una cúpula del fabricante Astroshell, tras haber analizado una idéntica instalada en en el Observatorio del Teide (Izaña) por el Proyecto MASTER, verificando su validez para el TMS. La cúpula se entregó en noviembre de 2020, si bien no ha podido instalarse puesto que la obra de cimentación, dependiente del contrato de la montura, no se ha iniciado aún.

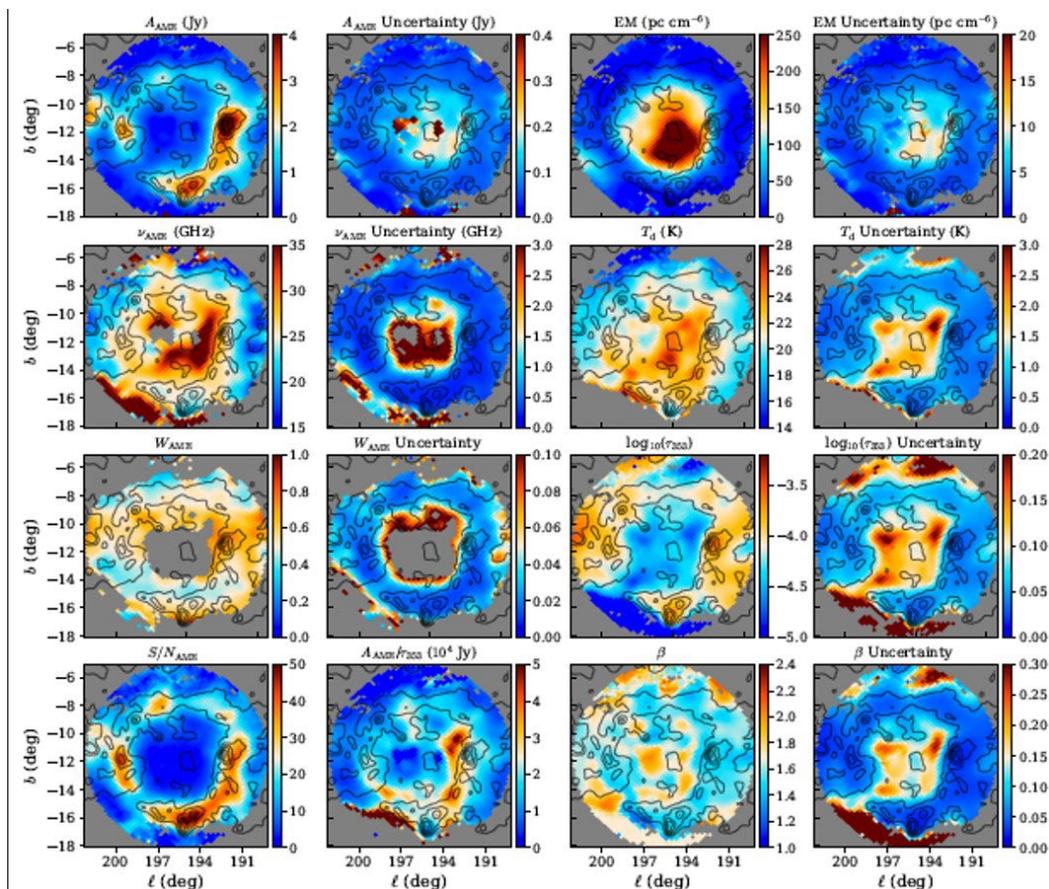
Carga criogénica a 4K. Este elemento se ha desarrollado en colaboración con el INAF de Bolonia (Italia), donde existe un grupo de trabajo que ya ha fabricado sistemas similares para otros proyectos. El dispositivo se encuentra prácticamente terminado, está ya fabricado y en fase de pruebas y caracterización.

Resultados científicos de QUIJOTE

MFI widey survey. Durante 2020 se ha finalizado la producción de los mapas asociados al “wide survey” con el MFI, que cubren el

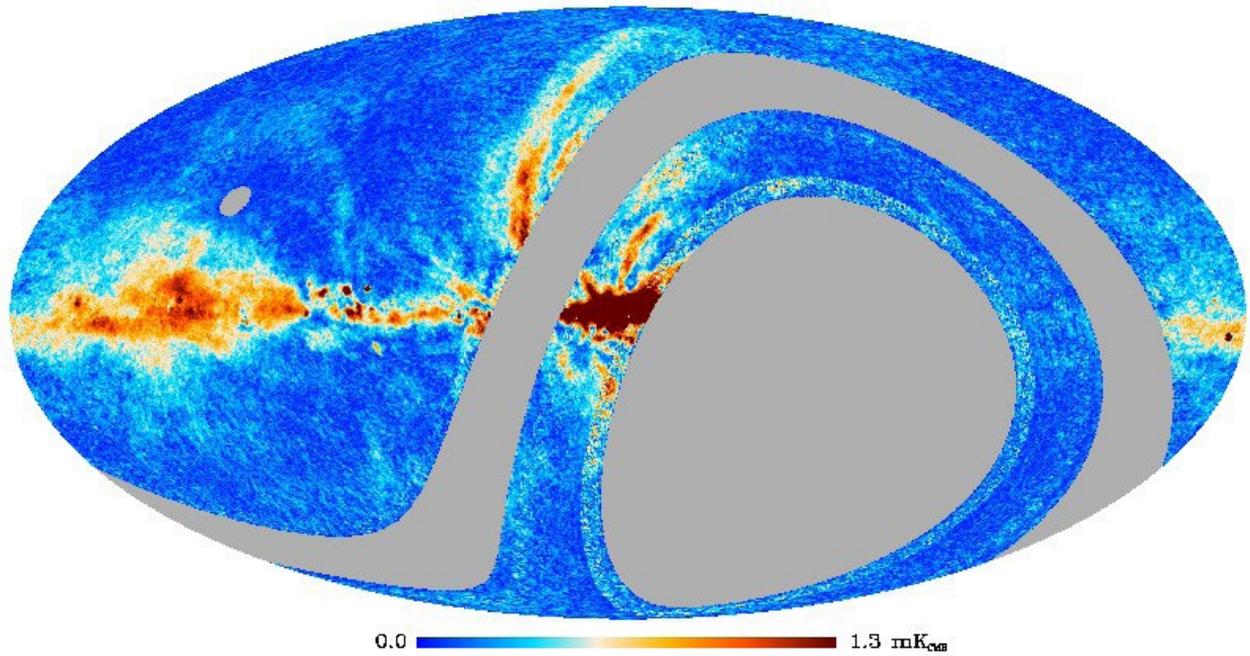
hemisferio norte a 11, 13, 17 y 19GHz, con una sensibilidad en polarización lineal de aproximadamente 40-50 microK/deg. Los esfuerzos en 2020 han estado focalizados en mejorar y caracterizar la calibración del instrumento, incluyendo el modelo de ganancia, la respuesta polar, los haces y la respuesta espectral. Los mapas finales han sido puestos a disposición del consorcio Quijote en noviembre de 2020, para poder elaborar los 12 artículos científicos asociados. Uno de esos artículos (Estudio de la variabilidad de los parámetros del AME en Lambda Orionis, por Cepeda-Arroita et al.) ya ha sido enviado a publicación, y el resto se espera enviar en la primera mitad de 2021.

Se ha finalizado el estudio la fotometría y variabilidad de las radiofuentes en los campos cosmológicos de QUIJOTE, usando medidas de VLA entre 28 y 40 GHz. Los resultados del programa se incluyen en un artículo que se ha enviado a publicar (Perrott et al.). El catálogo final de fuentes está públicamente disponible en la web de RADIOFOREGROUNDS (<http://www.radioforegrounds.eu/>, en el apartado “Data Products”).

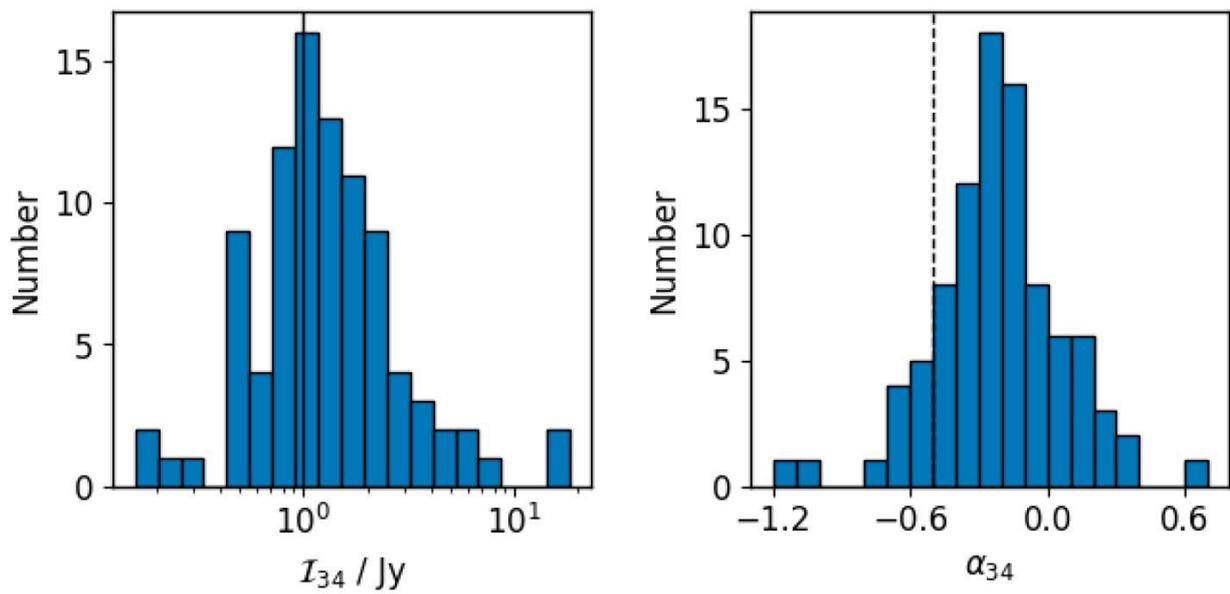


Detección de variaciones espectrales de las propiedades del AME en la región de Lambda Orionis, combinando QUIJOTE, C-BASS, Planck y WMAP (Cepeda-Arroita et al. 2020).

QUIJOTE 11GHz (P)



Mapa de intensidad polarizada a 11GHz, basado en los datos del “wide survey” del MFI (Rubiño-Martin et al).



Histogramas con la distribución de fuentes en intensidad de flujo total a 34GHz (izquierda) e índices espectrales (derecha) obtenidos con las observaciones del VLA de las radiofuentes en los campos cosmológicos de QUIJOTE (Perrott et al. 2020).

COSMOLOGÍA CON TRAZADORES DE LA ESTRUCTURA A GRAN ESCALA DEL UNIVERSO (P/301203)

Francisco S. Kiatura Joyanes.

Andrés Balaguera Antolínez, Rafael Barrena Delgado, Juan E. Betancort Rijo, Claudio Dalla Vecchia, Ana Esteban Gutiérrez, Ricardo T. Génova Santos, Carlos Hernández Montea-gudo, Mónica Hernández Sánchez, Susana Iglesias Groth, Andras Kovacs, Martín López Corredoira, Rafael Reboló López y José A. Rubiño Martín.

Colaboradores del IAC: Carlos Allende Prieto, Isaac Alonso Asensio, Andrés Asensio Ramos, Carlos M. Gutiérrez de la Cruz, Marc Huertas-Portocarrero Company, Evencio Mediavilla Gradolph, Casiana Muñoz-Tunón y Alexandre Vazdekis Vazdekis.

T. Abel (Kavli Stanford, EEUU); R.E. Angulo (DIPC, San Sebastián); F.D. Albareti (Univ. Autónoma Madrid); M. Ata (Kavli, Tokyo, Japón); F. Atrio-Barandela (Univ. de Salamanca); M. Bilicki (Univ. de Leiden, Países Bajos); E. Branchini (Univ. de Roma, Italia); R. B. Metcalf (Univ. de Bolonia, Italia); N.D. Castro-Rodríguez, R. Scarpa (GRANTECAN S.A., La Palma); C.-H. Chuang, M.A. Sánchez Conde (Univ. de Stanford, EEUU); A.J. Cuesta Vázquez (UB); A. Díaz Sánchez, A. Pérez Garrido, R. Toledo, I. Villo (UPCT); T. Faerber (Univ. Uppsala, Suecia); A. Klypin (Univ. de Nuevo México, EEUU); G. Luzzi (Univ. La Sapienza, Roma, Italia); F. Melia (Univ. de Arizona, EEUU); A.D. Montero Dorta (IAA); M. Pellejero Ibáñez (DIPC, San Sebastián); A. Spallicci (Univ. de Orleans, Francia); F. Sylos-Labini (Fermi Center, Roma, Italia); M. Vakili (Obs. de Leiden, Países Bajos); R. Wechsler (UCL Stanford); G. Yepes (UAM); C. Zhao (EPFL, Lausanne, Suiza).

INTRODUCCIÓN

El Fondo Cósmico de Microondas (FCM) contiene la información estadística de las semillas que van a dar lugar a la formación de estructuras en nuestro Universo. La contrapartida natural en el Universo local del FCM es la distribución de las galaxias que surgen como resultado del crecimiento gravitatorio de aquellas pequeñas fluctuaciones de densidad primigenias. La caracterización de la distribución de inhomogeneidades a gran escala en el Universo actual proporciona pues una herramienta poderosa, y complementaria al FCM, para determinar el origen y contenido material de

nuestro universo, su ritmo de expansión a lo largo de la historia y el proceso detallado de ensamblaje de las grandes estructuras. Su estudio permitirá, en los próximos años, responder a tres de las grandes cuestiones abiertas en la Cosmología actual:

- ¿Qué es la materia oscura, y cuál es su contribución precisa al contenido energético del Universo?
- ¿Qué es la energía oscura y cuáles son sus efectos dinámicos a lo largo de la historia del Universo?
- ¿Cuál es la conexión entre las grandes estructuras y la formación de galaxias?
- ¿Existe evidencia de variación de las constantes fundamentales de la Física a lo largo de la historia del Universo?
- ¿Existe evidencia de desviaciones de Gaussianidad primordiales que nos den información de la época de expansión inflacionaria del Universo?

Para poder contribuir a dar respuesta a estas preguntas, en este Proyecto se usarán distintos trazadores de la estructura a gran escala del Universo:

- La distribución y agrupamiento a gran escala de las galaxias, y su evolución con el tiempo. El espectro de potencias $P(k)$ y la función de correlación a dos puntos $(\xi(r))$ de la materia contienen ciertos rasgos geométricos asociados a escalas características en el Universo, como el horizonte en la época de la igualdad, o el horizonte acústico en la superficie de último "scattering". En particular, este último determina la escala BAO, asociada a oscilaciones acústicas de los bariones.
- La estadística de ordenes mayores: la de tres puntos caracteriza la desviación de Gaussianidad y por tanto la formación de estructuras gravitacional, el sesgo (bias) galáctico y posibles desviaciones primordiales de Gaussianidad.
- La distribución de los grandes vacíos en el Universo. Tanto la estadística de grandes vacíos, como la expansión de los mismos, proporciona una herramienta complementaria para determinar la densidad de materia (Ω_m) y la ecuación de estado de la energía oscura. Estos vacíos cósmicos contienen información de los órdenes mayores de las galaxias y pueden ayudar a obtener mejores medidas de la escala BAO.
- La red cósmica (cosmic web): ésta puede estudiarse para caracterizar la formación de estructuras y para relacionar la estructu-

ra a gran escala con procesos de formación de galaxias.

- La distribución y abundancia de cúmulos de galaxias en el Universo, así como su evolución con el tiempo.

HITOS

Desarrollo del código BAM para la generación de catálogos sintéticos de galaxias y su participación en las colaboraciones DESI, EUCLID y JPAS.

Desarrollo de la versión de BAM para el aprendizaje automático de simulaciones hidrodinámicas.

Desarrollo del código COSMIC BIRTH para la reconstrucción de las fluctuaciones primordiales de catálogos de galaxias.

Desarrollo de técnicas de muestreo de Hamiltonian Monte Carlo en altas dimensiones.

Aplicación del código COSMIC BIRTH a datos de alto desplazamiento al rojo del cartografiado COSMOS.

Publicación de los resultados finales del programa ITP13, para el estudio del catálogo PSZ1 de Planck.

DESARROLLO Y RESULTADOS

En este año se realizaron progresos en distintos campos dentro del grupo de cosmología estructura a gran escala:

Modelado de la distribución de galaxias y la red cósmica (A. Balaguera Antolínez, F.-Shu Kitaura, F. Sinigaglia)

Hemos continuado con el desarrollo del código BAM y realizado un estudio con 300 simulaciones de N-cuerpos para estimar la precisión del cálculo de matrices de covarianza. Este estudio conecta con el realizado en años anteriores en el marco de la colaboración EUCLID usando los mismos catálogos de referencia. De esta manera pudimos demostrar que nuestro método es superior al resto de su categoría. Esto tiene como objetivo el análisis de los catálogos de galaxias de surveys tales como DESI, EUCLID o JPAS. Este resultado fue publicado en MNRAS (Balaguera-Antolínez, Kitaura et al 2020).

Así mismo demostramos reproducir los catálogos de simulaciones de n cuerpos de tal manera que sean indistinguibles considerando cortes de masas de halos de materia oscura muy bajos (10^{10} masas solares). Este resultado fue publicado en MNRAS (Pellejero-Ibáñez, Balaguera-Antolínez, Kitaura et al 2020).

Seguimos investigando la conexión de la red cósmica con la distribución de halos y encontramos la relevancia de los invariantes del tensor de mareas para una caracterización precisa (Kitaura, Balaguera-Antolínez, Sinigaglia & Pellejero-Ibáñez enviado a revista en 2020).

Modelado del medio intergaláctico (A. Balaguera-Antolínez, M. Sánchez-Benavente, F.-Shu Kitaura, F. Sinigaglia)

Hemos investigado el aprendizaje de simulaciones hidrodinámicas con aprendizaje automático derivado del código BAM con el objetivo de modelar el medio intergaláctico en desplazamiento al rojo entre aproximadamente 2 y 3. Esto puede tener gran interés en los surveys DESI y WEAVE (Sinigaglia, Kitaura, Balaguera-Antolínez et al mandado a revista en 2020).

Inferencia Bayesiana de la estructura a gran escala cósmica (M. Hernández Sánchez, F.-Shu Kitaura)

En este campo realizamos muchos progresos. Concretamente pudimos demostrar que integradores simplécticos de órdenes superiores pueden ser cruciales en volúmenes cósmicos para la inferencia usando las ecuaciones de Hamilton en cadenas de Markov híbridas que contienen un paso de Metropolis-Hastings. Esto se debe a que la energía es una cantidad extensiva y por tanto cuando se aumenta el número de dimensiones (por abarcar por ejemplo volúmenes cósmicos más grandes) el error se va integrando y el número de pasos rechazados aumenta el paso de Metropolis-Hastings. Para evitar esto se puede recurrir a discretizaciones de las ecuaciones de Hamilton más precisas (de orden cuatro por ejemplo) que mantengan los errores a raya y permitan pasos de integración más largos sin ser rechazados de manera masiva.

Cosmología con cúmulos (A- Aguado, R. Barrena, A. Ferragamo, J.A. Rubiño-Martin)

En Barrena et al. se han presentado los resultados finales asociados al segundo año de observaciones del programa ITP13-08, dedicado a la caracterización del primer catálogo de fuentes Sunyaev-Zeldovich (SZ) producido por el satélite Planck (PSZ1). Al final del programa ITP13, se han estudiado 256 fuentes Sunyaev-Zeldovich, encontrando contrapartida óptica para 152 de ellas. Nuestros resultados son consistentes con las curvas de pureza y completitud predichas con simulaciones numéricas para el catálogo PSZ1.

En Ferragamo et al. presentamos un estudio de las propiedades estadísticas de tres estimadores de masa en cúmulos de galaxias; el “biweight”, el “gapper”, y la “desviación estándar”, en el límite de bajo número de miembros. Usando 73 cúmulos de galaxias simulados numéricamente, caracterizamos el sesgo estadístico y la varianza de cada uno de estos tres estimadores para la determinación de la dispersión de velocidad y la masa dinámica. Finalmente, se proponen formas funcionales para construir estimadores de velocidad y masa no sesgados.

***Comparación de modelos cosmológicos
(J. Betancort-Rijo, A. Kovács, M. López Corredoira)***

Investigaciones de M. López-Corredoira y J. Betancort-Rijo sobre MOND como alternativa a la hipótesis cosmológica de la materia oscu-

ra, y aplicaciones al cálculo de curvas de rotación de galaxias con expresiones exactas de la formulación lagrangiana acuadrática (AQUAL) de MOND.

Con el estudiante de Máster T. Faerber, se ha publicado el estudio estadístico de la evolución histórica y de las constantes cosmológicas H_0 y σ_8 desarrollado en su tesis de Máster del año previo.

Con A. Spallicci, trabajo sobre tests cosmológicos y aplicación a teorías no-estándar de propagación electromagnética.

A. Kovács presentó resultados teóricos sobre posibles resoluciones de la tensión de Hubble y la relacionó con otros problemas conocidos en Cosmología.

ASTROFÍSICA DE PARTÍCULAS (P/300328)

Ramón J. García López.

Josefa Becerra González, Rosa Clavero Jiménez, Eduardo H. Colombo, Javier Herrera Llorente, Alicia López Oramas, Mireia Nievas Rosillo, Jorge Otero Santos, Alejandro Reina Conde, Gaia Vanzo y Mónica L. Vázquez Acosta.

Colaborador del IAC: Artemio Herrero Davó.

Todos los investigadores incluidos en el Consorcio CTA-España, así como los miembros del CIEMAT que participan en AMS y los que están involucrados en la Colaboración MAGIC.

INTRODUCCIÓN

El Grupo de Astrofísica de Partículas del IAC participa activamente en tres grandes colaboraciones internacionales de Astrofísica de muy altas energías: AMS (Alpha Magnetic Spectrometer), los telescopios de radiación Cherenkov MAGIC I y II, y el Cherenkov Telescope Array (CTA).

AMS es un detector de partículas diseñado para operar en el espacio, a bordo de la Estación Espacial Internacional. Se instaló con éxito en mayo de 2011, y se espera que opere durante toda la vida útil de la misma. Su misión es realizar un estudio de alta precisión y estadística del espectro y la composición de los rayos cósmicos primarios en un amplio rango de energía, así como buscar antimateria primordial y materia oscura de forma indirecta.

La Colaboración MAGIC está formada por 20 institutos y departamentos universitarios de Alemania, Armenia, Bulgaria, España, EEUU, Finlandia, Italia, Polonia y Suiza. La colaboración cuenta con dos telescopios de 17 m de diámetro localizados en el ORM, diseñados para medir la radiación Cherenkov asociada a cascadas atmosféricas producidas por rayos gamma de muy alta energía y localizados en el Observatorio del Roque de los Muchachos.

Además de esto, y también en el marco de la observación de rayos gamma de muy alta energía, el IAC participa en la Colaboración Internacional CTA, cuyo objetivo es construir dos grandes complejos de observación en los hemisferios Norte y Sur. El Observatorio del Roque de los Muchachos, en La Palma, ha sido seleccionado para albergar el Observatorio Norte. El primer telescopio de gran diámetro fue inaugurado en octubre de 2018 y actualmente se está en fase de construcción de otros tres.

HITOS

Estudio detallado del Jet J841-055 con los telescopios MAGIC.

Estudio de la emisión variable en diferentes longitudes de onda de la fuente Markarian 501 durante su mayor actividad en rayos X.

Distribución espectral de la fuente Swift 1745-26 desde su erupción hasta su estado de reposo.

Propiedades del neón, magnesio y silicio en rayos cósmicos primarios a partir de medidas en AMS-02.

Cuarto catálogo de núcleos activos de galaxias detectados por Fermi LAT.

Avances en la construcción de los telescopios LST2 a LST4 en el ORM.

DESARROLLO Y RESULTADOS

En el caso de los rayos gamma de muy alta energía

El Proyecto ha participado en el estudio de Núcleos Activos de Galaxias (AGNs) cuyos chorros o jets apuntan en la dirección de la Tierra. Este tipo de objetos se llaman blázares, y debido a efectos relativistas su emisión es amplificada, constituyendo la mayor fuente de rayos gamma en el cielo extragaláctico. Este estudio está principalmente centrado en rayos gamma tanto de alta energía usando el satélite Fermi-LAT, como desde Tierra a través de la técnica Cherenkov usando los telescopios MAGIC. Además de la explotación de los instrumentos actualmente en operación, también el grupo se ha implicado en el diseño de la explotación científica de la futura generación de telescopios Cherenkov, CTA (observatorio del Roque de los Muchachos en La Palma) y ASTRI mini-array (Observatorio del Teide).

Otra línea de investigación, aunque es un proyecto incipiente, es el estudio de ondas gravitatorias. Sobre este tema, la contribución del grupo se centra en la búsqueda de contrapartidas electromagnéticas. Durante 2020 ha participado en la búsqueda y seguimiento de este tipo de eventos con los telescopios MAGIC. Dentro de esta línea, y también incluyendo algunos otros tipos de objetos transitorios, se ha llevado a cabo un proyecto observacional conjunto GTC-Subaru.

Otra investigación en curso es el estudio de binarias de rayos gamma a muy altas energías ($E > 100 \text{ GeV}$). Hasta ahora, unas pocas binarias compactas han sido detectadas. Se pretende responder tres cuestiones fundamentales: i) ¿cuál es la naturaleza del objeto compacto?, ii)

¿cuál es el escenario que explica la emisión en gamma?, iii) ¿pueden las binarias de baja masa y los microqasars emitir a muy altas energías? Para ello, se han estudiado diferentes binarias de rayos gamma en campañas de monitoreo multi-anual.

El grupo está involucrado en el estudio de sistemas transitorios galácticos. Se han liderado dos campañas de observación de eventos transitorios en MAGIC. Además se han coordinado los esfuerzos del grupo “Galactic transients” en CTA, esperando poder publicar a lo largo de 2021 un artículo sobre el mismo tema.

El análisis de fuentes extensas en rayos gamma de muy alta energía ha sido otro de los puntos clave del trabajo

El grupo ha participado de forma activa en el commissioning del telescopio LST1, así como en observaciones en MAGIC. Dada la situación de pandemia, nuestro grupo ha sido el primero en acudir al ORM durante el verano y otoño de 2020 para hacerse cargo de las observaciones junto a investigadores de ambas colaboraciones destinados en La Palma.

En el caso del estudio de rayos cósmicos

Se ha finalizado el estudio sobre la dependencia temporal de los flujos de carbono, oxígeno y boro, dividido en intervalos de 27 días (ciclos de Bartels). Este resultado se publicará en un

artículo de la colaboración a lo largo de 2021 (los artículos de AMS suelen demorarse en el tiempo por la necesidad de hacer verificaciones de los análisis por varios grupos, dada su complejidad).

Se han desarrollado modelos para el cálculo del Local Interstellar Spectrum (LIS) para diferentes núcleos (helio, litio, boro, carbono, oxígeno...) a partir de los datos de AMS-02 y Voyager-01. Se han desarrollado simulaciones a partir del código Solarprop-Perugia, versión mejorada del programa Solarprop, el cual se encarga de simular la modulación solar.

En el caso de construcción de telescopios Cherenkov

Se han finalizado prácticamente todas las licitaciones para la construcción de los telescopios LST2-LST4 en el ORM.

Se ha trabajado en el diseño de la instalación de los primeros 5 telescopios MST en el ORM.

Se ha seguido trabajando para la firma del acuerdo de instalación del conjunto de telescopios Cherenkov denominados ASTRI mini-array en el OT.

Se ha consolidado el mensaje en todos los círculos internacionales acerca de que el ORM y el OT son los mejores emplazamientos para los telescopios Cherenkov en el Hemisferio Norte.

TEORÍA DE ASTROPARTÍCULAS (P/301803)

Jorge Martín Camalich.

Jorge Terol Calvo.

P. Beck (Univ. de Graz, Austria); D. Bals (Kings College, Londres – Univ. de Barcelona); A. Crivellin (PSI-CERN); M. Escudero (TUM); L. Geng (Univ. Beihang, República Popular China); B. Grinstein (UCSD); R.X. Shi (Univ. Beihang, República Popular China – ULL); L. Tolos (ICE); R. Ziegler (CERN); J. Zupan (Univ. de Cincinnati, EEUU).

INTRODUCCIÓN

El grupo de Teoría de Astropartículas ha iniciado una línea de investigación en el IAC con objeto de estudiar las implicaciones que las actividades observacionales del IAC puedan tener para la comprensión de las leyes físicas fundamentales. El foco temático principal consistirá en la búsqueda de nuevas leyes (“Nueva Física”) con especial atención a la fenomenología relacionada con la materia oscura y la refutación experimental (o descubrimiento) de diversas hipótesis teóricas y paradigmas existentes. La fuente de información experimental será la derivada de búsquedas directas de materia oscura desarrolladas en laboratorios como el CERN (Suiza), KEK (Japón), etc. como la que se infiera indirectamente de observaciones astronómicas, tratando de identificar sinergias y oportunidades con las realizadas en el IAC. Habrá dos líneas principales de investigación:

- Fenomenología de materia oscura tipo axión, en particular correlacionando datos astronómicos con búsquedas directas en laboratorio.
- Monitorizar resultados experimentales en el CERN y otros laboratorios de altas energías e investigar posibles anomalías que puedan resultar ser señales de nueva Física. Estudiar sus consecuencias teóricas con especial atención a su capacidad de proporcionar candidatos de materia oscura viables o esclarecer otros problemas cosmológicos.

La ambición de este Proyecto en años venideros es la de crecer con al menos un estudiante y post-doc, atrayendo el interés de otros investigadores del IAC y de la comunidad internacional de Física de Astropartículas.

HITOS

Desarrollo de un nuevo límite de supernova para hipótesis de materia oscura involucrando interacciones con sabores pesados del Modelo Estándar.

Predicción del graviball como estado resonante en gravedad cuántica.

Análisis más exhaustivo hasta la fecha de los límites de laboratorio y astrofísicos del axión de QCD con interacciones a sabores pesados del Modelo Estándar

DESARROLLO Y RESULTADOS

En 2020 el grupo de Astropartículas Teórica se ha expandido con la incorporación del doctorando FPI-SO J. Terol-Calvo con el que el IP, J. Martín Camalich, había ya iniciado una colaboración a principios de año. Ésta se ha materializado en el artículo científico “Supernova Constraints on Dark Flavored Sectors” (<https://arxiv.org/abs/2012.11632>) en proceso de revisión en Phys.Rev.Lett. y desarrollado en colaboración también con L. Tolos en ICE (Barcelona) y R. Ziegler en KTI (Karlsruhe). En él se explotan recientes simulaciones de explosión de supernova combinadas con nuevas ecuaciones de estado nucleares para constreñir la emisión de axiones y fotones oscuros usando datos de neutrinos de SN 1987A. Se encuentra que ello conduce a límites sobre ciertos modelos que son órdenes de magnitud más fuertes que los límites de laboratorio en búsquedas directas de estas partículas. Esto inicia un proyecto con continuidad que permite acceder a las posibles interacciones de la materia oscura con los “sabores” más pesados de la materia ordinaria usando observaciones astrofísicas.

Esta nueva idea del límite de supernova se había adelantado en un paper (Phys.Rev.D 102 (2020) 1, 015023) publicado por el IP a principios de año en colaboración con M. Pospelov en Minnesota Inst. for Theoretical Physics, R. Ziegler en KIT, J. Zupan en Univ. de Cincinnati y un estudiante de verano que el IP supervisó en el CERN en 2018. En este artículo se realizó la investigación y compilación más exhaustiva hasta la fecha de los límites derivados sobre un tipo genérico de axiones de QCD que acopla con los sabores pesados de la materia ordinaria y que está motivando la realización de nuevos experimentos para la búsqueda de este tipo de materia oscura en varios laboratorios.

Adicionalmente el IP del Proyecto presentó dos artículos (<https://arxiv.org/abs/2009.07817> y <https://arxiv.org/abs/2010.12459> en proceso de review en Phys.Rev.Lett. y Phys.Rev.D respectivamente) que ha desarrollado en colaboración con D. Blas en KCL (London) y J.A. Oller de la Univ. de Murcia. En ellos se investiga la colisión elástica de dos gravitones en la teoría efectiva de gravedad cuántica con técnicas no perturbativas y se predice la existencia de una

nueva partícula-resonancia bautizada como el graviball y cuya existencia podría tener implicaciones importantes en los intentos de construir una teoría completa de gravedad cuántica, como teoría de cuerdas etc. Adicionalmente, esta resonancia podría manifestarse a energías accesibles en inflación o en procesos astrofísicos ultra-energéticos en diversos escenarios de gravedad cuántica, lo que hace muy interesante investigar en el futuro sus posibles consecuencias fenomenológicas.

El IP del Proyecto también ha publicado dos artículos relacionados con uno de los objetivos de su PN y de su RyC relativos a la búsqueda de física más allá del Modelo Estándar en el LHC (CERN) y en Belle II (KEK). En el primer artículo, JHEP 11 (2020), publicado en colaboración con J. Fuentes-Martin (Univ. de Zurich), A. Greljo (CERN) y J. Álvarez (Univ. de Antioquía), se investiga la sensibilidad de los experimentos ATLAS y CMS en el LHC para descubrir nuevas partículas pesadas en procesos que típicamente se investigan con mucha sensibilidad en experimentos de baja energía. Se encuentra que la inmensa estadística recogida en el LHC conduce a una sensibilidad que es hasta un orden de magnitud mayor que la

de estos experimentos, lo que está motivando e inspirando nuevos análisis en los experimentos del CERN. En el segundo artículo, Phys.Rev.D 102 (2020) 9, 095028, publicado en colaboración con P. Asadi (MIT), A. Hallin (Rutgers), D. Shi (Berkeley) y S. Westhoff (Univ. de Heidelberg), desarrollamos la primera anatomía completa de un tipo de desintegración de mesones “beauty”, cuyas mediciones en los experimentos LHCb (CERN), BaBar (SLAC), Belle (KEK) han indicado con una certidumbre de 3- 4 sigma la existencia de nuevas partículas. Este método permitirá analizar con mayor precisión el origen de la anomalía y eventualmente caracterizar las propiedades de estas partículas en caso de que se consolidara como descubrimiento.

Finalmente, el IP ha co-organizado la conferencia anual “Flavor Physics and CP violation” que tuvo lugar de manera virtual (<https://igfae.usc.es/igfae/fpcp2020/>) y fue invitado a dar una charla plenaria en la 5th Colombian meeting of High-Energy Physics (<https://indico.cern.ch/event/897772/>). También hospedó durante este año al estudiante de doctorado de la Univ. de Beihang (Beijing) R.X. Shi, al que co-supervisa su tesis.

PROYECTOS SINGULARES

Véase el proyecto en el apartado [*Operación de las instalaciones telescópicas del IAC*](#) del capítulo de **Subdirección** (pág. 44).

INSTRUMENTACIÓN Y ESPACIO

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TELESCOPIOS

EST (TELESCOPIO SOLAR EUROPEO (P/201602))

Manuel Collados Vera.

Carmen M. Barreto Cabrera, María Y. Carballo Martín; Juan Cózar Castellano Alberto M. Escobar Rodríguez, Noelia Feijóo Amoedo, Bruno Femenía Castelló, Irene M. Ferro Rodríguez, José M. González Cava, Francisco González Pérez, Sebastián Hidalgo Rodríguez, David Jiménez Mejías, Haresh Mangharam Chulani, Alejandra Martín Gálvez, Yolanda Martín Hernando, Ángel Mato Martínez, Luz M. Montoya Martínez, Miguel A. Núñez Cagigal, Jorge Quintero Nehrkorn, Carlos Quintero Noda, Silvia Regalado Olivares, Horacio Rodríguez Delgado, M^a L. Sánchez Rodríguez, Jorge Sánchez-capuchino Revuelta, Alejandro M. Soler Trujillo, Jacinto J. Vaz Cedillo, Nauzet Vega Reyes y Lanqiang Zhang.

Colaboradores del IAC: Roberto López López, María I. Montilla García, Marcos Reyes García-Talavera y Luis F. Rodríguez Ramos.

INTRODUCCIÓN

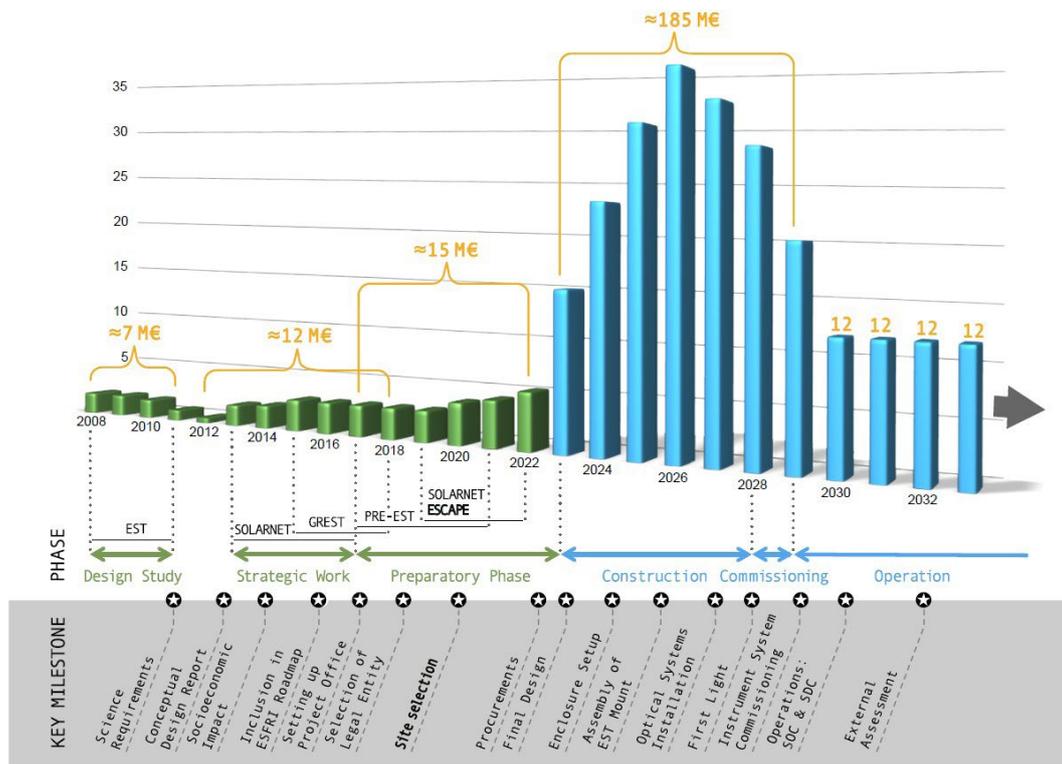
El Telescopio Solar Europeo (EST, por sus siglas en inglés) será el mayor telescopio solar jamás construido en Europa. Con un espejo primario de 4 m y la más moderna tecnología, proporcionará a los astrónomos una herramienta única para entender el Sol y cómo éste determina las condiciones meteorológicas del espacio.

El Proyecto, integrado en ESFRI desde 2016, está liderado por el IAC en colaboración con la Asociación Europea de Telescopios Solares (European Association for Solar Telescopes, EAST) que, fundada en 2006, aúna a la comunidad solar de 24 instituciones distribuidas por 17 países europeos, y tiene como objetivo principal el diseño, construcción y operación de un telescopio solar europeo (EST) en los Observatorios de Canarias.

EST supone una inversión de unos 200 M€. Su fase de diseño detallado y construcción se espera que comience en 2023 y que dure 6 años. Se estima una vida útil de, al menos, 30 años con un coste de operación anual de 12 M€. La figura siguiente muestra los proyectos internacionales vinculados a EST en el pasado y en el presente y una previsión de las fases de construcción y operación de EST en el futuro.



Imagen artística del telescopio del Telescopio Solar Europeo (EST).



Cronograma para la implementación de EST.

Desde su diseño conceptual, actuación financiada bajo el 7º Programa Marco durante el periodo 2008-2011, el Proyecto EST no ha dejado de crecer y consolidarse, aunando a su alrededor a la comunidad científico-tecnológica europea vinculada al estudio del sol. Así, y también con financiación europea, se han aprobado los proyectos SOLARNET (FP7), GREY (H2020), PRE-EST, SOLARNET H2020 y ESCAPE cuyo objeto es el de profundizar en el modelo de operación del telescopio y el desarrollo de aspectos clave para la instrumentación avanzada que este necesita.

En abril de 2017 tuvo comienzo el proyecto europeo PRE-EST (H2020) para apoyar la Fase Preparatoria del EST. PRE-EST tiene un importante componente de trabajo técnico a desarrollar con la Oficina de Proyecto del EST, pero además proporciona un marco para realizar distintas labores de coordinación con los socios del consorcio destinadas a avanzar en aspectos estratégicos tales como la gobernanza, la futura figura legal y estructura de financiación del EST. La convergencia nacional (científica y estrategia) de los miembros del consorcio es un aspecto clave que se aborda en esta fase preparatoria. En este sentido, y para favorecer dicha convergencia, se han creado distintos grupos de trabajo y comités para avanzar en la definición del Proyecto.

En el marco del Proyecto H2020 PRE-EST “Fase preparatoria para EST”, se están llevado a cabo

tareas técnicas y estratégicas propias de esta fase en una infraestructura estratégica como es EST, con el fin de facilitar a su consorcio internacional, y a las agencias financiadoras, un plan detallado para la construcción y puesta en marcha de EST.

En esta fase preparatoria, y tras la asignación de fondos del Gobierno Autónomo de Canarias, se ha creado la Oficina de Proyecto de EST. El objetivo central de la Oficina de Proyecto es el diseño preliminar de sistemas y subsistemas del telescopio, hasta un nivel suficiente que permita el inicio de la etapa de diseño detallado y poder así en una siguiente fase comenzar la construcción de EST, garantizando el cumplimiento de los requisitos científicos del telescopio. La Oficina de proyecto realiza su trabajo en equipo con los científicos de EST representados por el “Science Advisory Group” y el “Technical Advisory Group”, con el objetivo claro de optimizar el diseño y garantizar el cumplimiento de los requisitos científicos.

Las tareas técnicas más importantes a desarrollar por la Oficina de Proyecto son:

- Consolidación del diseño del Sistema resultante de la etapa previa de estudio de diseño.
- Definición de las especificaciones para licitación de contratos de diseño preliminar.
- Diseño preliminar y simulaciones del sistema.

- Ejecución de contratos industriales. Diseño preliminar de subsistemas.
- Evaluación y consolidación del sitio para la construcción.
- Especificaciones de diseño detallado.
- Plan de construcción.

En paralelo a PRE-EST se desarrollan los proyectos MICAL (Mejoras estratégicas en Infraestructuras Científico-tecnológicas y de Apoyo Logístico a los Observatorios de Canarias), uno de cuyos objetivos principal es la validación del concepto de la Óptica Multiconjugada para EST; y SOLARNET (SOLARNET (Integrating High Resolution Solar Physics) cuyo objetivo es la integración de las principales infraestructuras europeas de investigación terrestres en el campo de la física solar de alta resolución.

MICAL consta de diversas actuaciones, combinando las de carácter instrumental con otras de tipo logístico. El Área de Instrumentación del IAC está a cargo de las primeras, dentro del subproyecto MICAL/EST, que comprende dos subactuaciones.

La primera subactuación (MICAL/AO) consiste en la construcción de un demostrador del sistema de óptica adaptativa de EST, mientras que la segunda (MICAL/GRIS) se enfoca en el diseño e integración de un conjunto de mejoras en el espectrógrafo GRIS del telescopio GREGOR para permitir observaciones espectropolarimétricas simultáneamente en varios rangos espectrales.

En fases anteriores de SOLARNET-FP7 (Prototype for IFU Image slicer) y GREY (Design for multi-slit IFU) se ha abordado el prototipo y diseños de un Sistema de campo integral para GRIS. En esta fase, SOLARNET-H2020 abordará el prototipado de "slicers" más finos. La idea es mejorar las técnicas de espectroscopia 2D con slicers pensando en su uso en futuros instrumentos.

HITOS

Enero

Revisión intermedia del Proyecto H2020 PRE-EST (Preparatory Phase for the construction of EST).

Reunión anual de la EAST (European Association for Solar Telescopes) y SOLARNET (High-resolution Solar Physics Network) en Praga.

Marzo

Publicación de la LIC 20-006 "Diseño preliminar de tres de los sistemas principales del

Telescopio Solar Europeo: sistema del espejo primario (M1), la estructura del telescopio, pilar y cubierta (TS) y el espejo secundario adaptativo (M2)".

Mayo

La Oficina de Proyecto presentó al SAG (Science Advisory Group) una propuesta para la distribución de luz y de instrumentos para EST.

Noviembre

La Oficina de Proyecto se traslada a las instalaciones de IACTEC.

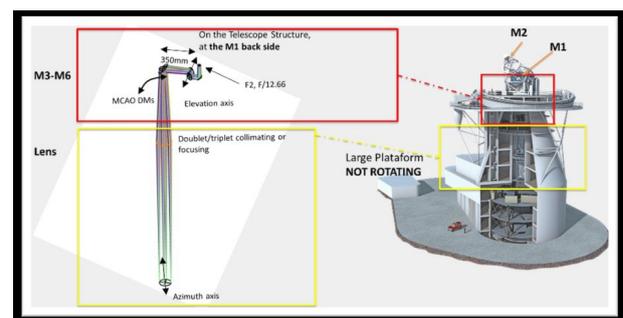
DESARROLLO Y RESULTADOS

La Oficina de Proyecto de EST (OP-EST) al final de 2020 está integrada por 29 personas, de las cuales, 16 contratadas con cargo a la subvención del Gobierno de Canarias, 7 con cargo a otras fuentes financiación y 6 personal propio del IAC asignados a EST. Las principales tareas y actividades realizadas durante 2020, se resumen a continuación.

Consolidación del diseño del Sistema resultante de la etapa previa de estudio de diseño

Se ha trabajado intensamente en este periodo en (i) consolidar el nuevo concepto, revisando con expertos las opciones y riesgos a valorar del nuevo diseño, (ii) cerrar las especificaciones del nuevo concepto y (iii) preparar las especificaciones para la licitación del diseño preliminar de los sistemas principales M1, M2 y la estructura del telescopio con cúpula y pilar.

El diseño óptico EST del nuevo concepto integra un espejo secundario M2 adaptable (ASM), lo que se diferencia en varios aspectos en comparación con el diseño óptico de 2011, que se pueden resumir en que deriva en una ventaja importante: la disminución de las superficies ópticas de 14 espejos a 6 espejos y 2 lentes, una doble y otra triple con lo cual el rendimiento óptico aumenta en un 25% y se puede mejorar potencialmente la corrección óptica adaptativa conjugada con la pupila.

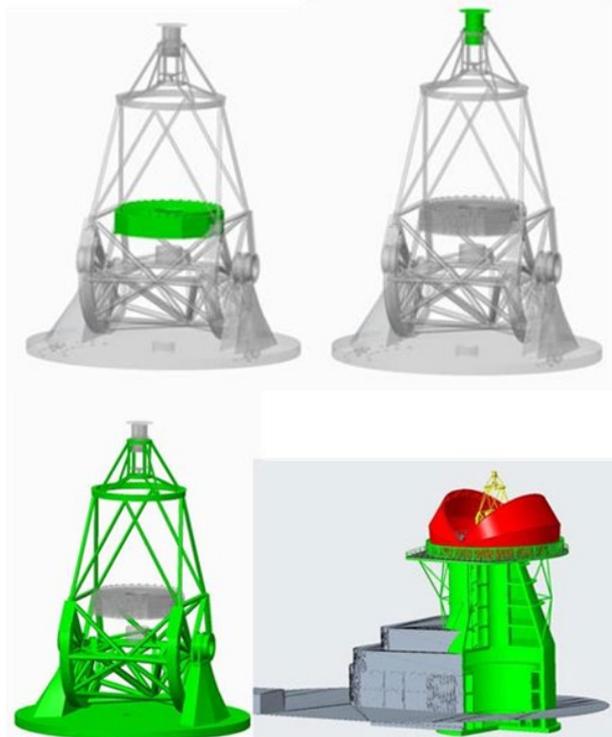


Diseño óptico EST, nuevo concepto con seis espejos.

Definición de las especificaciones para licitación de contratos de diseño

A partir de la segunda versión de las especificaciones generada por el Science Advisory Group (SAG) en Dic 2019. En 2020, se determinaron las especificaciones técnicas del sistema EST, partiendo de una revisión con el SAG que ha sido muy importante, para la correcta interpretación de los mismos. Dado el gran volumen de requisitos, se desarrolló una herramienta para su gestión (cosmoSys-Req), con la que ya se han elaborado más de 400 requisitos. La buena interconexión entre los requisitos científicos y las especificaciones del sistema ha sido discutida entre el Panel de Revisión y la OP-EST para consolidar las especificaciones técnicas que han permitido cerrar las especificaciones de los sistemas a licitar su diseño preliminar.

La primera licitación publicada, del diseño preliminar, consideró los sistemas principales del telescopio: espejo primario (M1), estructura del telescopio, pilar y cúpula (TS) y espejo secundario adaptativo (M2 o ASM), se dividió en tres lotes, uno para cada sistema. El pilar y la cúpula también se incluyeron en la licitación para permitir el diseño de toda la estructura utilizando el presupuesto global de errores térmicos y de vibraciones, dos aspectos muy importantes a controlar para garantizar el mejor diseño para el mejor funcionamiento del telescopio.



Sistemas principales del telescopio: M1, M2 y TS.

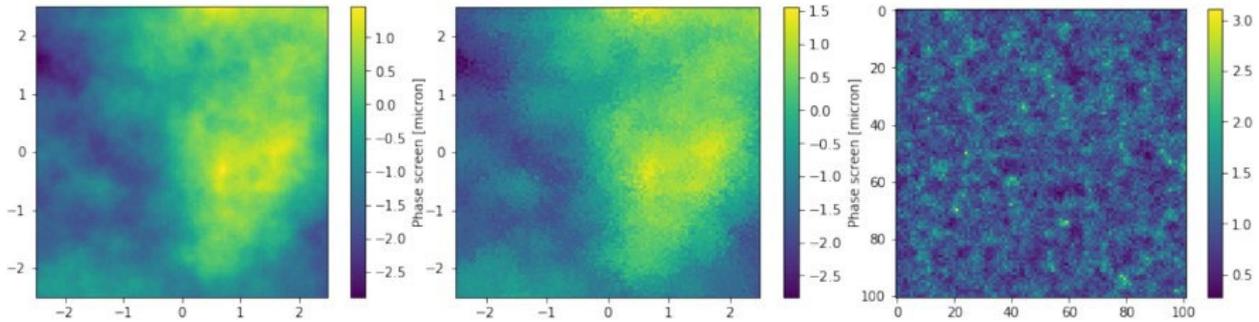
A inicios de 2021 se deberán anunciar otras licitaciones de la fase de diseño preliminar: el rechazador de calor (HR por sus siglas en inglés) y el conjunto de Óptica de Transferencia y Calibración (TOCA). La OP-EST ha trabajado en la definición de las especificaciones y de la documentación técnica y administrativa necesaria para las mismas, y desarrollará el diseño del Pier Optical Path (POP) y la Distribución de Luz Coudé.

Durante 2020 se han revisado los estudios térmicos previos y se ha analizado las nuevas necesidades aquellas y las simulaciones necesarias para la optimización del diseño preliminar y las especificaciones para el diseño detallado de EST. El trabajo realizado se recoge en el documento "EST Thermal analysis III: Proposal for studies and analyses" y se utilizará para la definición de los estudios que realizará la OP y los que tendrán que ser subcontratados a empresas externas.

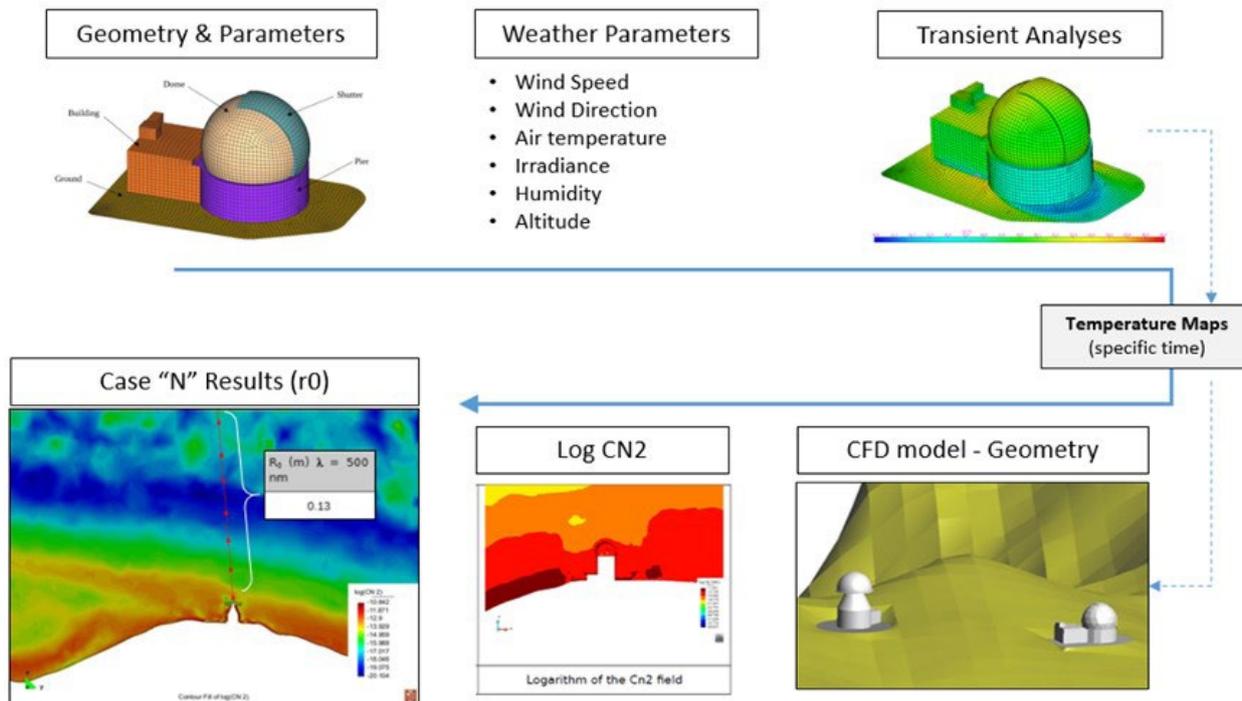
En cuanto a la Óptica Adaptativa multi-conjugada (MCAO), EST dispondrá de uno de los sistemas más avanzados del Mundo. Para estudiar y evaluar en un entorno controlado las nuevas soluciones desarrolladas para EST, se está trabajando en un demostrador de banco MCAO con tres DM, se partió de una propuesta conceptual, se han realizado simulaciones y en el banco se podrán realizar pruebas en el laboratorio. Durante 2020 se recibió la mayor parte del hardware del banco de pruebas, incluidos los espejos deformables ALPAO: uno con 820 actuadores y dos con 468.

Tratamiento de la distorsión de pupila en Óptica Adaptativa Multi-Conjugada (MCAO)

Se contrató a un consultor experto, quien con la colaboración de OP-EST ha desarrollado un nuevo simulador que permite reproducir este fenómeno y se pueden ensayar soluciones teóricas y comprobar si funcionan por medio de simulaciones, con lo cual se ahorrará una gran cantidad de tiempo al llevar al banco de pruebas MCAO solo las soluciones que funcionen en dicho simulador. ProperAO, que es como se ha llamado al simulador, es una combinación de las librerías de propagación Proper y nuevo código escrito en Python. En la siguiente figura se puede apreciar el resultado de simular la fase del frente de onda cuando llega al telescopio (izquierda) y después de sufrir una propagación tipo Fresnel por los espejos del telescopio (centro); también se representa cuánto se ha modificado la amplitud de la imagen por el hecho de ser propagada dentro del telescopio (derecha). La fase ya propagada por el telescopio es medida por el sensor de frente de onda, procesada y los comandos enviados a los espejos deformables para corregir la perturbación atmosférica lo más posible.



Resultado de simular la fase del frente de onda.



Proceso de análisis CFD partiendo de la definición de la geometría de EST y WHT y los parámetros meteorológicos y la topografía del terreno.

Evaluación y selección del emplazamiento de EST

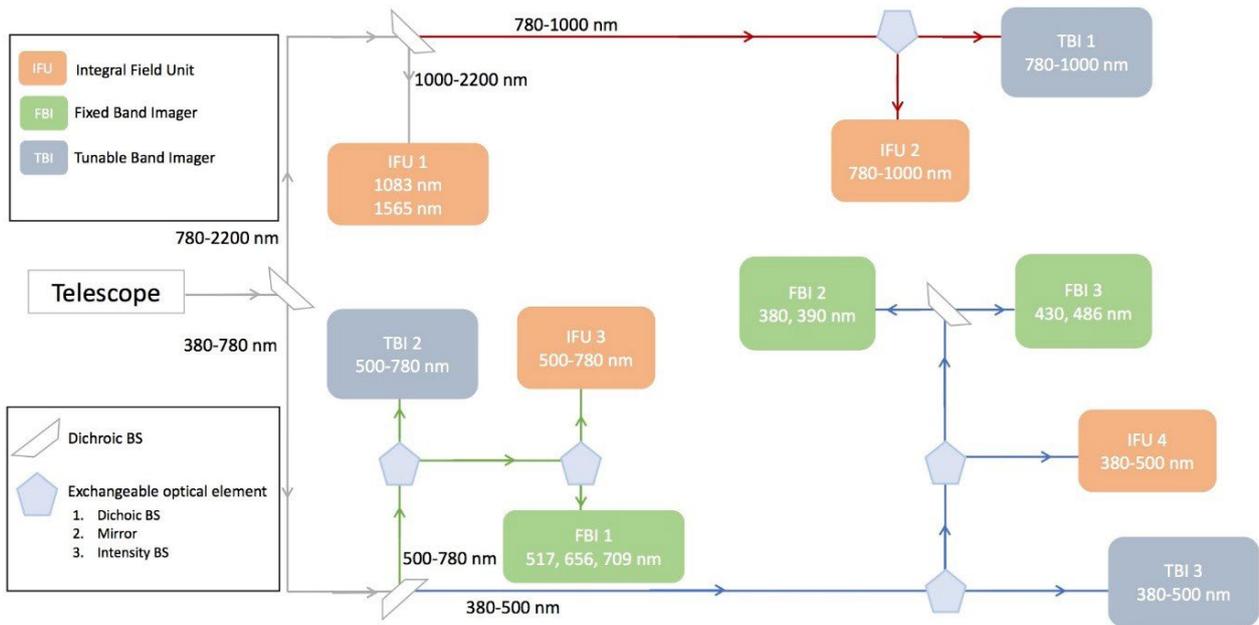
Durante 2020 se ha trabajado en las recomendaciones realizadas por el Comité Científico Internacional en relación al sitio propuesto por EST en el Observatorio del Roque de los Muchachos y la afectación a las instalaciones cercanas a la ubicación para EST.

Una de ellas era el análisis de la influencia de EST sobre el WHT. Se realizaron estudios y análisis dinámicos de fluidos por ordenador (CFD) subcontratados a CIMNE, cuyos resultados se recogen en el documento “Numerical analysis to estimate the seeing degradation caused by the future building on the existing WHT telescope at the ORM” (EST-SITE-CIM-RPT-0001), en el que una vez analizados todos los casos y configuraciones identificadas, concluye que

la influencia de EST en WHT es muy pequeña para todas las direcciones del viento, de manera similar, la influencia de WHT en la ubicación de EST también es muy pequeña para todas las direcciones del viento.

Instrumentos científicos

La configuración de la distribución de luz en la sala Coudé del telescopio y una propuesta de instrumentos de primera luz se pudo desarrollar a partir de la segunda versión de los requisitos científicos. Las versiones iniciales de esa propuesta se discutieron internamente y con un conjunto de expertos en instrumentación científica hasta llegar a consenso. Posteriormente se propuso el nuevo diseño al SAG, que lo aprobó y se muestra en la siguiente figura.



Distribución de luz a los instrumentos presentada al SAG en mayo, 2020.

Entre sus características principales la luz que llega del telescopio se divide en cuatro “brazos” ópticos (véase los colores de las líneas). Cada uno de ellos alberga un conjunto de instrumentos que pueden observar la luz del sol en un rango determinado de frecuencias, por ejemplo, en el azul, el visible o el infrarrojo. De esta forma, se pueden tener instrumentos que observen un rango óptico determinado trabajando conjuntamente (y de manera simul-

tánea) con otros instrumentos de diferentes brazos ópticos. Esto va a permitir que se puedan observar, de manera indirecta, diferentes alturas en la atmósfera solar, por primera vez, al mismo tiempo. Así, siguiendo los requisitos del SAG, se podrá tener acceso a la información física de los eventos que suceden en el Sol, no sólo en su superficie sino a diferentes alturas, teniendo una “vista” 3D de esos fenómenos.

GTCAO LGS (SISTEMA DE ÓPTICA ADAPTATIVA Y ESTRELLA GUÍA LÁSER PARA EL GRAN TELESCOPIO CANARIAS) (P/401400)

Víctor J. Sánchez Bejar.

Eduardo D. González Carretero, Alberto Hernández Fernández, Roberto López López, Manuel Luís Aznar, Roberto M. Luís Simoes, José Marco De la rosa, María I. Montilla García, Jesús Patrón Recio, Marta Puga Antolín, Marcos Reyes García-talavera, Luis F. Rodríguez Ramos, Josefina Rosich Miguell, Jorge Sánchez-capuchino Revuelta, Fabio Tenegi Sanginés y Óscar M. Tubio Araujo.

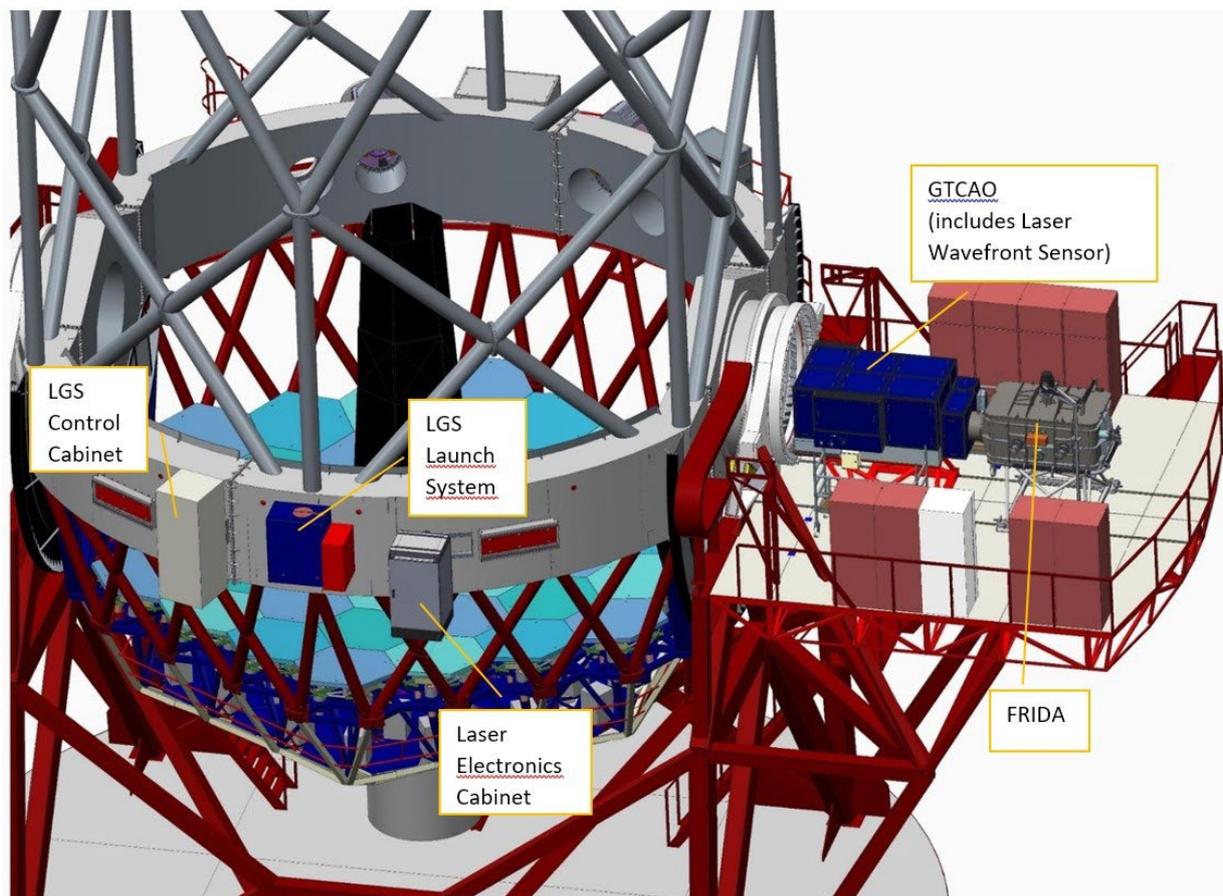
D. Bonaccini (ESO); J. Castro (GRANTECAN S.A.).

INTRODUCCIÓN

El objetivo del Proyecto es dotar al Gran Telescopio CANARIAS (GTC) de un Sistema de Óptica Adaptativa (AO) y una estrella guía láser (LGS), para corregir el efecto de la turbulencia atmosférica sobre la luz que proviene del espacio, y entregar un frente de onda plano al

instrumento científico colocado a su salida. GTCAO es una infraestructura necesaria para explotar la capacidad de alta resolución espacial del telescopio GTC, permitiendo el desarrollo de la instrumentación científica y la investigación en este campo. El sistema de Estrella Guía Láser (Laser Guide Star - LGS) sirve para ampliar la cobertura del cielo del sistema de GTCAO, proporcionando en cualquier dirección de apuntado de GTC una estrella brillante de referencia para medir el efecto de la turbulencia atmosférica.

El sistema GTCAO fue desarrollado inicialmente por GRANTECAN S.A. pero, debido a la falta de recursos en el equipo de desarrollo, el Proyecto se detuvo en 2013. Este Proyecto se reinició de manera efectiva en el IAC en 2015. Se trata fundamentalmente de un sistema de Óptica Adaptativa con un único espejo deformable conjugado a la pupila, que se encarga de corregir las deformaciones del frente de onda, y un sensor de frente de onda tipo Shack-Hartmann que se encarga de la medida de las aberraciones introducidas por la turbulencia atmosférica. El instrumento científico que va a hacer uso de GTCAO es FRIDA, una cámara y espectrógrafo en el infrarrojo cercano, que se encuentra en fase de desarrollo.



Vistas de GTCAO, LGS y FRIDA en el Telescopio GTC.

HITOS

- Marzo

Fabricación y verificación de la estructura definitiva de soporte de GTCOA en telescopio.

- Septiembre

Aceptación final del láser del sistema LGS.

- Diciembre

Adjudicación de la licitación del telescopio de lanzamiento del láser.

DESARROLLO Y RESULTADOS

A mediados de 2020 se incorporaron al proyecto 2 nuevos ingenieros, un ingeniero mecánico y un ingeniero de software.

El equipo de proyecto se ha dedicado fundamentalmente a completar las tareas de AIV aún pendientes en GTCOA, a acondicionar en su configuración final de telescopio todos los componentes del banco óptico (ruteado de cables, circuitos de aire y agua de refrigeración y carenado de protección) y los diferentes armarios de control, y al avance en el diseño detallado del sistema LGS.

GTCOA

En cuanto al progreso en la integración y pruebas (AIV) del sistema GTCOA, se completó el algoritmo de corrección de aberraciones no comunes, se llevó a cabo la calibración de la aberración cromática, la calibración del flujo de todas las fuentes auxiliares del sistema, la calibración del pupil positioner para cada filtro del WFS, la calibración del WFS en campo usando al Focal Plane Unit, y la calibración de la compensación con el Pupil Positioner de la falta de telecentricidad del WFS con el campo.

Se ha llevado a cabo un proceso detallado de análisis de riesgos del sistema, organizando todo el proceso, identificando las causas de riesgos potenciales y estableciendo un listado completo de los riesgos de GTCOA, en interacción con todo el equipo del proyecto. Posteriormente se ha completado el análisis con una valoración de los riesgos y, finalmente, adquiriendo los componentes de control necesarios cumpliendo los estándares de seguridad requeridos en los aspectos más críticos.

Se completó el diseño definitivo de los circuitos de aire seco y agua de refrigeración del banco óptico, adquiriéndose todos los componentes necesarios e iniciándose su integración definitiva.

Se ha realizado una revisión detallada de las configuraciones del carenado del banco óptico,

teniendo en consideración la optimización del montaje y desmontaje de componentes. Como fruto de dicha revisión, se han modificado varias secciones, perfiles y aperturas del carenado, cuya implementación final se está completando en estos momentos.

Se cerró el diseño y se subcontrató la fabricación de 2 armarios auxiliares al banco óptico para la ubicación de componentes de control tanto de los sistemas de aire/agua como de otros componentes del banco óptico.

Se han revisado y adaptado las longitudes de todo el cableado final para su instalación definitiva en telescopio.

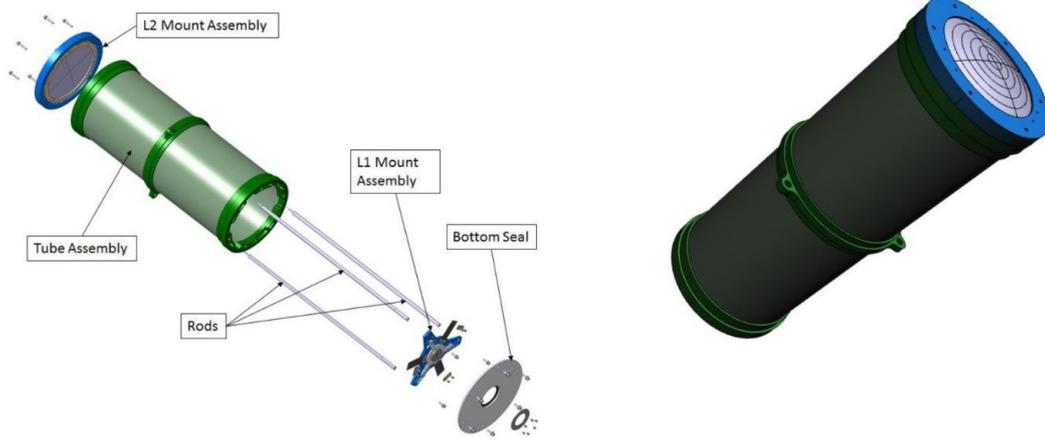
Se completó el diseño definitivo y fabricación de las modificaciones y actualización del sistema de calibración para generar la imagen de una fuente puntual en la posición nominal de foco de FRIDA a la salida de GTCOA.

Se completaron los trabajos de soldadura de la estructura definitiva de soporte del banco óptico de GTCOA en la plataforma Nasmyth del Telescopio GTC. La estructura se ha montado en el simulador de la plataforma Nasmyth disponible en las instalaciones del IAC, donde se está verificando su estabilidad a lo largo del tiempo tras finalizar los altos gradientes térmicos a los que se somete la pieza durante el proceso de soldadura.

En cuanto al software, se han desarrollado componentes de alto nivel del software de control en tiempo real, en concreto el componente de la cámara OCAM2 del WFS y los Supervisory Loops. También se está integrando el entorno de control en tiempo real DARC en el GCS. Respecto al software de la Capa Instrument, se ha desarrollado el componente Mechanism Control y el AO Calibration, que forman parte del AO Instrument.

LGS

Las actividades durante 2020 se han centrado en el cierre de los requerimientos ópticos y optomecánicos necesarios para la licitación del telescopio de lanzamiento (el LLT), cuyo contrato se encuentra en curso en este momento, desde diciembre de 2020. El proceso de licitación del LLT se vio interrumpido durante varios meses por la situación del COVID-19, en la que se paralizaron los procedimientos de licitación, adjudicación y selección de las administraciones públicas. Esto ha causado un retraso notable en prácticamente el resto de actividades del proyecto, especialmente el resto del sistema de transferencia láser (LTS) pues su diseño depende grandemente del cierre del diseño del telescopio.



Diseño preliminar del telescopio de lanzamiento láser.

A falta de completar los diseños detallados, finalmente se ha lanzado la compra de uno de los componentes del LTS, el mecanismo del Jitter Mirror. También se ha lanzado la compra de un sensor frente de onda de diagnóstico para el LTS, que se utilizará para la verificación del sistema y además de manera rutinaria para evaluar la calidad del láser en telescopio.

En septiembre de 2020 se aceptó de manera definitiva el láser para la LGS de GTCAO.

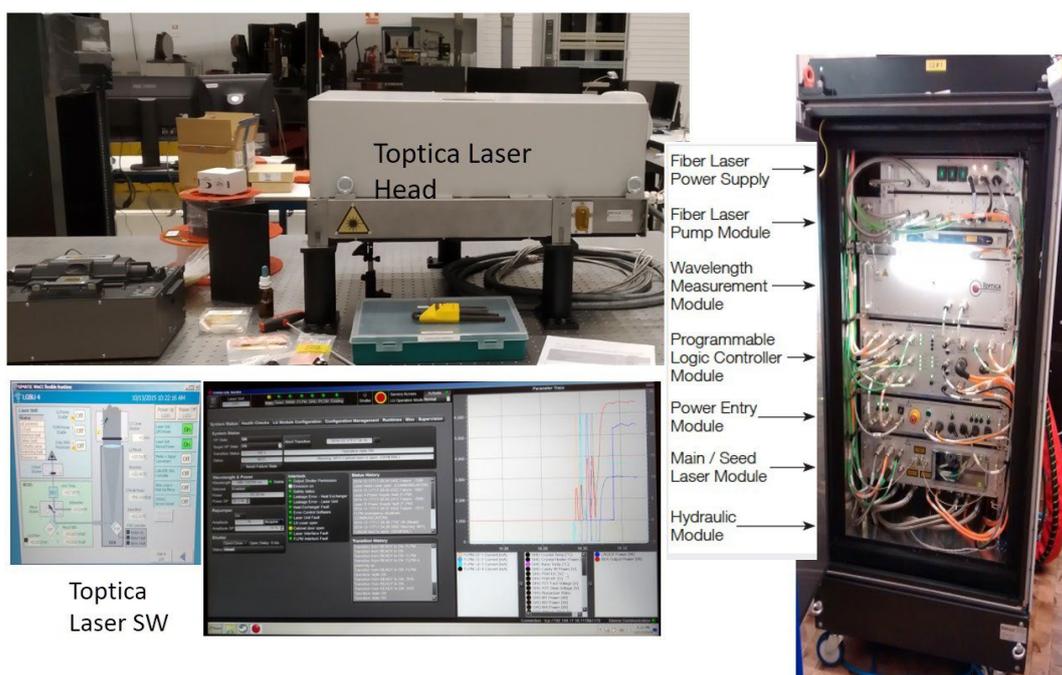
Ha habido también un avance notable en el diseño del Sensor de Frente de onda Láser (WFS) tanto en la óptica como en la optomecánica, quedando el sistema prácticamente listo para la definición de las especificaciones necesarias para la compra de sus componentes ópticos.

Las actividades dentro del paquete de Ingeniería de Sistemas han avanzado al ritmo previsto. Se ha avanzado en mucha menor medi-

da en los diseños de la Cámara de apuntado y en los paquetes de Electrónica, Software y Seguridad.

Este Proyecto está cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) en el marco de los Programas Operativos de Canarias 2007-2013 Eje 1, Tema Prioritario 2 y 2014-2020 al amparo de la Resolución nº 364 de 25 de noviembre de 2014 y de la Resolución nº232 de 10 de junio de 2015 de la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI) y prefinanciado mediante préstamo del Ministerio de Ciencia e Innovación.

También está cofinanciado por el Plan estratégico de los Observatorios de Canarias (ICTS-2019-03-IAC-12), la Convocatoria de Equipamiento Científico-Técnico 2018 (EQC2018-005097-P) y la Convocatoria de Equipamiento Científico-Técnico 2019 (EQC2019-006713-P).



Sistema láser de LGS.

TTNN CONTROL: NUEVO SISTEMA DE CONTROL PARA LOS TELESCOPIOS NOCTURNOS (P/701906/03/01)

Alejandro Oscoz Abad.

Marta C. Aguiar González, Emilio J. Cadavid Delgado, Francisco J. Hernández Hernández, Carlos Martín Díaz, Matteo Monelli, Teodora A. Viera Curbelo y Olga M. Zamora Sánchez.

INTRODUCCIÓN

Los telescopios TCS e IAC-80, conocidos como TTNN y situados en el Observatorio del Teide, son telescopios operados manualmente por parte de los astrónomos (de forma presencial o remota) a través de unas aplicaciones informáticas específicas desarrolladas en su mayor parte en los años 90. Estas aplicaciones permiten controlar todos sus movimientos (motores y codificadores), así como los mecanismos auxiliares integrados, tales como: cúpula, ventanas, compuertas, pétalos, estación meteorológica, alarmas, GPS, medidor de seeing,

etc. Este sistema de control reside en un PC de control que aloja diversas tarjetas para comunicarse con los diferentes elementos, y un PC auxiliar, conectado a través de una línea RS232, que actúa como interfaz de usuario. Aunque ha habido algunas actuaciones para modernizar el sistema, gran parte del mismo sigue basándose en componentes que, hoy en día, están completamente obsoletos.

El objetivo de este proyecto es pues realizar la mejora del sistema de control de estos telescopios, de forma que el nuevo entorno de software y hardware que se diseñe sea moderno, robusto y versátil, y permita controlar los telescopios de manera eficiente de forma remota y facilite, posteriormente, su operación automática.

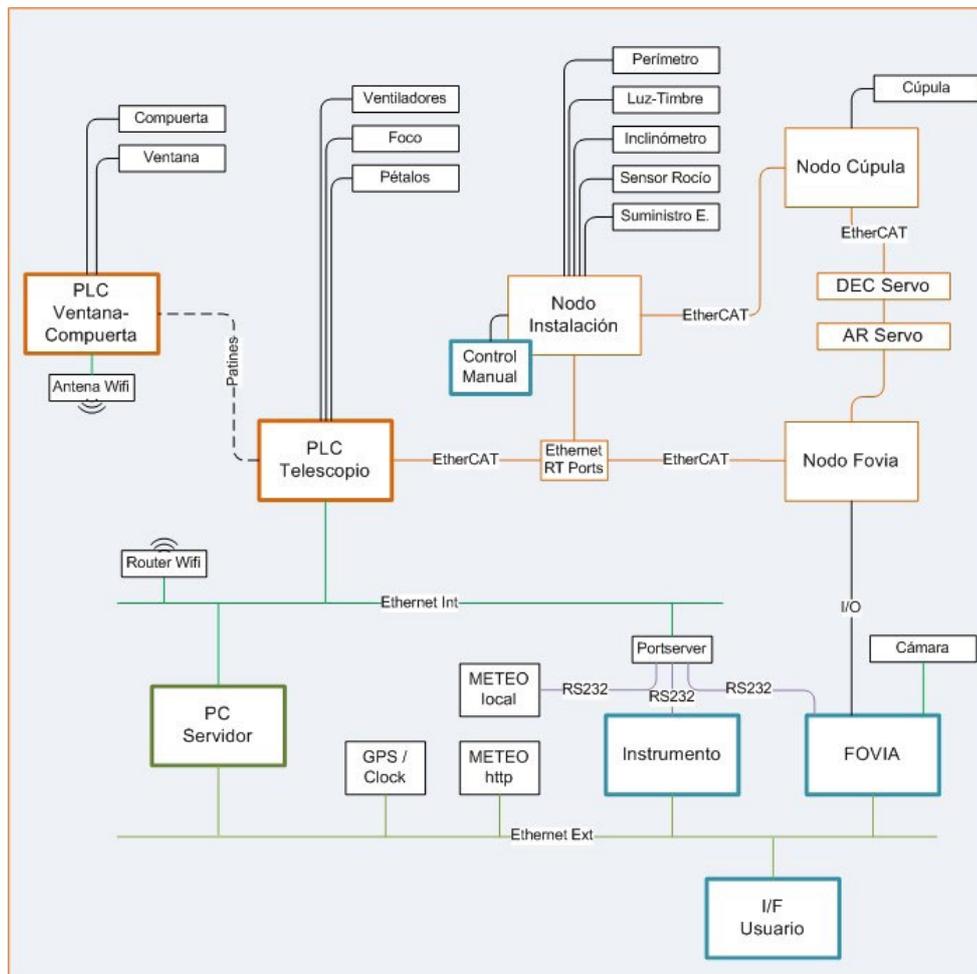
HITOS

Especificación y adquisición del PC Servidor del sistema de control.

Finalización del diseño de la electrónica.

Adquisición de los principales componentes electrónicos-

Finalización del diseño del software.



Esquema del hardware del nuevo sistema de control de los TTNN.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Al igual que el sistema actualmente en funcionamiento, se ha procurado en el diseño que el control de los telescopios IAC-80 y TCS sea el mismo. Desde el punto de vista electrónico, ambos telescopios son muy similares, aunque tienen pequeñas diferencias debidas al hardware existente. Desde el software, estas diferencias se gestionarán durante la configuración en el momento del arranque del sistema, de forma que una misma aplicación informática, al iniciarse, cargará la configuración apropiada para cada telescopio, manteniendo una apariencia idéntica para el usuario.

El Proyecto, iniciado a mediados de 2019, se encuentra en mitad de su desarrollo. En 2020 se ha terminado el diseño de la electrónica y se han realizado las solicitudes de compras prin-

cipales de la electrónica y del PC servidor. En software, se ha terminado el diseño de la arquitectura y a primeros de 2021 se realizará la revisión del diseño. Por otro lado, en paralelo, se han probado la mayoría de las tecnologías a utilizar durante el desarrollo, con el objetivo de dar solidez a la propuesta técnica. En breve empezará el diseño detallado y la codificación.

A principios de 2021 esperamos recibir los componentes electrónicos y encargar la fabricación de los armarios que alojarán estos componentes. Posteriormente, será necesario realizar las pruebas en laboratorio y contratar las reformas a realizar en la cúpula y el telescopio, para sustituir todos o la mayor parte de los sistemas eléctricos/electrónicos existentes, y pasar a la etapa final de integración y pruebas en telescopio del nuevo sistema de control.

CSOA (CENTRO DE SISTEMAS ÓPTICOS AVANZADOS) (E/401500/02)

José L. Rasilla Piñeiro.

Ana B. Fragoso López, Félix Gracia Temich, Carlos M. Gutiérrez De la Cruz, Maider Insausti Múgica y José A. López Aguerri.

INTRODUCCIÓN

Este Proyecto tiene como objetivo implantar un centro de producción de óptica avanzada partiendo del conocimiento en el diseño e integración de elementos ópticos destinados a la instrumentación astronómica. Para ello se propone la adquisición de un conjunto de máquinas de fabricación óptica, de metrología y de recubrimientos ópticos que permitan desarrollar componentes ópticos de vanguardia inicialmente enfocados para su uso en la instrumentación astrofísica y en el espacio pero con el propósito que pueda servir para otros campos de la investigación, el desarrollo. No se contempla su uso para grandes líneas productivas que puedan generar competencia con las industrias de fabricación óptica actualmente existentes en Europa o en el Mundo.

La infraestructura del centro permitiría la generación, corte, pulido y recubrimiento de óptica con un tamaño de hasta 500 mm, al conjunto de los elementos que permiten estas acciones se le denominará el centro de óptica pequeña. Además, se contaría con una pulidora y un sistema de recubrimientos ópticos para producir óptica hasta de 1.6 m de diámetro, al conjunto de estos elementos lo denominaremos centro de gran óptica.

Centro de óptica pequeña

El objetivo de este centro es el desarrollo y fabricación de elementos ópticos de un diámetro hasta 500 mm. Lo que permitirá hacer frente a las necesidades de óptica de la instrumentación de telescopios en tierra y de carga útiles de satélites.

En este caso se pretende crear una infraestructura que permita realizar todo el proceso de manufactura y obtener un elemento óptico desde un material bruto salido de fábrica. Es decir, tener la posibilidad de generar cortar, redondear, pulir, recubrir y probar el elemento a producir. Este centro tendrá, también como objetivo, el desarrollo de técnicas novedosas de producción desarrollando procedimientos y prototipos que podrán ser implantados en el centro de óptica de gran tamaño. Finalmente, este centro permitirá formar a los ingenieros y

técnicos que formarán parte de los centros de óptica del IAC.

La infraestructura que se va a adquirir para dotar este centro para fabricar óptica de hasta 0.5 m de diámetro es la siguiente:

- Generadora 0.5 m.
- Pulidora 0.5 m.
- Cortadora 0.5 m.
- Recubrimientos ópticos (Sistema de depósito de recubrimiento óptico hasta 0.5 m).

Este centro estará localizado en el edificio central del IAC en la zona en la que se ubica actualmente Delineación Mecánica.

Centro de gran óptica

El objetivo de este centro es el desarrollo y fabricación de elementos ópticos de un diámetro hasta 1.500 m. Esto permitirá hacer frente a las necesidades de óptica de instrumentación y de futuros telescopios en tierra.

Este centro sólo estaría equipado por una pulidora y un sistema de recubrimientos ópticos. Todo el proceso de generación de la superficie y corte del material sería encargado al suministrador del blank, teniendo en cuenta los tamaños de materiales que se están considerando el proceso de cordado y generación de la superficie no incrementaría de forma importante el precio del material (~10%).

En este caso, la correcta especificación del al máquina de pulido es de especial importancia ya que debe permitir un acabado en borde de los elementos ópticos perfecto para evitar un proceso posterior como es el ion figuring para realizar el acabado de los bordes del elemento. Esto es de especial importancia cuando se está considerando la fabricación de segmentos de espejos de grandes telescopios.

El sistema de recubrimientos ópticos se propone una sistema tipo sputering con un tamaño para albergar elementos de al menos 1.5 m de diámetro.

Este centro estará localizado en el edificio de IACTEC en la sala limpia 1.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Durante 2020 se definieron las características técnicas de las diferentes máquinas que va a tener el centro de óptica.

H2020: OPTICON H2020- FABRICACIÓN ADITIVA (P/601701/01)

Juan Calvo Tovar.

Fabio Tenegi Sanginés y Afrodísio Vega Moreno.

H. Schnetler, C. Atkins, K. Morris, C. Miller (UKRI-STFC); R. Snell (UoF- Univ. de Sheffield, Reino Unido); E. Hugot, M. Roulet (LAM); S. Farkas, M. György (Konkoly Obs., Hungría); B. van de Vorst, J. Dufils, L. Brouwers (TNO).

INTRODUCCIÓN

La instrumentación astronómica se está volviendo cada vez más compleja y voluminosa. Las nuevas técnicas de fabricación como la fabricación aditiva ofrecen la posibilidad de diseñar y construir instrumentos más ligeros y fáciles de montar.

Las actividades a desarrollar por el IAC se engloban dentro del paquete de trabajo relacionado con "Espejos Refrigerados" cuyos objetivos principales son: identificación de aplicaciones directas para estos componentes, estado del arte para espejos y sistemas de refrigeración en fabricación convencional, generación de un conjunto de alternativas para espejos conformados mediante fabricación aditiva, incluyendo el sistema de refrigeración (que puede, o no, estar integrado), y analizar su potencial a fin de seleccionar las más prometedoras y fabricar algunas probetas, mediante esta técnica, y evaluarlas para el uso de componentes en la nueva generación de instrumentos para grandes telescopios y en las nuevas técnicas de interferometría óptica. Además, también se buscará la caracterización y evaluación de estos componentes en condiciones típicas de funcionamiento de estos instrumentos, es decir, a presiones muy bajas (vacío) y a temperaturas criogénicas.

HITOS

Análisis de los modelos avanzados: se realizaron simulaciones de optimización topológica y se inició la redacción de documentación para el entregable.

Fabricación de las probetas con los distintos diseños y materiales: se fabricaron y se recibieron a final de año.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Gran parte del desarrollo llevado a cabo por el IAC ha consistido en una metodología para el análisis de estructuras aligeradas. Está basada



Diseño IAC en Poliamida 12.



Diseño IAC en Carboprint Si.



Diseño IAC de celosía en Poliamida 12.

en la asunción de propiedades equivalentes de las estructuras aligeradas.

Debido a la irrupción de la COVID19 se prorrogó la finalización del proyecto hasta junio de 2020. Desgraciadamente, estos desarrollos se han visto retrasados, impidiendo la correcta consecución de objetivos, quedando principalmente en desarrollos teóricos pendientes de validar con ensayos.

A lo largo del año se validó la Metodología, quedando justificado el uso del Método del Material Continuo Equivalente para simular componentes aligeradas con estructuras lattice o honeycomb. Se definió el Plan de Pruebas y Ensayos donde se sentaron las bases para las diferentes pruebas (estructurales, térmicas, vibraciones, etc.) mediante las cuales se pretende caracterizar las probetas de los espejos que

llegaron a finales de año. También se realizaron tareas genéricas tales como: búsqueda de información XC, transferencia de modelos CAD con otras instituciones, etc., y se finalizaron los análisis de los modelos avanzados, realizándose simulaciones de optimización topológica y se inició la redacción de documentación para el entregable de la primera fase.

INSTRUMENTACIÓN VISIBLE

HORUS (HIGH OPTICAL RESOLUTION SPECTROGRAPH) (P/301139/02)

Ramón J. García López.

Carlos Allende Prieto, Jonai Bienes Pérez, Juan Calvo Tovar, María F. Gómez Reñasco, Pablo González Gómez, Félix Gracia Temich, Enrique Joven Álvarez, Ricardo Negrín Martín, Yeray J. Peñate Catro y Juan J. Perdigón Peña.

INTRODUCCIÓN

HORuS es un espectrógrafo Echelle de alta resolución con dispersión cruzada para observar en el rango 380-800 nm con una resolución espectral de aproximadamente 25.000. Está en operación en el Telescopio GTC compartiendo foco con OSIRIS. Aunque algunos de ellos han sido cambiados o modificados, usa componentes del espectrógrafo UES.

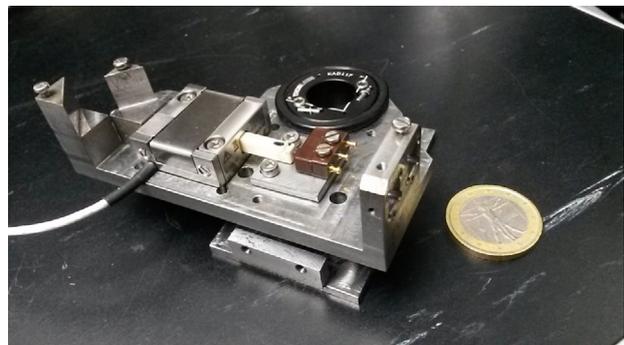
HITOS

Aumentar la demanda del tiempo de observación. En febrero se dieron dos talleres sobre la observación y reducción de datos de HORuS en la sede central del IAC y en el Centro de Astrofísica de La Palma. También se impartió una charla sobre HORuS en el Centro de Astrobiología CAB - Villafranca, en Madrid.

Diseñar la mecánica para colocar el brazo de adquisición en el centro del rotador de la plataforma Nasmyth B. El diseño se finalizó y se tramitó la fabricación de las piezas.



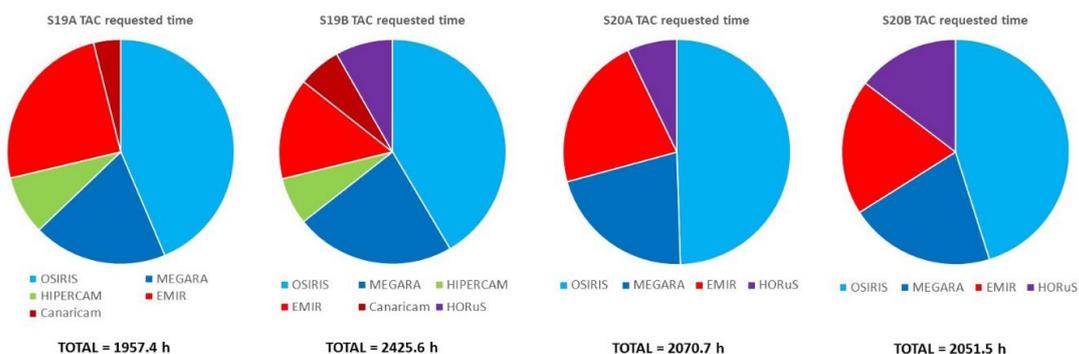
Espectrógrafo HORus.



Brazo de adquisición de HORus.

DESARROLLO Y RESULTADOS

En 2020 HORuS estuvo en operación rutinaria en el Telescopio GTC. La demanda de tiempo de observación para este instrumento aumentó notablemente en el segundo semestre, llegando hasta el 18% del total del tiempo solicitado al Telescopio GTC a través del Comité de Asignación de Tiempo de los Observatorios de Canarias (CAT).



Demanda tiempo observación en el Telescopio GTC.

Se ha definido la planificación para la continuación de las operaciones de HORuS en el Telescopio GTC. A finales de año quedó cerrado el diseño para colocar el brazo de adquisición en el centro del rotador Nasmyth B para seguir observando una vez se vaya OSIRIS al foco Cassegrain.

El software de reducción automático de datos quedó disponible públicamente desde enero de 2020 (<https://github.com/callendeprieto/chain>).

En febrero se dieron dos talleres sobre la observación y reducción de datos de HORuS en

la sede central del IAC, en La Laguna, y en el Centro de Astrofísica de La Palma. Este mismo mes se impartió una charla sobre HORuS en el Centro de Astrobiología CAB - Villafranca, en Madrid.

En octubre de 2020 se hicieron públicos los datos de la puesta en servicio de HORuS, obtenidos entre noviembre de 2018 y marzo de 2019 (<http://research.iac.es/proyecto/abundancias/horus>).

A finales de año se desarrolló un módulo para la derivación automática de velocidades radiales.

WEAVE (WHT ENHANCED AREA VELOCITY EXPLORER) (P/401200)

José A. López Aguerri.

José M. Delgado Hernández, José M. Herberos Linares y Alireza Molaeinezhad.

Colaborador del IAC; J. Alonso, Carlos Allende Prieto.

G. Dalton (Univ. de Oxford, Reino Unido), D.C. Abrams (ING); S. Trager (Kapteyn Inst., Países Bajos).

INTRODUCCIÓN

WEAVE (WHT Enhanced Area Velocity Explorer) es un nuevo espectrógrafo multiobjeto que se ubicará en el telescopio WHT, del Observatorio del Roque de Los Muchachos, en la Isla de La Palma. Este instrumento va a ser crucial en el futuro del telescopio WHT porque no sólo renovará la instrumentación existente sino que lo situará en lo más alto del conjunto de telescopios de la clase de 4 metros de diámetro que llevan a cabo inventarios de espectroscopia multiobjeto. El instrumento está siendo desarrollado por un consorcio en el que participan instituciones del Reino Unido, Países Bajos, Francia, Italia, México y España.

Este instrumento combina un gran campo de visión de 2 grados de diámetro con una gran capacidad espectral, capaz de proporcionar hasta 1.000 espectros de objetos astronómicos en una única exposición. Dispondrá además de unidades de campo integral (IFU) que serán útiles para realizar espectroscopia de campo integral de galaxias. El instrumento ofrecerá resolución de $R=5.000$ entre 370 y 950 nanómetros de longitud de onda, y una alta resolución de $R=20.000$ en dos rangos situados entre 410 - 460 nm y 600 - 678 nm. El espectrógrafo y las unidades de control se instalarán en el foco Nasmyth (Laboratorio GHRIL), mientras que el sistema posicionador de fibras se ubicará en el nuevo foco primario del telescopio.

HITOS

Enero

Aceptación final del rotador de campo y cadena portables.

Mayo-junio

Aceptación del corrector focal en fábrica y llegada al telescopio.

Septiembre

- Montaje del corrector focal y del rotador de campo en el foco primario del Telescopio WHT.
- Pruebas finales en el telescopio del sistema de control y software de control del espectrógrafo de WEAVE.

DESARROLLO Y RESULTADOS

La contribución del IAC al Proyecto WEAVE, en hardware y software, consiste en el suministro de los siguientes equipos:

- Estructura soporte y control de foco primario -sistema FTS.
- Corrector de dispersión atmosférica -PFC.
- Lente 4 del corrector focal.
- Rotador de campo y cadena portacable - PFR.
- Retractores de fibras.
- Sistema de control del espectrógrafo.
- Sistema avanzado de procesamiento de datos científicos.

La aceptación definitiva del sistema de rotador de campo y cadena portable se realizó durante el mes de enero de 2020. El sistema se encuentra actualmente montado en el telescopio.

A lo largo de 2020, tras realizar con éxito todas las pruebas de aceptación previstas, primero en fábrica y posteriormente en el Observatorio, se entregaron al ING para su instalación en el Telescopio WHT e integración en el instrumento, la totalidad de los subsistemas encomendados al IAC por la colaboración WEAVE. El PFC, suministrado por SENER, llegó a La Palma según el plan del Proyecto a mediados de junio. Durante el tercer trimestre del año se procedió a montar e instalar en el Te-



Vista del corrector focal y del rotador de campo en el foco primario del Telescopio WHT.

telescopio WHT el Sistema de Foco Primario del telescopio. A principios de septiembre, junto el espectrógrafo, llegó de Los Países Bajos el Sistema de Control Electrónico previamente entregado, el cual fue nuevamente probado satisfactoriamente con el Software de Control. Tanto el PFR, suministrado por IDOM, como el PFC se encuentran en la fase contractual de garantía.

El equipo de investigación de WEAVE del IAC, formado por C. Allende y A. Molaeinezhad continúa desarrollando el Sistema Avanzado de Procesamiento que permitirá la clasificación automática de los objetos observados, según el espectro, en estrellas, galaxias o quasars; el análisis de las estrellas: velocidad, metalicidad, gravedad, temperatura y abundancias; el análisis de las galaxias: cinemática estelar, líneas de emisión, etc. y la construcción de mapas en el modo de observación LIFU y minILFU. Durante 2020 se han realizado con éxito varios simulacros de funcionamiento de este software con datos simulados similares a los que repor-

tara el instrumento WEAVE. En la actualidad el software se encuentra terminado y testado con datos simulados y listo para correr sobre datos reales de WEAVE que llegarán en la segunda mitad de 2021.



Vista de la lente principal del corrector focal en el foco primario del Telescopio WHT.

HARPS3 (HIGH ACCURACY RADIAL VELOCITY PLANET SEARCHER 3) (P/701902/01)

Jonay I. González Hernández.

Manuel Amate Plasencia.

Colaboradores del IAC: Jonai Bienes Pérez y Yeray J. Peñate Castro.

Universidades de Cambridge, Exeter, Oxford y Belfast (Reino Unido); Univ. de Leiden/NOVA (Países Bajos); Univ. de Ginebra (Suiza); Univ. de Uppsala (Suecia); The Simons Foundation y Princeton Univ.(EEUU); personal local perteneciente al ING (La Palma); personal INT (Reino Unido).

INTRODUCCIÓN

HARPS3 es un instrumento de nueva generación para el telescopio de INT que se encuentra en el Observatorio del Roque de Los Muchachos (ORM) en La Palma. El consejo del ING ("ING board") ha decidido que el espectrógrafo HARPS3 sea el instrumento principal en las operaciones científicas del telescopio INT.

HARPS3 es un espectrógrafo ultra-estable diseñado para la búsqueda de exoplanetas de tipo Tierra alrededor de estrellas como el Sol mediante la técnica de velocidad radial. Como sus predecesores HARPS y HARPS-N instalados en los telescopios 3.6m - ESO en el Observatorio de La Silla (Chile) y TNG en el ORM, HARPS3 operará a alta resolución ($R \sim 115000$) y será alimentado por dos fibras ópticas que proporcionarán medidas simultáneas de la fuente estelar y de la fuente de calibración espectral, permitiendo obtener medidas en velocidad radial (RV) muy precisas. El instrumento está compuesto principalmente de dos subsistemas:

- El cuerpo principal del espectrógrafo
- El adaptador de fibras Cassegrain.

El IAC es responsable de la preparación y acondicionamiento de la sala Coudé Este, así como del diseño y construcción de las salas de aislamiento térmico HTE1 y HTE2, sus correspondientes sistemas de control ambiental y de los sistemas de ventilación relacionados con la sala Coudé Este y la sala contigua (sala de rendija).

HITOS

Contratación de ingeniero mecánico.

Consolidación del compromiso del ING para ceder más espacio de la sala Coudé para HARPS3.

Actualización del diseño de la sala Coudé.

Contratación, seguimiento, finalización y aceptación de los trabajos de acondicionamiento del espacio adicional.

Contratación de un estudio de resistencia del forjado del suelo de la sala Coudé.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Es necesario destacar que debido a la pandemia del COVID-19 varias de las actividades planificadas para 2020 sufrieron retrasos.

Durante 2020, se contrató a un ingeniero mecánico con dedicación máxima a HARPS3; su trabajo consiste en encargarse del diseño de la sala y de las actividades constructivas del proyecto (especificación, contratación, seguimiento, revisión y aceptación de suministros, obras y servicios).

En 2020, tras negociaciones con el consorcio HARPS3, se logró consolidar el compromiso del ING de ampliar el espacio cedido para la instalación y operación del instrumento en el Telescopio INT.

Actualización del diseño de la sala: La inclusión del espacio adicional y la redistribución del uso de la misma, permitió lograr una disposición óptima del instrumento y sus accesorios, así mismo posibilita el uso coherente de todo el espacio disponible, facilitando la futura operación y mantenimiento del instrumento.

Se contrató a una empresa externa para acondicionar el nuevo espacio, esto incluyó demolición de paredes, retirada de elementos almacenados en dicha sala, limpieza de escombros y acondicionamiento del suelo (sólo relleno de "zanjas pasa-cables").

A finales de 2020 (finalizado el trabajo de acondicionamiento del nuevo espacio), se contrató el servicio de una empresa externa para llevar a cabo un estudio de la resistencia del forjado del suelo de la sala Coudé: debido a la edad del edificio y al peso del instrumento, es necesario verificar que el suelo de la sala resiste el peso del instrumento sin riesgos.

MICAL (P/201602/01)

Manuel Collados Vera.

Carlos H. Domínguez-Tagle Paredes, Noelia Feijóo Amoedo, Bruno Femenía Castelló, José M. González Cava, Francisco González Pérez, Haresh Mangharam Chulani, Yolanda Martín Hernando, Ángel Mato Martínez, Luz M. Montoya Martínez, Miguel A. Núñez Cagigal, Jorge Quintero Nehrkorn, Horacio Rodríguez Delgado, Jacinto J. Vaz Cedillo y Lanqiang Zhang.

Colaboradores del IAC: Roberto López López y Silvia Regalado Olivares.

INTRODUCCIÓN

MICAL es el acrónimo de "Mejoras estratégicas en infraestructuras científico-tecnológicas y de apoyo logístico a los observatorios de Canarias".

El Proyecto MICAL consta de diversas actuaciones, combinando las de carácter instrumental con otras de tipo logístico. El Área de Instrumentación del IAC está a cargo de las primeras, dentro del subproyecto MICAL/EST, que comprende dos subactuaciones.

La primera subactuación (MICAL/AO) consiste en la construcción de un demostrador del sistema de óptica adaptativa de EST, mientras que la segunda (MICAL/GRIS) se enfoca en el diseño e integración de un conjunto de mejoras en el espectrógrafo GRIS del telescopio GREGOR para permitir observaciones espectropolarimétricas simultáneamente en varios rangos espectrales.

HITOS

Enero

- Integración y validación preliminar de la electrónica de control de MICAL-GRIS en telescopio.
- Finalización del diseño óptico detallado del banco MCAO.

Enero-junio

Desarrollo de primeros lazos de control SCAO y MCAO sobre simulador DASP.

Febrero

- Recepción de los computadores del banco MCAO. Recepción del simulador de turbulencia.

- Adjudicación del contrato de aprovisionamiento de tres espejos deformables a la empresa ALPAO mediante licitación LIC-19-11.

Junio

Caracterización del sistema de iluminación y del simulador de turbulencia del banco MCAO.

Julio-octubre

Caracterización, integración y alineado de los sensores de frente de onda (WFS) del banco MCAO.

Julio-diciembre

- Prueba y caracterización de 4 cámaras candidatas para la actualización del instrumento GRIS.
- Puesta en marcha del entorno para ensayar lazos de control usando DASP+DARC
- Simulaciones de configuraciones de WFS usando properAO.

Septiembre

Recepción del primer espejo deformable (DM0), suministrado por ALPAO, para el banco MCAO.

Octubre

Recepción de los dos espejos deformables restantes (DM1 y DM2), suministrados por ALPAO, junto con el resto de material del contrato.

Diciembre

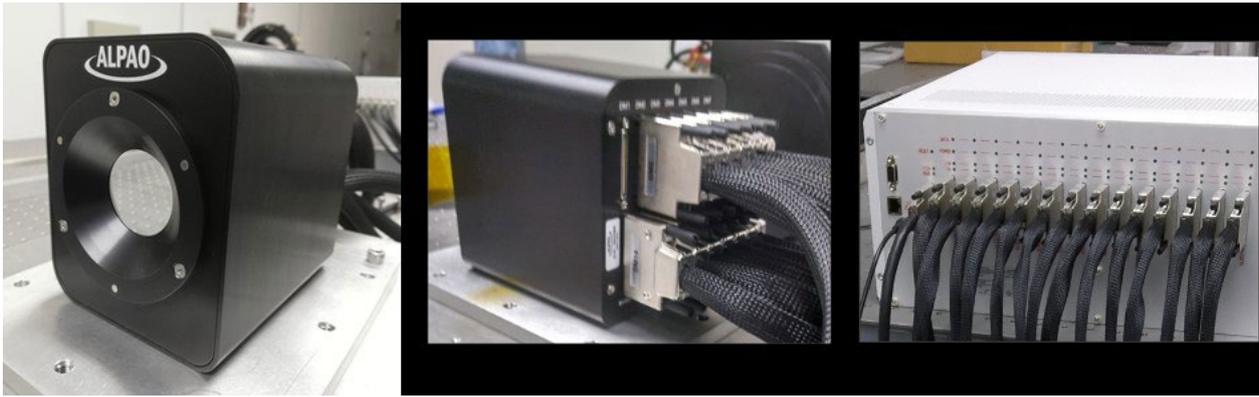
Caracterización de los espejos deformables finalizada.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Durante 2020 los diferentes subsistemas que forman parte del MCAO han sido diseñados y adquiridos (comprados o fabricados). Por norma general cada uno de ellos ha sido recibido, caracterizado y validado, dejándolo listo para su integración en el banco.

El contrato de la licitación LIC-19-011 para el suministro de los tres espejos deformables DM0, DM1 y DM2 se adjudicó en febrero a la empresa ALPAO, recibiendo dichos elementos y sus correspondientes accesorios electrónicos e informáticos entre los meses de septiembre y noviembre. Los espejos fueron caracterizados y validados con éxito en diciembre.

El banco MCAO cuenta con dos ordenadores de control, uno de ellos de gran potencia encargado de cerrar el lazo MCAO. Un reto mayor



Espejo deformable de 468 actuadores. Vista frontal (izquierda) vista trasera (central) y electrónica de control.

para este equipo que la capacidad de cómputo era el disponer de conectividad suficiente para manejar todos los elementos en tiempo real (tres cámaras de gran formato, tres espejos deformables, y otros dispositivos), incluyendo la configuración del sistema operativo y de los controladores para que todos los elementos trabajen sin conflictos, garantizando la calidad de servicio (alta frecuencia y baja latencia) de todas las medidas y actuaciones. Aparte de la configuración de las plataformas, durante este año se han desarrollado los módulos software necesarios para permitir al algoritmo de lazo cerrado MCAO no sólo adquirir las imágenes y comandar las actuaciones pertinentes, sino también almacenar los resultados tanto intermedios como finales para que los ingenieros de MICAL puedan analizar el comportamiento del banco demostrador y del proceso MCAO.

Además de esa alta necesidad de conectividad, los actuadores requieren también alimentación eléctrica. A lo largo de este año se han integrado los elementos electrónicos

y computacionales en una cabina centralizada de control, y se ha diseñado, construido y montado y validado el cableado de señal y de potencia. Se han añadido elementos de control PLC para permitir el desarrollo de sistemas de diagnóstico, alarmas, y reacciones controladas y seguras ante emergencias.

En paralelo a la construcción del banco, gracias al uso de simuladores, el equipo ha podido avanzar en el diseño e implementación del lazo de control MCAO. Dichos simuladores también han permitido ensayar múltiples configuraciones o estrategias de control, confirmando al equipo la posibilidad de confirmar o descartar la viabilidad de los distintos enfoques técnicos sin necesidad de consumir

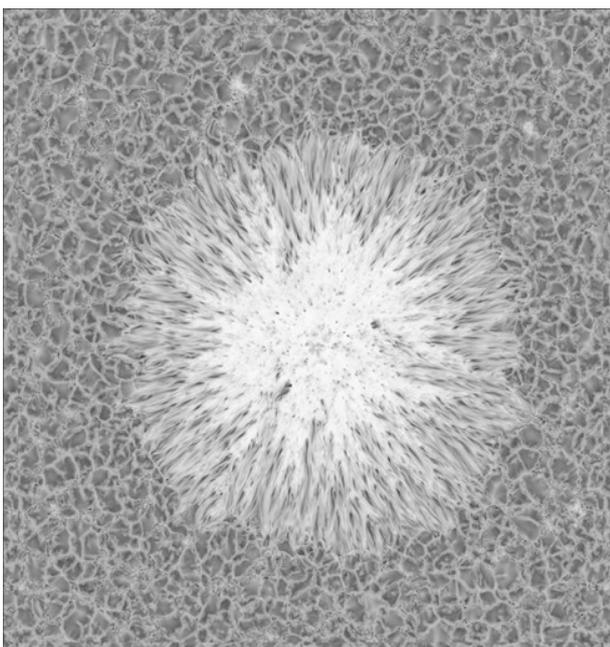
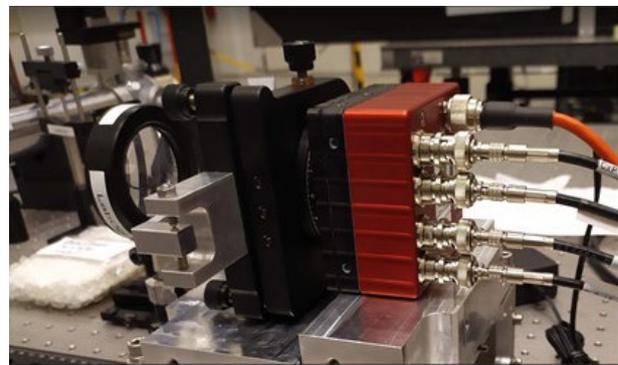


Imagen del sol sintética (en negativo) para proyectar como entrada para el banco MCAO.



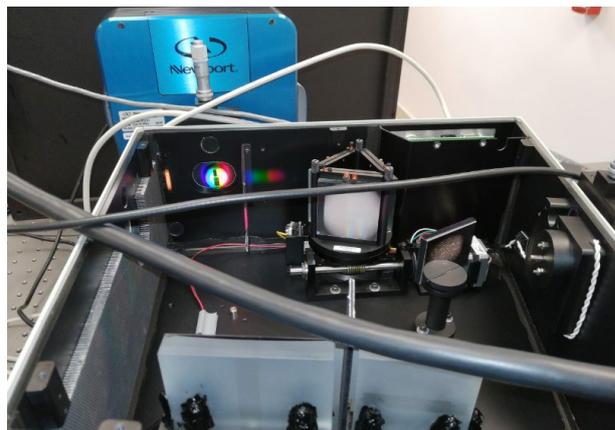
Arriba: integración de un WFS (sensor de frente de onda) compuesto por la cámara, las microlentes y sus respectivas monturas. Abajo: fuente de luz con esfera integradora para simular la luz difusa que viene del Sol.

el tiempo del banco o ralentizar las tareas de construcción del mismo.

Respecto a MICAL-GRIS, a principios de año se realizó con éxito la integración preliminar de la electrónica y el software de control y sincronismo de múltiples cámaras en el instrumento GRIS.

También se ha avanzado en la identificación de la cámara científica de GRIS, que observará en la longitud de onda de 854 nm. A tal efecto se han caracterizado en el laboratorio LISA un total de 4 cámaras: Princeton SC11280, Raptor Ninox, ANDOR Marana y Hamamatsu Orca Fusion BT. Durante la caracterización no sólo se comprobaron los comportamientos respecto a los requisitos estáticos (resolución, pozo, eficiencia cuántica...) sino también los comportamientos dinámicos (estabilidad, aparición de franjas...) aprovechando las capacidades del laboratorio de detectores LISA.

Se ha preparado el nuevo ordenador de control para el instrumento GRIS y se ha diseñado



Banco de pruebas de LISA, dotado de un monocromador que permite detectar la aparición de franjas en las imágenes adquiridas por los detectores, así como la magnitud y estabilidad de las mismas.

e implementado gran parte de los cambios de software que la actualización de GRIS requiere, incluyendo refactorizaciones del código para adaptarlo a nuevas técnicas de desarrollo, entre las que se encuentra el uso de plataformas de integración continua

INSTRUMENTACIÓN INFRARROJA

FRIDA (INFRARED IMAGER AND DISSECTOR FOR ADAPTIVE OPTICS) (P/400728)

María A. Prieto Escudero.

José Acosta Pulido, Marta C. Aguiar González, José J. Díaz García y Jesús Patrón Recio.

A. López (Univ. de México), S. Eikenberry (Univ. de Florida, EEUU), N. Cardiel (UCM).

INTRODUCCIÓN

Ciencia con FRIDA

FRIDA (inFRared Imager and Dissector for the Adaptive optics system of the GTC) es un espectrógrafo de campo integral e imagen diseñado para trabajar al límite de difracción de GTC en el rango de 1 – 2,5 μm .

El Proyecto de ciencia con FRIDA se enfoca en la identificación y preparación de programas de observación competitivos para FRIDA. FRIDA se prevé que llegue al telescopio GTC hacia finales de este decenio, excesivamente tarde comparado con todos los grandes telescopios del mundo que ya disfrutaban de instrumentos para Óptica Adaptativa desde más de 7 años, produciendo Ciencia frontera. Por tanto, con el fin de que la comunidad del telescopio GTC sea competitiva en el tiempo de FRIDA, es fundamental que se comience desde ya la identificación y preparación de programas científicos de innovación que exploten al máximo las posibilidades de FRIDA+GTCAO.

El objetivo de este Proyecto es iniciar dentro del IAC tales estudios. Para ello se pretende establecer una colaboración estrecha entre el equipo de FRIDA de IAC y la comunidad científica del telescopio GTC a fin de identificar programas y estrategias de observación claves para este instrumento.

Como punto de partida, se ha seleccionado el estudio a gran escala de la galaxia Andrómeda. Andrómeda es la galaxia espiral más cercana a la Tierra, lo que permite que sus diferentes componentes galácticas: núcleo, disco, bulbo, brazos y halo, puedan ser estudiadas

bajo escalas espaciales sin precedencia. FRIDA podrá realizar un mapeado espectroscópico de regiones seleccionadas en Andrómeda con resoluciones espaciales por debajo de 0,16 pc a 2 μm .

Por su proximidad, la observación de Andrómeda con FRIDA involucra el estudio de un gran número de problemas astrofísicos: formación estelar, función inicial de masa en cúmulos globulares, dinámica galáctica, escenarios de formación de galaxias, etc., a escalas espaciales sólo conseguidas anteriormente en nuestra galaxia y las Nubes de Magallanes. En este Proyecto, se pretende analizar las posibilidades de realización y nivel de competitividad de estos estudios en Andrómeda sobre la base de las capacidades y limitaciones actuales de FRIDA y del sistema de Óptica Adaptativa del Telescopio GTC.

Participación tecnológica en FRIDA

El IAC está involucrado tecnológicamente en el Desarrollo del Sistema de Control de FRIDA y software de alto nivel. El sistema de adquisición de datos, la electrónica de control del detector y la caracterización de éste, así como el software de alto nivel para el control de mecanismos, son responsabilidades directas del IAC. Así mismo, el IAC es responsable de la definición de la pipeline y de las herramientas de observación con FRIDA. El IAC coordina todas estas actividades con las instituciones implicadas en estas tareas: UCM en Madrid y UNAM en México. Estas tareas comprenden desde diseño, fabricación y adquisición de componentes, hasta las fases de pruebas e instalación definitiva en telescopio.

HITOS

Desarrollo muy avanzado del paquete de Monitorización del Housekeeping de alto nivel.

Avance notable en la interface del Instrument Library con el módulo de Monitorización de HouseKeeping de alto nivel.

Se ha tomado la decisión de manera definitiva del paso al detector Hawaii-2RG.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Estado general del Proyecto FRIDA

Como consecuencia de la Covid-19, las actividades tanto de fabricación, por parte de la empresa colaboradora con la UNAM en México, CIDESI, como de pruebas en laboratorio, se han interrumpido durante prácticamente todo el año 2020. Como resultado, no ha habido apenas avance en este tipo de actividades en el Proyecto. No obstante, tanto el criostato como el banco óptico del instrumento están prácticamente completos y listos para las pruebas de aceptación finales, primero en fábrica, y luego en los laboratorios de UNAM, en cuanto sea posible.



Criostato de FRIDA listo para las pruebas de vacío en CIDESI.

El Proyecto FRIDA, a nivel global, sigue en la fase final de integración y pruebas a nivel de subsistemas esperando iniciar la integración a nivel de sistema. La previsión es que el instrumento complete la integración a nivel de sistema durante 2022, esperando tener la aceptación en fábrica y traslado al Telescopio GTC en 2023.

Gestión

El simulador de Óptica Adaptiva de FRIDA sigue pendiente de realizarse, en función de los desarrollos de GTCAO.

Adquisición de nuevos detectores H2RG: Durante 2020, GRANTECAN ha estado negociando y tramitando la compra de los detectores Hawaii-2RG para los proyectos FRIDA y EMIR. En estos momentos se confirma la adjudicación y firma del contrato, con lo que se espera recibir los detectores antes de fin de 2021.

Se ha analizado en detalle, y se han mantenido diversas reuniones, para la definición de una cámara infrarroja de back-up para su uso científico con GTCAO en caso de que el instrumento FRIDA no esté aún disponible una vez

esté GTCAO operativo en telescopio. Tanto el IAC como GRANTECAN proveerán los recursos necesarios, personal y hardware, para el desarrollo, fabricación y pruebas de dicha cámara.

Se han concedido fondos del Gobierno de Canarias, dentro del programa Estrategia de Especialización Inteligente de Canarias (RIS3), para la contratación de un nuevo ingeniero de software, por una duración de unos 18 meses.

Se han solicitado fondos al Severo Ochoa para la contratación de un ingeniero de software por 3 años para contribuir al desarrollo, pruebas y comisionado del software de FRIDA.

Sistema de Control

Se desarrolló un sistema de pruebas para operar con un detector de la familia HxRG utilizando el controlador ASIC SIDECAR a través de la nueva tarjeta MACIE instalado en el laboratorio LISA.

Se ha avanzado al 80% el desarrollo de paquete de Monitorización del Housekeeping de alto nivel. Faltaría probarlo en laboratorio con dispositivos reales de lectura de temperaturas y presión. Quedaría pendiente acabar de definir la interface con el PLC de bajo nivel y hacer pruebas de comunicación con el mismo. Aunque no esté definida en detalle la interface con el Housekeeping de bajo nivel, se ha dejado preparado el software para poder implemen-



Componentes de control de bajo nivel de mecanismos y del Housekeeping.

tar los cambios en la interface con muy pocas modificaciones en el código.

Se ha continuado el desarrollo previamente iniciado de la interface del Instrument Library con el DF Agent. También se ha desarrollado la interface del Instrument Library con el módulo de Monitorización de Housekeeping de alto nivel. Se han desarrollado todos los mecanismos de comunicación entre ambos paquetes para poder acceder a la información generada por el paquete de Housekeeping para su utilización desde el Instrument Library ya sea para rellenar las cabeceras FITS de las imágenes adquiridas como para el control del status y alarmas desde los paneles informativos del Inspector.

Se ha iniciado el desarrollo del paquete del Mimic que consiste en el display informativo del instrumento de una manera "gráfica" mediante una imagen que muestra el camino de la luz a su paso por los diferentes elementos ópticos y mecánicos que permite de una manera rápida ver la configuración del instrumento, su estado y posibles fallos y alarmas. Estos paneles complementan a los paneles del Inspector que muestran la información del instrumento en modo "texto".

Se ha instalado la nueva "release" (versión 4.1.0) y el nuevo entorno de desarrollo median-

te contenedores "docker" adoptado recientemente por GTC.

Interacción con el equipo de FRIDA en UNAM para concretar detalles de los módulos y definición del armario B de FRIDA. Este trabajo se ha visto interrumpido tanto por la situación actual de la pandemia, como por la falta temporal de recursos de electrónica de FRIDA en el IAC.

Tras la resolución de un problema de actualización del software de la herramienta ETC en el servidor, se han solicitado algunas modificaciones/mejoras de la misma que aún están pendientes de introducir, además de la extracción de rutinas para hacer simulación de observaciones que luego se puedan usar para probar el software de reducción de datos.

Tras la decisión definitiva de equipar a FRIDA con un nuevo detector de IR, Hawaii-2RG, en el IAC se están planteando en detalle las tareas a realizar para la recepción, caracterización y puesta a punto de dichos detectores (uno para FRIDA y otro para EMIR), junto con su sistema de control, principalmente dentro del departamento de electrónica y utilizando los recursos disponibles en el laboratorio de caracterización de detectores (LISA). Se ha implementado un software de pruebas desarrollado en C++ y en Phyton que podría ser integrado siguiendo los estándares del GCS.

MIRADAS (MID-RESOLUTION INFRARED ASTRONOMICAL SPECTROGRAPH) (P/301025)

Francisco Garzón López.

Pablo López Ramos y Anthony Russo.

A. Russo (GRANTECAN); S. Eikenberry, C. Warner, F. Varosi, G. Bennet, N. Raines (Univ. de Florida, EEUU); J.M. Gómez (Univ. de Barcelona). Forman el Consorcio MIRADAS: Univ. de Florida, Univ. de Barcelona, Univ. Complutense de Madrid, IAC, IFAE, IEEC. Además, hay investigadores individuales de la UNAM (México).

INTRODUCCIÓN

El espectrógrafo infrarrojo de resolución intermedia, MIRADAS, operará en el rango infrarrojo de 1 a 2,5 micras con una resolución espectral de 20.000. En el año 2010 fue seleccionado para ser el espectrógrafo infrarrojo de la nueva generación de instrumentos para el Gran Telescopio CANARIAS (GTC).

MIRADAS es un espectrógrafo multi-objeto con capacidad para observar hasta 20 objetos gracias a 20 brazos articulados provistos de un espejo, a modo de sonda, que patrullan un sector dentro de un círculo de 5 minutos de arco en el plano focal del Telescopio GTC.

Sus principales características se muestran en la siguiente tabla:

Parámetro	Valor	Comentario
Campo de observación	5 minutos de arco de diámetro	12 brazos. Cada brazo barre un sector del campo
Campo de visión de cada brazo	3,7 x 1,2 arcseg	
Geometría de cada rendija	3 cortes de 3,7x0,4 arcseg	
Detector	4096 x 2048 píxeles	Mosaico de dos detectores HAWAII-2RC 2Kx2K
Espectropolarimetría	Lineal, circular	Modo dispersión cruzada para un solo objeto
Sensibilidad en el continuo	J=18,9 mag H=17,4 mag K=16,7 mag	Para una S/N=10 en 1 h de exposición
Sensibilidad para líneas de emisión	5x10 ⁻¹⁸ ergs/cm ² /s (puntual) 8x10 ⁻¹⁸ ergs/cm ² /s (resuelta)	Para una S/N=10 en 1 h de exposición. Se supone un segundo de arco cuadrado como celda de detección para la fuente resuelta

Además de en los aspectos científicos, la contribución del IAC se centra en el desarrollo del sistema de control del instrumento y en la coordinación de la participación de las otras instituciones que desarrollan diversos apartados del sistema de control del instrumento.

El sistema de control de MIRADAS sigue los estándares de GTC y se basa en una arquitectura distribuida, siguiendo el modelo de componentes del telescopio GTC, se está desarrollando en C++, y se ejecuta en diferentes ordenadores usando el middleware CORBA.

El sistema de control está compuesto por el control de mecanismos, la adquisición de datos, el control de alto nivel, la reducción de datos, el calculador de tiempo de exposición y el agente de pre procesado. En su desarrollo se intenta aprovechar la experiencia previa y los componentes ya existentes en los sistemas de control de otros instrumentos para GTC como EMIR.

HITOS

Se ha completado el sistema de control de alto nivel de MIRADAS, que se ha probado en su totalidad, en modo simulado.

DESARROLLO Y RESULTADOS

La actividad en el Proyecto durante 2020 ha consistido en el desarrollo final de todos los componentes del sistema de control de alto nivel de MIRADAS. Se ha probado cada uno

de ellos, y el conjunto de todo el software mediante ensayos con simuladores del instrumento. Todos estos componentes se integran en el sistema de control global del GTC, para lo cual se realizan entregas periódicas del sistema de control completo de MIRADAS, desde el IAC a GRANTECAN.

HARMONI (HIGH ANGULAR RESOLUTION MONOLITHIC OPTICAL AND NEAR-INFRARED INTEGRAL FIELD SPECTROGRAPH) (P/400832)

María B. García Lorenzo.

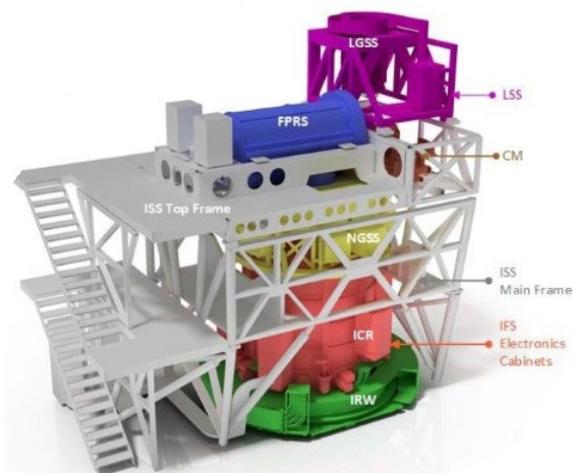
Ángel Alonso Sánchez, Miguel A. Cagigas García, José M. Delgado Hernández, Patricia C. Fernández Izquierdo, Ana B. Frago López, Elvio H. Hernández Suárez Enrique Joven Álvarez, Adriana D. Lorenzo-Cáceres Rodríguez, Yolanda Martín Hernando, Evenio Mediavilla Gradolph, Ana Monreal Íbero, Yeray J. Peñate Castro, Luis F. Rodríguez Ramos y Teodora A. Viera Curbelo

Colaboradores del IAC: José A. Acosta Pulido, Giuseppina Battaglia, Jesús Falcón Barroso, Félix Gracia Temich, Artemio Herrero Davó, Roberto López López y José L. Rasilla Piñeiro.

N. Thatte (Univ. de Oxford, Reino Unido); B. Neichel (LAM, Francia); Consorcio HARMONI.

INTRODUCCIÓN

HARMONI es uno de los dos instrumentos de Primera Luz del Telescopio Europeo Extremadamente Grande (ELT). Su diseño y construcción es responsabilidad de un consorcio internacional liderado por la Universidad de Oxford y del que también forman parte el UKATC-Edimburgo, el CRAL-Lyon, el LAM-Marsella, CSIC-CAB-Madrid y el IAC-Tenerife y la Universidad de Michigan. La participación en HARMONI garantiza tiempo de observación en el telescopio ELT en las primeras etapas de su uso, una oportunidad científica única para

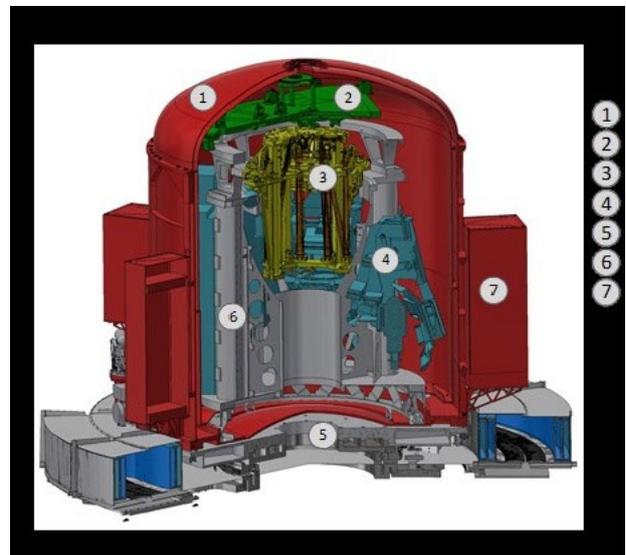


Recreación del Instrumento tal y como se integrará en el foco Naysmith del Telescopio ELT. Crédito: Consorcio HARMONI.

los investigadores españoles. La contribución del IAC en HARMONI puede separarse en tres grandes bloques:

- El desarrollo (diseño, fabricación y verificación) del subsistema que constituye la Pre-óptica del instrumento (WP 3).
- Coordinación en la arquitectura y desarrollo de la electrónica de control de todo el instrumento (WP 28).
- Participación en la definición y desarrollo de los casos científicos para el aprovechamiento de HARMONI.

HARMONI es un espectrógrafo de campo integral de alta resolución angular y operativo en el óptico-infrarrojo cercano (0.45-2.45 micras). Está preparado para operar con el sistema de Óptica Adaptativa de plano conjugado simple (SCAO) y con el sistema de Óptica Adaptativa por Tomografía Láser (LTAO). También puede operar sin corrección (limitado por seeing). HARMONI tiene una gran versatilidad para optimizar diferentes tipos de observaciones en función de la resolución angular, de la sensibilidad, del campo de visión, etc. Por tanto, es considerado un instrumento "workhorse", es decir, de interés para un amplio rango de programas científicos (Thatte et al. 2016, SPIE, Vol. 9908).



Sección detallada del Espectrógrafo de Campo Integral del que forman parte los subsistemas de la pre-óptica (WP 23) y la electrónica de control de todo el instrumento (WP 28). Crédito: Consorcio HARMONI.

HITOS

En febrero se cerró satisfactoriamente la revisión Crítica del Diseño Óptico (OCDR) de la Pre-Óptica de HARMONI.

En marzo se firmó el contrato para el diseño y fabricación del Criostato de Pruebas de la

pre-óptica de HARMONI. En 2020 se han cubierto los dos primeros hitos del contrato (Diseño detallado y aprovisionamiento de los sistemas comerciales).

Se han completado satisfactoriamente las pruebas del prototipo de Fast Shutter y se ha enviado a la Univ. de Marsella una copia para la integración del Software de control.

Se ha evolucionado el prototipo de la FPMW con un mecanismo de retén activo para alcanzar el requerimiento de repetitibilidad en el posicionamiento.

Se ha probado satisfactoriamente el prototipo de armario de control en la cámara climática del IAC. El diseño cumple con los requerimientos técnicos. Las pruebas de vibración también han resultado aceptables.

Se han lanzado las compras de los sistemas auxiliares de vacío y criogenia para acondicionar la sala de AIV del IAC para recibir el Criostato de Pruebas de La Pre-Óptica.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Durante 2020 el esfuerzo de la gestión del proyecto se ha centrado en los siguientes aspectos.

La supervisión de la fabricación del criostato de pruebas por parte de la empresa AWGE. Se han cubierto los dos primeros hitos del contrato (diseño detallado y suministros comerciales). Se ha lanzado la fabricación en verano. El fin de la fabricación está previsto a finales de febrero de 2021. El tercer hito (aceptación en fábrica) se ha planeado a principios de marzo 2021. La recepción en el IAC está prevista a finales de marzo.

Se han ejecutado las compras de equipamiento adicional de criogenia y vacío necesario para la instalación del criostato en la sala limpia de AIV del IAC.



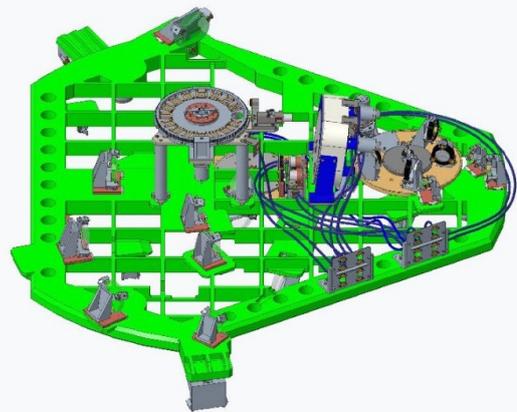
La tapa superior del criostato de pruebas en la fase final de fabricación.

Revisión de los planes de los dos paquetes de trabajo para CDR y FDR.

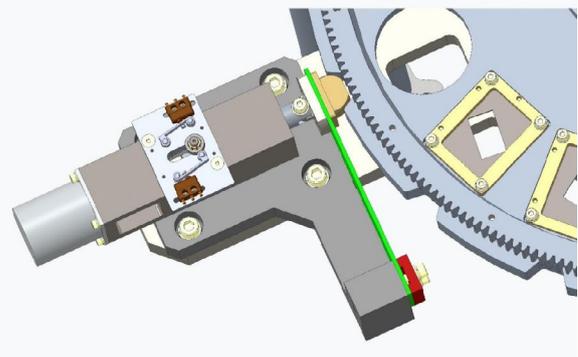
Con respecto al paquete de trabajo de la Pre-óptica el diseño detallado está completo. El documento de Diseño (DAR) y el plan para la fabricación e integración (MAIT plan) se entregarán al panel de revisores en marzo de 2021.

Las pruebas de los prototipos se han llevado a cabo de forma satisfactoria. El diseño del Fast Shutter se da por cerrado, aunque quizá se realicen pruebas adicionales para comprobar el funcionamiento con el software desarrollado por el grupo de Marsella. En cuanto a las pruebas de la rueda de máscaras de plano focal (FPMW), los exigentes requerimientos de repetitibilidad han obligado a perfeccionar el módulo de retén dotándolo de un mecanismo activo. En el presente se están repitiendo las pruebas para confirmar que se cumple el requerimiento.

Se han aplicado los algoritmos de análisis de luz difusa adoptados por el Consorcio. Los resultados se emplearán para el diseño del



Modelo 3D de la Rueda de Máscaras del Plano Focal FPMW.

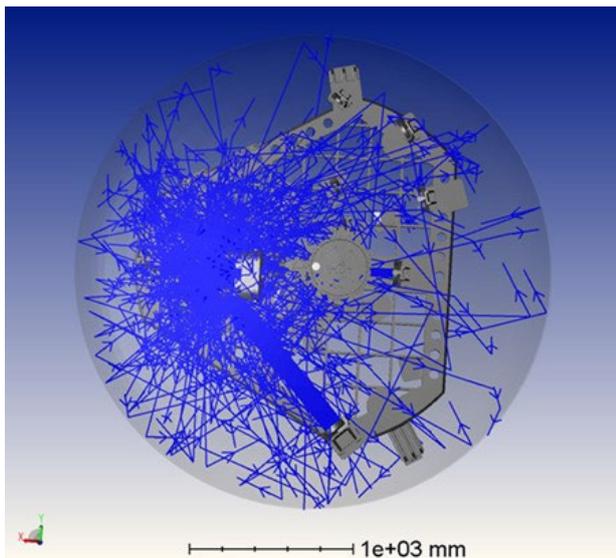


Modelo 3D de la Rueda de Máscaras del Plano Focal FPMW.

apantallamiento necesario para cumplir con requerimientos.

Se ha completado el análisis estructural del banco óptico de la Pre-óptica y se ha actualizado el ruteado de los cables de los mecanismos. El presupuesto de los errores de alineamiento se ha actualizado con las tolerancias de fabricación de las piezas de sacrificio de las monturas optomecánicas.

Se ha desarrollado la estrategia para la metrología en caliente con el láser tracker.



Muestra de un conjunto de simulaciones para el análisis de luz difusa en el subsistema de la Pre-óptica.

Con respecto al paquete de trabajo de la Electrónica de Control del Instrumento (ICE) se han completado las pruebas del prototipo de armario. Por un lado se han determinado las necesidades de aislamiento adicional en la cámara climática del IAC para cumplir requerimientos. Por otro lado las pruebas de vibración, con los ventiladores de los intercambiadores son satisfactorias y dentro de requerimientos.

Se han identificado problemas en el control del rotador y se ha solicitado a los responsables de este subsistema un rediseño para permitir el control dentro de requerimientos.

Se ha acordado con CAB la preparación de un banco de pruebas que empleará dos motores a contrafase para el movimiento de un prototipo del pick-off arm. Esta colaboración permitirá verificar el correcto funcionamiento de los drivers de los motores Kollmorgen y los módulos ESO-Beckhoff adoptados como estándar.

La coordinación de todos los desarrollos electrónicos de los subsistemas de HARMONI progresa de forma adecuada. Se han generado las guías de los contenidos de los documentos de los subsistemas necesarios para culminar el CDR.

NIRPS (NEAR INFRARED PLANET SEARCHER) (P/601602/03/02)

Jonay I. González Hernández.

Manuel Amate Plasencia y José L. Rasilla Piñero.

Colaboradores del IAC: Daniel Fernández Fernández, Felix Gracia Temich, Yeray J. Peñate Castro y Fabio Tenegi Sanginés.

Consortio: Univ. de Montreal (Canadá), Univ. de Ginebra (Suiza), Inst. de Ciencias de Astrofísica e Ciências do Espaço (Portugal), Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC); Univ. de Grenoble (Francia), Univ. Federal do Rio Grande do Norte (Brasil).

INTRODUCCIÓN

NIRPS (Near Infra Red Planet Searcher) es un espectrógrafo de nueva generación que usa Óptica Adaptiva y es alimentado por un haz de fibras.

Es un espectrógrafo criogénico compacto Echelle capaz de operar individualmente o en combinación con HARPS en los telescopios 3.6m-ESO (European South Observatory) en el Observatorio de La Silla (Chile).

Dependiendo del modo de observación, tendrá una resolución espectral de 100000 ó 75000.

El IAC participa diseñando y suministrando el haz de fibras (Fiber Link) que conecta el foco del telescopio con el espectrógrafo.

Se suministra totalmente operativo (fibras, lentes y opto-mecánica integrados, alineados y verificados).

HITOS

Se concluyó la documentación.

Se diseñó la nueva caja adaptada a las necesidades de Montreal.

Se han atendido las consultas realizadas, permaneciendo disponibles para asesorar en las pruebas que se realizarán en Montreal.

Se colabora con inventario para documentar el proceso de cesión del "Fibre Link" al ESO.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Durante 2020 se hicieron modificaciones a la planificación original debido a la pandemia de la COVID-19.

El desarrollo del Proyecto coincide con los hitos planteados.

EMIR (ESPECTRÓGRAFO MULTIOBJETO INFRAROJO) (P/400318)

Francisco Garzón López.

Heidy Moreno Arce, Lee Robert Patrick y Ali-na Streblyanska.

Colaboradores del IAC: Patricia C. Fernández Izquierdo y Enrique Joven Álvarez.

J. Gallego, N. Cardiel, S. Pascual (UCM); R. Pelló, E. Bourrec (Lab. d'Astrophysique de Toulouse, Francia); C. Gry, (Lab. d'Astrophysique de Marseille, Francia); P. Hammersley (ESO, Alemania); C. González (Inst. of Astronomy, Cambridge, Reino Unido).

INTRODUCCIÓN

El Proyecto se centra en el instrumento EMIR, una cámara y espectrógrafo multiobjeto, diseñado y construido en el IAC, para observaciones en el rango infrarrojo cercano como instrumento de uso común en el Telescopio GTC.

EMIR es un instrumento único en su categoría al proporcionar capacidad de espectroscopia multirendija y de imagen en un gran campo, en un telescopio de 10m de apertura y en el dominio infrarrojo cercano. En particular, la capacidad de realizar espectroscopia multiobjeto en la banda de 2.2 μm abrirá campos de

investigación únicos a la comunidad de astrónomos usuarios del Telescopio GTC.

EMIR está diseñado para operar principalmente como multiobjeto en la banda K, pero ofrece un amplio rango de modos de observación, que incluyen imagen y espectroscopia, tanto de rendija larga como multiobjeto, en el rango espectral entre 0.9 y 2.5 μm . Está equipado, entre otros, con tres subsistemas de alta tecnología de última generación, algunos especialmente diseñados para este proyecto: un sistema robótico reconfigurable de máscaras de selección; elementos dispersores formados mediante la combinación de redes de difracción de alta calidad, fabricadas mediante procedimientos fotorresistivos, y prismas convencionales de gran tamaño, y el detector HAWAII-2 de Rockwell, diseñado para el infrarrojo cercano con un formato de 2048 x 2048 píxeles, y dotado de un novedoso sistema de control, desarrollado por el equipo del Proyecto. Hay que hacer notar, sin embargo, que el detector se encuentra actualmente sobrepasado por los nuevos desarrollos en el campo y se pretende sustituirlo por uno más moderno a lo largo de 2021.

Las prestaciones más importantes del instrumento quedan resumidas en la tabla siguiente. Es oportuno resaltar que prácticamente todos los requisitos se han cumplido más allá de su valor nominal.

REQUISITO	Valor
Rango espectral	0.9–2.5 μm
Resolución espectral	5000, 4250, 4000 (JHK)
Cobertura espectral	resolución intermedia: Z, J, H o K resolución baja: ZJ ó HK
Formato del detector	HAWAII-2: 2048 x 2048 píxeles de Rockwell
Escala en el detector	0.1945 arcsec/píxel
Ritmo de toma de datos	> 1 imagen/seg
Temperatura del espectrógrafo	~77 K
Campo de visión	6.64x6.64 arcmin en imagen 6.64x4 arcmin en espectroscopia
Número de máscaras para MOS	55
Transmisión	>40% en modo Imagen, sin filtro ni detector
Calidad de imagen (Θ_{80})	< 0.3 arcsec (en todo el rango espectral)

Parámetros relevantes de EMIR.

La explotación científica inicial de EMIR corre a cargo de dos grupos científicos principales. El grupo GOYA, cuyo proyecto científico dio origen y dirige el desarrollo de este instrumento, y el grupo EAST. El objetivo principal de GOYA es realizar un censo de galaxias dedicado a la observación de fuentes con corrimiento al rojo entre 2 y 3, para la exploración de épocas tempranas en la historia del Universo, donde la formación de galaxias alcanzó su máxima intensidad. Por otro lado, desde el año 2004 funciona, dentro del proyecto EMIR, el grupo EAST (EMIR Associate Science Team), que reúne a los investigadores interesados en la explotación científica inicial de EMIR, y que se encargarán de preparar el Programa Central de Observaciones cubriendo aspectos no contemplados dentro de GOYA.

El diseño y construcción de EMIR ha corrido a cargo de un equipo de instituciones nacionales e internacionales con amplia experiencia en instrumentación infrarroja, liderados por el IAC: la UCM, el Laboratorio de Astrofísica del Observatorio de Midi-Pyrénées (LAOMP) y el Laboratorio de Astrofísica del Observatorio de Marsella (LAM).

EMIR es un instrumento único por sus características y alcance, y abre nuevos campos de investigación a la comunidad astrofísica espa-

ñola e internacional con acceso al Telescopio GTC. De un lado, debido a la alta sensibilidad y de otro, la capacidad de realizar espectroscopia con resolución espectral intermedia en el IR cercano y de un gran número de objetos simultáneamente.

HITOS

EMIR ha sido aceptado por GRANTECAN en la segunda mitad de 2020 como instrumento de uso común en el Telescopio GTC.

GRANTECAN ha obtenido fondos para la compra de un nuevo detector Hawaii2RC para EMIR que sustituirá al actual. Dicha sustitución se llevará a cabo en 2021 con la colaboración del equipo EMIR en el IAC.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Durante 2020, el equipo del Proyecto se centró en afinar las estrategias observacionales de EMIR y, sobre todo, en depurar su sistema de control para hacerlo más robusto y capaz. Como resultado de los mismos, EMIR ha sido finalmente aceptado como instrumento de uso común por GRANTECAN. En el acuerdo de aceptación se especifican una serie de actuaciones menores sobre el instrumento, que deben ser completadas por el IAC en un plazo pactado.

INSTRUMENTACIÓN MICROONDAS

QUIJOTE (Q U I JOINT TENERIFE CMB EXPERIMENT) (P/401199)

José A. Rubiño Martín.

Marta C. Aguiar González, Paz Alonso Arias, Mateo Fernández Torreiro, Pablo A. Fuerte Rodríguez, Ricardo T. Genova Santos, María F. Gómez Reñasco, Eduardo D. González Carrero, Federica Guidi, Roger John Hoyland, Carlos H. López Caraballo, Javier D. Miguel Hernández, Michael Peel, María R. Pérez de Taoro, Rafael Rebolo López, Jesús S. Rodríguez Díaz, Afrodísio Vega Moreno y Antonio Zamora Jiménez.

Univ. de Cantabria; Univ. de Manchester (Reino Unido); Univ. de Cambridge (Reino Unido); Univ. de Grenoble-Alpes (Francia); Univ. degli Studi de Milán (Italia); Obs. di Astrofisica e Scienza dello Spazio de Bolonia (Italia).

INTRODUCCIÓN

Experimento QUIJOTE, y espectrógrafos TMS y KISS.

El experimento QUIJOTE (Q U I, JOint Tenerife Experiment), situado en el Observatorio del Teide, tiene como objetivo la caracterización polarimétrica del Fondo Cósmico de Microondas (FCM), y de otros procesos de emisión galáctica y extra-galáctica en el rango 10-42 GHz, a grandes escalas angulares (1° de resolución). Los datos de QUIJOTE además complementan en baja frecuencia a los del satélite Planck, y los corrigen de contaminación galáctica.

La instalación está originalmente diseñada para dos telescopios (QT1 y QT2) y tres instrumentos (MFI, TGI y FGI).

El primer instrumento, el MFI (Multi-frequency Instrument), entró en operación en noviembre de 2012, en cuatro frecuencias centrales (11, 13, 17 y 19GHz) y fue decomisionado en diciembre de 2018. Se sustituyó por el espectrógrafo visitante KISS (Grenoble). Los instrumentos TGI (Thirty GHz Instrument) y FGI (Forty GHz Instrument) se integraron en un único criostato en el QT2, en una configuración de 14 recep-

tores a la frecuencia central de 30GHz y 15 a 40GHz.

Los nuevos instrumentos en desarrollo, financiados en su mayor parte por el plan de infraestructuras y por el plan estratégico de observatorios, son: un multi-frecuencia mejorado (MFI2), que sustituirá al actual MFI en el plano focal del QT1; y un espectrógrafo de microondas, el TMS (Tenerife Microwave Spectrometer) que proporcionará medidas de las distorsiones espectrales del FCM, también en el rango de 10-20 GHz, complementando así científicamente al Proyecto QUIJOTE.

El Proyecto QUIJOTE está liderado por el IAC y tiene como socios al Instituto de Física de Cantabria (IFCA, Santander, España), al Departamento de Ingeniería de Comunicaciones (DICOM, Santander, España), y a las Universidades de Manchester y de Cambridge del Reino Unido. A partir de 2019 se han unido como colaboradores la Univ. de Grenoble-Alpes, la Univ. degli Studi de Milán y el Obs. di Astrofisica e Scienza dello Spazio de Bolonia. El Proyecto TMS está liderado por el IAC, y tiene una participación en aspectos instrumentales del grupo de INAF (Bolonia), la Univ. de Milán, y la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT).

Más información en la Web del Proyecto QUIJOTE: <http://research.iac.es/project/cmb/quijote>.

HITOS

- Finalización de pruebas de aceptación MFI2.
- Conexión del MFI para calibración en varios parámetros.
- Adquisición y recepción de la cúpula del instrumento TMS.
- Celebración de la mesa de contratación para el diseño y fabricación de la montura del TMS.
- Adquisición del equipo de extensión de frecuencias del PNA (Keysight).
- Fabricación de la carga a 4K para el TMS.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Instalaciones

Se realizaron las mejoras más urgentes y prioritarias de las recomendadas por la asesoría técnica de Carracena. En concreto: un cerramiento de la zona de compresores de aire, con un extractor de aire en la nueva habitación; el saneamiento de las zonas afectadas por corrosión en la estructura del edificio; la instalación de un sistema de parada automática de los telescopios por apertura de puertas; la instalación de un sistema de detección de incendios. También se realizó un análisis de deficiencias básicas en la instalación en base a la cual se propuso un plan de mejoras generales en el edificio.

Instrumento MFI

Aunque este instrumento fue decomisionado en diciembre de 2018, durante el año 2020 se volvió a poner en marcha para caracterizar con mayor precisión la respuesta espectral (bandpass), la eficiencia polar y la linealidad del sistema. El instrumento se conectó a los equipos auxiliares del QT2 para mantenerlo en las condiciones nominales de criogenia, y se habilitó el sistema de adquisición de Sancho para la toma y pre-procesado de datos. Para el sistema de calibración se fabricaron en el taller de mecánica los adaptadores correspondientes a cada una de las frecuencias centrales de las bocinas del instrumento. También se utilizaron con este fin las bocinas fabricadas para el MFI2, diseñadas para las mismas frecuencias.

Después de esta actuación, el instrumento se desconectó y el armario de adquisición se trasladó al laboratorio de electrónica. Algunos de estos sistemas serán utilizados por el MFI2.

Instrumento FTGI

El instrumento se traslada a la sala de AIV en julio de 2019 para la realización de un plan de pruebas exhaustivo con el objetivo de detectar la causa de las pérdidas periódicas de vacío. Los tests propuestos eran:

- Pruebas de desgasificación de todos los materiales internos.
- Pruebas de fugas independientes sobre cada uno de los elementos susceptibles.
- Mejoras de diseño en los asientos susceptibles de tener microfugas por montaje.
- Limpieza interna exhaustiva.

Por diferentes razones, estas pruebas no se realizaron hasta septiembre de 2020. De las pruebas de fugas se concluyó que la causa

principal procede de algunos de los conectores comerciales de Tekdata. Estos elementos se adquieren con tests de vacío certificados, por lo que se concluye que por algún motivo pierden la estanqueidad con el tiempo. El fabricante no apunta ninguna explicación ni solución.

Las principales acciones correctivas, tanto para mejorar las condiciones de vacío iniciales como para minimizar las microfugas existentes han sido:

- Remecanizado de las tapas hexagonales de los píxeles para mejorar el asiento radial de la junta tórica.
- Adquisición de pasamuros nuevos para sustituir los conectores existentes.
- Pulido a espejo de las caras internas de ambas tapas del criostato.
- Retirada del VDA y cinta de Al para evitar desgasificación de material.
- Renovación de las juntas tóricas en todas las uniones de la cámara de vacío.
- Cambio de todos los filtros IR por detectarse deterioro evidente y posible fuente de desgasificación.
- Estudiar la posibilidad de cambiar la ventana principal de mylar (con cierta permeabilidad) por otro material menos poroso.

Tanto las pruebas como las acciones propuestas se han ido ejecutando según la disponibilidad de las horas de ingeniería, puesto que la prioridad se estableció en el apoyo al instrumento KISS y el desarrollo del nuevo MFI2. El objetivo es reiniciar la operación con un grupo central de siete píxeles, con todas estas mejoras implementadas.

Instrumento MFI2

El diseño detallado y la fabricación del criostato se adjudicaron a la empresa AVS (Added Value Solutions, Elgóibar, España) que entregó el hardware en julio de 2019. Las pruebas de aceptación en el IAC tuvieron que postergarse hasta diciembre por causa de una avería del detector de fugas. Se detectó alguna desviación asumible, como por ejemplo, la segunda etapa del ciclo criogénico solo alcanzaba 24K en lugar de los 20K especificados. Se aumentó la sección de Cu de los links térmicos para subsanar este incumplimiento. Aún hay documentación y algún elemento de hardware pendiente de recibir por parte de AVS.

Las bocinas fueron diseñadas, fabricadas y ensambladas en el Taller de Mecánica del IAC. La fabricación comenzó en diciembre de 2019 y

terminó en noviembre de 2020, a falta de realizar el tratamiento superficial de las piezas. Se trata de fabricaciones complejas que ocupan muchas horas de mecanizado y metrología. Los elementos comerciales necesarios para la integración del instrumento como cables, conectores, juntas, etc., se han recibido a lo largo de 2020. Algunos de estos componentes como el mylar o los pasamuros de los conectores de RF tienen un plazo de entrega mayor y se esperan para el mes de abril de 2021.



MF12 Feedhorns.

Espectrógrafo TMS

Este instrumento es todo un reto tecnológico, puesto que pretende medir fluctuaciones de micro-kelvin del FCM alcanzando temperaturas de operación inferiores a 10K, con una estabilidad térmica elevada. El equipo técnico trabaja en conseguir la máxima estabilidad alcanzable en un criostato de 4K y en minimizar su efecto en la medida de las fluctuaciones del FCM, tanto en su valor absoluto como en el relativo. Para la medida relativa es necesario llegar a valores de μK , mientras que para la medida absoluta se admite un error de mK.

Durante el año 2020 se avanzó en el diseño interno de la estructura fría con el análisis térmico del diseño preliminar propuesto. En el IAC también se diseña el sistema óptico de dos reflectores que adapta el haz incidente a la bocina de banda ancha, diseñada y fabricada en el IAC, y verificada en colaboración con la Universidad de Milán. Otros subsistemas cuyo diseño y fabricación realiza el equipo de ingeniería de QUIJOTE son las OMTs y los híbridos de banda ancha, cuyas prestaciones no se consiguen con elementos comerciales, así como la electrónica de control del instrumento.

Montura del instrumento: A finales de septiembre se celebró la mesa de contratación de la montura del instrumento, que fue adjudica-

do a la compañía IDOM. La adjudicación final del contrato está prevista para enero de 2021.

Cúpula: Se seleccionó una cúpula del fabricante Astroshell, tras haber analizado una idéntica instalada en el Observatorio del Teide por el Proyecto MASTER, verificando su validez para el TMS. La cúpula se entregó en noviembre de 2020, si bien no ha podido instalarse puesto que la obra de cimentación, dependiente del contrato de la montura, no se ha iniciado aún.

Carga criogénica a 4K (4KCL): Este elemento se ha desarrollado en colaboración con el INAF de Bolonia (Italia), donde existe un grupo de trabajo que ya ha fabricado sistemas similares para otros proyectos. El dispositivo se encuentra prácticamente terminado, está ya fabricado y en fase de pruebas y caracterización.



4KCL

Desarrollo del BEM (Back-End Module) y DAS mediante un sistema basado en FPGAs ultra-rápidos. Con este sistema se estima que la resolución espectral mejorará en 1MHz, lo que permitirá separar las interferencias en la banda de manera más eficiente. Se trabaja en sub-bandas de 2GHz y aunque esto complica el diseño de la parte caliente del instrumento, permite prescindir de otros elementos de banda ancha, como el conmutador de fase a 180° y el híbrido. Las funciones realizadas por estos dispositivos se realizarán a posteriori, con las señales digitales, simplificando así el diseño general del instrumento. Para este desarrollo se ha establecido una colaboración con la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), que ha desarrollado ya un simulador y trabaja en el diseño del sistema.

KISS: Instrumento visitante

(Laboratoire de Physique Subatomique & Cosmologie - IN2P3 (CNRS), Université Grenoble Alpes).

El instrumento visitante KISS es el fruto de una colaboración científica con la Universidad de Grenoble. Se trata de un criostato que utiliza un sistema de dilución de He para alcanzar temperaturas de 100mK, con el objetivo de medir espectros de los cúmulos de galaxias a través del efecto SZ (Sunyaev-Zeldovich). Se encuentra en operación desde el primer semestre de 2019.

Una vez instalado KISS en el foco del QT1, el instrumento ha necesitado el apoyo regular del equipo de QJT en las tareas habituales de mantenimiento, puesto que el equipo de Grenoble lo opera remotamente. A continuación se citan las tareas habituales:

- Gestión para el suministro periódico de LN2 y supervisión del relleno del *dewar* de 12l del instrumento (esta tarea se realiza una vez al mes). Redacción de un procedimiento de llenado de LN2 del instrumento. Realización de cursos de formación de manipulación de LN2 para el personal del equipo de QJT.
- Tareas de apoyo en la operación: Programación de un modo ráster específico para el instrumento. Medición y realineado de los

espejos del telescopio para mejorar la precisión de apuntado que el instrumento necesita.

- Desinstalación y nueva instalación en el foco de QT2, para cambios realizados por el equipo de KISS en el instrumento.
- Reparación de averías en el instrumento o debidas a él. Problemas relacionados con la enfriadora, reemplazo de un switch averiado, reemplazo de cables de red, cambio de magnetotérmico para evitar desconexión por picos de consumo, reparación de la junta rotatoria por sobrecarga eléctrica.

Otras actividades

Se completan, actualizan y revisan por parte del equipo de ingeniería los documentos de mantenimiento de los telescopios. Estos documentos están pendientes de poner en común con el personal de MI con el objeto de pasar las tareas de mantenimiento a esta unidad.

Se adjudicaron los contratos correspondientes al diseño y fabricación de la montura del TMS, y la adquisición del equipo de extensión de frecuencias del PNA.

GROUND BIRD - LSPE-STRIP (P/401800)

Ricardo T. Génova Santos y José A. Rubiño Martín.

Víctor González Escalera, Taller de Mecánica y Administración del IAC.

GROUND BIRD

De Japón: Riken Institute for Advanced Photonics, KEK Organization, universidades de Kyoto, Saitama, Tokyo, NAOJ y Tohoku.

De Corea: Univ. de Korea.

LSPE-STRIP

De Italia: ASI, IASF, IFAC, INAF, INFN, INGV, universidades de Milán, Milano Bicocca, Tor Vergata, Sapinza y SISSA.

Del Reino Unido: universidades de Manchester y Oxford.

De EEUU: JPL, Caltech.

INTRODUCCIÓN

Ground BIRD y LSPE-STRIP son dos experimentos con capacidad de recibir señales de microondas, desarrollados en otros países y con instalación en el Observatorio del Teide (OT). Aunque el IAC no está involucrado en ningún paquete de desarrollo tecnológico de estos experimentos, sí que tiene una gran participación en las labores de integración e instalación en el Observatorio y en la posterior explotación científica. Esta Memoria se centra principalmente en Ground BIRD, ya que LSPE-STRIP está en una fase más temprana de desarrollo.

Ground BIRD

Es un nuevo experimento dedicado a observar y caracterizar la polarización del Fondo Cósmico de Microondas (FCM) desde el Observatorio del Teide en altas frecuencias (145 y 220 GHz). En diciembre de 2016 se firmó el acuerdo de colaboración entre el instituto RIKEN y el IAC, a través del cual el IAC entró a formar parte de esta colaboración, lo que le confiere al IAC pleno derecho en cuanto acceso a datos, explotación científica y autoría de publicaciones. Está previsto que Ground BIRD realice observaciones durante al menos 3 años de manera continuada. Aparte de su total involucración en aspectos científicos, la responsabilidad principal del IAC en aspectos técnicos está centrada en suministrar y adecuar las infraestructuras generales del Observatorio del Teide para la instalación del telescopio y funcionamiento del mismo.

LSPE-STRIP

Es un experimento dedicado a observar la polarización del FCM en frecuencias intermedias (43 y 90 GHz) desde el Observatorio del Teide. En noviembre de 2018 se firmó el convenio de colaboración entre la Universidad de Milán y el IAC para la instalación del experimento (BOE 26-abril-2019, 6250). Está previsto que LSPE-STRIP realice observaciones durante al menos 2 años, iniciando el comisionado en 2022. La responsabilidad del IAC está centrada en gestionar la contratación de la cimentación del telescopio y la cúpula de protección del experimento, así como adecuar las infraestructuras generales del observatorio para la instalación del telescopio.

Como complemento a estos telescopios se instalarán varios instrumentos dedicados a la caracterización atmosférica: 1) Un radiómetro desarrollado por la compañía japonesa Furuno para la medida de la densidad columna de vapor de agua precipitable (periodo de pruebas: 4 meses); 2) Una cámara infrarroja desarrollada por la Universidad de Corea para la monitorización de la distribución de nubes; y 3) Otro monitor de PWV perteneciente a la colaboración EHT, para evaluar la posibilidad de instalar una antena del EHT en el Observatorio.

HITOS

Ground BIRD

Se ha continuado con la validación en el observatorio de la versión actual del telescopio realizando numerosas observaciones (con parte de los detectores).

Se han realizado diversas paradas de prueba y observación para introducir mejoras en el sistema.

Preparación de un documento de requisitos para evaluar la necesidad de marcado CE y evaluación de la seguridad de la instalación.

Realizada una auditoría de seguridad para adecuar la instalación a la normativa europea. A finales del año se hicieron algunas de las modificaciones propuestas: mejora en la iluminación artificial tanto en el recinto interior como en el intermedio, señalización de seguridad, protecciones mecánicas ante golpes, etc.

LSPE-STRIP

Finalizados los documentos de requisitos de la Cimentación y de la Cúpula, y la definición de trabajo para su contratación.

Finalizado el proceso de licitación de cimentación y cúpula, y asignación a la empresa CMN.

Inicio del diseño preliminar de cimentación y cúpula.

Radiómetros y cámaras

Evaluación y selección del lugar donde instalar estos equipos.

Preparación de un documento de requisitos.

Subcontratos para la Instalación de parte de la infraestructura necesaria (armario para electricidad y comunicaciones), habiendo realizado sus instalaciones a finales de año.

DESARROLLO Y RESULTADOS

GroundBIRD

Durante los primeros meses del año se ha continuado haciendo observaciones de prueba y evaluación del telescopio. Sin embargo, al llegar el confinamiento (COVID-19) el personal del grupo japonés volvió a su país. Posteriormente, un problema interno del sistema ha aconsejado parar el funcionamiento del telescopio. Los continuos brotes COVID-19 en España y Japón han impedido que el personal del grupo japonés retorne a Tenerife, y por tanto reparar el sistema y continuar con su funcionamiento.

Sin embargo, el tiempo disponible se ha aprovechado para analizar la necesidad de que la instalación y el telescopio tuvieran que cumplir con el marcado CE. Se concluyó que teniendo en cuenta las particularidades de esta instalación, y adecuando el modo de operación del mismo, no era exigible adaptar el sistema para el marcado CE.

También se realizó una auditoría externa de seguridad para adecuar la instalación a los requisitos establecidos por la normativa europea-española. Como consecuencia se identificaron una serie de incumplimientos. Parte de los mismos se han corregido durante este año, quedando pendientes algunos otros para el año que viene.

LSPE-STRIP

El telescopio STRIP se instalará en el recinto norte del antiguo experimento VSA. Durante 2020 se ha conseguido acabar los documentos de requisitos trabajado con el grupo de Milán. Los retrasos en la finalización de los requisitos de Cimentación y Cúpula han sido debidos fundamentalmente a la dependencia de los requisitos estructurales que introducía el telescopio.

Se ha acordó también con la Universidad de Milán una adenda, de forma que se incorporó al convenio también el INFN italiano. Dicha

institución transfirió los fondos al IAC para la construcción de la cúpula de protección de LSPE-STRIP.

El proceso para disponer de la cimentación y cúpula se ha establecido en dos pasos. En el primero se licita el diseño preliminar y detallado, así como la solicitud de licencias. En un segundo paso, una vez concedida las licencias para la construcción se procederá con la fabricación e instalación.

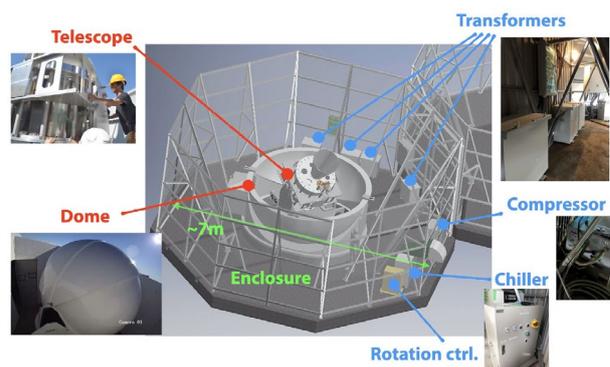
Una vez finalizados los documentos de requisitos y la definición de trabajo se trabajó en la búsqueda de empresas ofertantes, fruto de lo cual finalmente se contrató la primera fase del Proyecto.

Instrumentos caracterización atmosférica

Durante este año surgió la oportunidad de la instalación, primero de uno de estos instrumentos, y posteriormente fueron surgiendo los otros dos. Se vio que era necesario preparar un emplazamiento adecuado para alojar todos ellos, con los suministros de electricidad y comunicaciones, y con una mesa que facilitase su instalación. Después de varias alternativas se eligió como emplazamiento una plataforma abandonada entre los edificios R0 y R1. Se recabó información de los requerimientos de cada uno de los instrumentos. Se dimensionó el sistema para 4 instrumentos. Se comprobó con medidas si había interferencias visuales con los edificios próximos con respecto a los requisitos definidos. Una vez verificada la adecuación del sitio, se procedió a preparar un documento de requisitos que sirvió como guía y documentación para la contratación de la infraestructura de electricidad y comunicaciones, ya realizado a finales de este año 2020. Quedando pendiente la instalación de la mesa donde se alojarán los equipos y la adquisición del switch necesario.

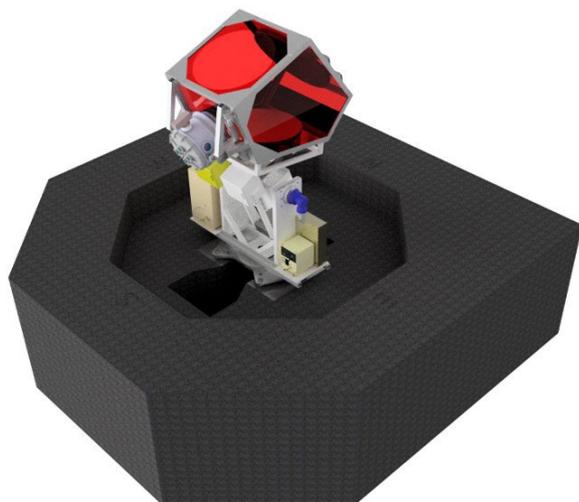
Metas

En relación a GroundBIRD, y si el COVID-19 lo permite, durante los próximos meses de 2021 el objetivo es resolver el problema existente



en el telescopio y continuar con el comisionado científico para completar su verificación. A continuación comenzar con las observaciones rutinarias. El sistema está trabajando con sólo 4 detectores. En paralelo se están desarrollando dos nuevos conjuntos de detectores, de forma paralela en RIKEN y en SRON. El objetivo es que en función de los resultados de estos desarrollos, se actualice el sistema con más detectores, para lo que habrá que abrir de nuevo el criostato.

En relación a LSPE-STRIP, en mayo de 2021 se espera disponer del diseño y proyecto de ejecución. De tal forma que en paralelo a la obtención de los permisos de construcción se licite la obra de construcción. De esta manera, si no se retrasa excesivamente la concesión de la licencia de construcción, el Proyecto se espera que esté finalizado durante el primero o segundo trimestre de 2022.



Con respecto a los instrumentos de caracterización atmosférica el objetivo para el 2021 es finalizar la infraestructura instalando la mesa de equipos y el switch necesario. Y a continuación proceder a la instalación de los instrumentos previstos.



ASTROFÍSICA DESDE EL ESPACIO

OGS (OPTICAL GROUND STATION) (P/400114)

Ángel Alonso Sánchez.

Emilio J. Cadavid Delgado y Miquel Serra Ricart.

Colaboradores del IAC: Pedro A. Ayala Esteban, Jesús E. García Velázquez J. Julio González Nóbrega y Hugo Lamosa Garrido.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, las comunicaciones con satélites se basan fundamentalmente en el empleo de microondas. El ancho de banda de las transmisiones usuales impone claras restricciones en el flujo de información manejable mediante estos sistemas. Es probable que la creciente limitación de espacio en las órbitas circunferenciales, así como el incremento en la demanda mundial de las telecomunicaciones signifi-

que la saturación de los sistemas convencionales de microondas en un futuro próximo.

A partir de los años 60, y en previsión del mencionado problema comenzó a investigarse la posibilidad de usar frecuencias ópticas ($\nu \approx 10^{15}$ Hz) en las comunicaciones entre satélites, y entre satélites y estaciones terrestres. El gran avance registrado en el desarrollo de láseres de alta potencia ha convertido este tipo de comunicaciones en una realidad.

Además de la indudable ventaja del aumento del ancho de banda que permite incrementar el flujo de información, y eliminar las regulaciones restrictivas en el empleo de frecuencias, las comunicaciones ópticas tienen otras ventajas no desdeñables, como son las mayores garantías de confidencialidad en las transmisiones, y la disminución del peso, el volumen y el consumo de energía de los equipos de comunicaciones tanto espaciales como terrestres.



Autor: Daniel López
Observatorio del Teide
Instituto de Astrofísica de Canarias

La Estación Óptica Terrestre (OGS) en el Observatorio del Teide con las estrellas circumpolares.

Aunque la tecnología relacionada con las comunicaciones ópticas en el espacio-atmósfera ha experimentado un desarrollo espectacular, la caracterización de los enlaces satélite-tierra está todavía en sus comienzos. Es en este campo, la Estación Óptica Terrestre (OGS) de la Agencia Espacial Europea ha permitido llevar a cabo experimentos de gran importancia, ya que en las campañas iniciales ha demostrado una fiabilidad y una eficiencia superior a la de cualquier sistema desarrollado hasta el momento con el mismo propósito. Los resultados obtenidos de los múltiples experimentos realizados en la OGS resultarán fundamentales para la validación de teorías y modelos de propagación de haces gaussianos en la atmósfera.

A continuación se describen algunos de los hitos históricos alcanzados en la OGS.

En 2001, se llevaron a cabo con éxito las dos primeras campañas de comunicaciones ópticas entre la OGS y el satélite ARTEMIS. En particular se midió por primera vez, en las campañas de 2003, y de forma simultánea el centelleo causado por la atmósfera tanto en el camino descendente (satélite-tierra) como en el ascendente (tierra-satélite). En 2003 se realizó la validación del terminal óptico del satélite OICETS de la Agencia Espacial Japonesa (NASDA) y NEC-TOSHIBA Space.



Terminal óptico del satélite OICETS en la cúpula de la OGS.

Durante el 2004, se realizaron campañas sistemáticas de enlaces ascendentes con el satélite SMART-1 a distancias que van desde 20.000 km hasta 150.000 km.

En 2005, se ha validó un terminal óptico de satélite con detección homodina (TESAT), y el sensor de turbulencia del segmento de tierra del satélite TERRASAR-X (Agencia Espacial Alemana; DLR). Desde 2004 se han venido desarrollando diferentes experimentos de comunicación cuántica entre el ORM y la OGS (QUIPS).

En 2008, se concluyó el diseño de un sistema de Óptica Adaptativa para permitir enlaces coherentes con el satélite TERRASAR-X, y se llevaron a cabo enlaces ópticos con éste satélite y con N-Fire para verificar el funcionamiento de sus terminales ópticos.

En 2011, se ha acometió la instalación de una nueva ventana en la cúpula para permitir enlaces más largos con satélites de órbita baja. En lo que concierne a la astronomía, el telescopio de la OGS es un banco de pruebas de instrumentos desarrollados tanto por la ESA como por el IAC.

Time: 2014-09-05T08:19:11.250
Power (pW): 161.0



Pruebas de seguimiento de la Estación Espacial Internacional (ISS).

En 2014, se concluyeron las modificaciones necesarias para disponer de un terminal IR de comunicaciones ópticas de larga distancia y se realizaron numerosos enlaces con el satélite LADEE (NASA) durante su misión en órbita lunar. También se realizaron enlaces con el terminal óptico OPALS (JPL) a bordo de la Estación Espacial Internacional (ISS). Recientemente se han mejorado los elementos ópticos del foco coudé del telescopio para incremen-

tar la transmisión en el intervalo del infrarrojo cercano (banda K).

Desde 2015 se viene dando soporte al personal de TESAT y SYNOPTA, en las campañas de comunicaciones de T-AOGS con el satélite Alphasat (ESA). En relación con este tipo de experimentos, en 2019 ha comenzado el soporte de operaciones de la ESA con terminales del European Data Relay System (EDRS) usando el telescopio de la OGS. El sistema EDRS es una constelación europea de satélites geoestacionarios desarrollada dentro del programa ARTES7 para garantizar la independencia en la transmisión de grandes volúmenes de datos mediante enlaces ópticos entre satélites y estaciones terrenas.

En 2021 se instalará una nueva estación del foco coudé en la cúpula para realizar el experimento CaNaPy en colaboración con el Observatorio Europeo del Sur (ESO).

HITOS

En el mes de diciembre dio comienzo la obra de instalación de un suelo industrial en la cúpula.

DESARROLLO Y RESULTADOS

En 2020, las actividades se han ralentizado debido a las restricciones intermitentes de movilidad debido al COVID-19. Como consecuencia, una gran parte de los hitos previstos para este año se han desplazado a 2021.

Se ha prestado soporte al despliegue del experimento CaNaPy que realizará el Observatorio Europeo del Sur (ESO) en colaboración con la Agencia Espacial Europea (ESA) y el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). En el marco de este proyecto se ha especificado el sistema eléctrico para la operación y el control del instrumento.

En diciembre ha comenzado la renovación del suelo de la cúpula con un sistema industrial multicapa de resinas sintéticas para evitar la degradación ocasionada por el intenso estrés térmico al que está sometido.

OGS-MANTENIMIENTO (OPTICAL GROUND STATION- MANTENIMIENTO) (P/100114-01)

Emilio J. Cadavid Delgado.

Ángel Alonso Sánchez.

INTRODUCCIÓN

El año 2020 está marcado por una avería en el sistema de contrapesado de Ascensión Recta del telescopio que comprometió el uso normal del mismo, además de los problemas relacionados con el COVID-19, a lo largo del año.

HITOS

Informe sobre la avería del contrapeso de la Ascensión Recta (MI/TN-OGS/268).

DESARROLLO Y RESULTADOS

Tal como comentamos en la introducción un fallo el contrapeso de Ascensión Recta comprometió los trabajos en esta instalación.

A mediados de febrero se comunicó que el engranaje que hace actuar el codificador del contrapeso de Ascensión Recta estaba desplazado. Este engranaje es solidario al eje donde va montado uno de las pesas móviles, que

se utilizan para el ajuste fino del contrapesado del telescopio. Se estudiaron los planos del telescopio y se averigua que la causa probable sería que se aflojó una tuerca del acoplamiento del motor que acciona el eje. El fallo es grave pues:

- No se puede mover el contrapeso móvil con el motor.
- Hay un riesgo muy alto de que el contrapeso móvil esté cerca de soltarse o que incluso ya esté suelto.

Por la magnitud del fallo se realizó un informe preliminar al respecto poner en conocimiento de la ESA el fallo y sus posibles causas. La ESA lo estudió y llegó a las mismas conclusiones.

La reparación en principio sería sencilla, reapretar la tuerca, pero la óptica y demás componentes del foco Coudé no permiten acceder al local. Para realizar el trabajo hay que remover todo el cono lo que requiere el uso de útiles y de una grúa.

Dada la complejidad la ESA decidió que se hará cargo de la reparación con la asistencia del fabricante del telescopio, Zeiss. Además, no se harían cambios de configuración hasta que se repare.

Por ese motivo solo se realizaron trabajos puntuales de mantenimiento preventivo.

PLATO (PLANETARY TRANSITS AND OSCILLATIONS OF STARS) (P/301019)

Hans J. Deeg.

José J. Díaz García y Hugo García Vázquez.

CRISA/AIRBUS, IAA, ESA, DLR, TAS-E, LESIA.

INTRODUCCIÓN

Tránsitos Planetarios y oscilaciones de las estrellas, en inglés PLANetary Transits and Oscillations of stars (PLATO), es una misión propuesta por ESA para un observatorio espacial que va a utilizar un grupo de fotómetros para descubrir y caracterizar planetas extrasolares de todos los tamaños y tipos en torno a enanas frías (como nuestro Sol) y estrellas sub-gigantes.

Se diferenciará de la misión Kepler y la misión COROT en que estudiará estrellas brillantes (entre las magnitudes 8 y 11) haciendo más fácil confirmar los hallazgos utilizando el seguimiento de las mediciones de velocidad radial. Contará con un campo de vista mucho más amplio que el de la misión Kepler (que tiene 100 grados²) permitiéndole estudiar una muestra más grande de estrellas. Las diferentes versiones del Proyecto planean observar las estrellas en un área del cielo de unos 2.230 grados² con lo que puede lograr el seguimiento de las curvas de luz de hasta 260.000 enanas frías y sub-gigantes (Kepler tiene 25.000 estrellas de este tipo en su campo visual).

HITOS

Finalización de la integración del modelo EM de la MEU con la arquitectura final.

Entrega del modelo EM de la MEU para dar soporte al desarrollo de software.

Inicio contrato industrial (fase 1).

Revisión y aceptación de requerimientos, hito 1 de la fase 1.

Entrega de los modelos mecánicos y térmicos (MTDs), hito 2 de la fase 1.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Con el fin de dar continuidad al soporte industrial requerido para llevar a cabo las tareas del proyecto, estaba previsto iniciar otro contrato industrial a mediados de 2019. Sin embargo, los retrasos, en la disponibilidad de fondos primero, y debido a motivos administrativos en segundo lugar, hicieron que el proyecto estuviera hasta septiembre de 2020 sin soporte industrial. Aunque la empresa CRISA/AIRBUS

ha dado soporte "marginal" en algunas tareas a pesar de no haber contrato vigente con ella, actividades relevantes para el desarrollo del Proyecto permanecieron congeladas dando lugar a un retraso considerable en el desarrollo. En septiembre se firmó el contrato industrial el cual consta de tres fases.

Con el dinero de la prórroga del PN2017 se han pagado los dos primeros hitos de la fase 1 del contrato industrial que se han llevado a cabo durante el año. Teniendo en cuenta el retraso provocado en el Proyecto se solicitó otra prórroga al PN2017 para poder pagar los dos hitos restantes de la fase 1 durante el 2021. Debido a que no fue autorizada la utilización del dinero del PN2017 durante el 2021, se tendrá que hacer uso de la financiación del PN2019 para pagar los dos hitos restantes de la fase 1.

Además, no se ha concedido financiación suficiente en el PN2019 para realizar las fases 2 y 3 del contrato industrial, por lo que se tendrá que cancelar el contrato industrial de dichas fases. La financiación del PN2019 sí cuenta con la financiación suficiente para el resto de tareas, gastos de contratos de ingeniero y demás gastos durante los próximos cuatro años.

La ESA como medida de contingencia ha sacado un contrato industrial que cubre hasta el final de la CDR y la finalización del modelo EQM. Para el resto de actividades industriales del Proyecto, se contempla que sean financiadas a partir de PRODEX bajo la tutela del CDTI. En este momento se desconoce cómo va a articularse.

Respecto a la CDR, el actual contrato industrial de la fase 1 entre IAC y CRISA/AIRBUS cubre hasta la CDR de la FPGA, pero no cubre la CDR de la MEU completa. El IAC se haría cargo del pago del coste de la CDR de la FPGA y la ESA del pago del resto de la CDR de la MEU. La ESA pretende adelantar todo lo que se pueda la finalización de la CDR completa y del modelo EQM por lo que las fechas irán fijadas por ellos. Por lo tanto, se tratará de alcanzar los hitos del contrato industrial entre el IAC y CRISA/AIRBUS lo antes posible.

Durante el 2020, se ha participado en las actividades del consorcio PLATO elaborando información, manteniendo contactos frecuentes por teleconferencias y asistiendo a las reuniones técnicas programadas antes del confinamiento debido al COVID-19. También se ha participado en el PLATO WEEK 10, organizado por Konkoly Obs. of the Research Centre for Astronomy and Earth Sciences and the PMC en Budapest/Hungría (on-line) durante el 25-28 mayo. Se trabajó en la preparación de las

alegaciones al PN2019 con el objeto de conseguir la financiación para todas las fases.

Resumiendo, los principales hitos del Proyecto han sido que se ha conseguido el contrato industrial para la fase 1, se ha finalizado la integración del modelo EM de la MEU con la arquitectura final. También se ha producido la entrega de otro modelo EM especialmente hecho para ayudar en el desarrollo del software de la MEU que se lleva a cabo por LESIA, socio del consorcio PLATO. Se han revisado y aceptado los requerimientos y se han entregado los modelos mecánicos y térmicos (MTDs) de la PSU que estaban contemplados como hito 1 y 2 de la fase 1 del contrato industrial.

SUNRISE-3 (SUNRISE-3 AND IMAX-3) (P/301134)

Basilio Ruiz Cobo.

David Hernández Expósito y María E. Páez Mañá.

E. Magdaleno-Castello, M.J. Rodríguez Valido (ULL).

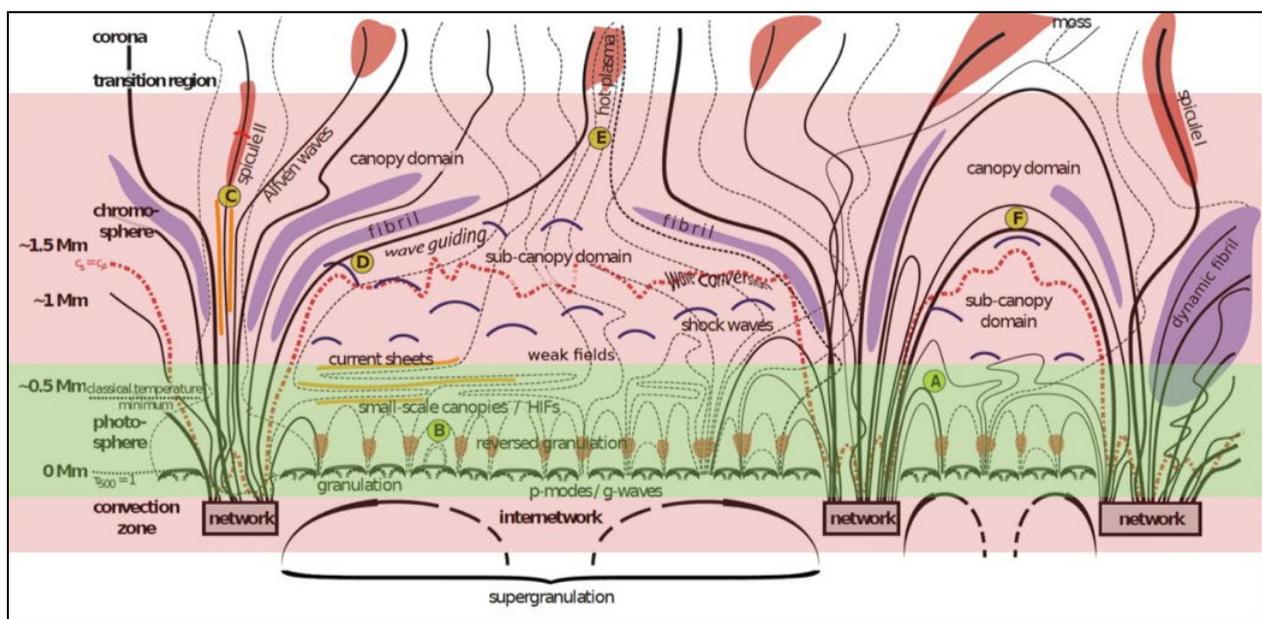
INTRODUCCIÓN

Tras el éxito científico de los dos primeros vuelos del globo estratosférico Sunrise, el consorcio liderado por el MPS (Göttingen, Alemania) decidió lanzar una tercera misión. Para Sunrise III se ha diseñado una nueva góndola y un nuevo sistema de navegación (APL, Johns Hopkins Univ. Maryland, EEUU) y un nuevo telescopio rediseñado por el MPS. El MPS se encarga también de la plataforma instrumental y del sistema de distribución de luz mientras que el KIS (Freiburg, Alemania) es responsable del sensor de correlación del frente de onda a cargo de la estabilización de la imagen en tiempo real.

Se han desarrollado tres nuevos instrumentos, que recibirán la luz del telescopio. SUSI (Sunrise Ultraviolet Spectropolarimeter and Imager) es un espectropolarímetro ultravioleta de rendija que cubre la región, rica en líneas espectrales, en torno a los 300 nm. Ha sido desarrollado por el MPS con contribuciones de NAOJ (Tokio, Japón). SCIP (Sunrise Chromospheric Infrared spectra-Polarimeter) es un espectropolarímetro infrarrojo de rendija capaz de ob-

servar en dos regiones espectrales en torno a 768.5 y 851.5 nm. El instrumento ha sido desarrollado por NAOJ and S3CP (Spanish Space Solar Physics Consortium liderado por IAA-CSIC) del que es miembro el IAC. Finalmente, TuMag (Tunable Magnetograph) es un nuevo magnetógrafo y tacógrafo, capaz de hacer imagen en los diferentes parámetros de Stokes de dos o tres líneas espectrales en el visible (Fe I @ 525.02 y 525.06 nm; y Mg Ib2 @ 517.3 nm. TuMag, que sustituye al antiguo IMAX del que hereda parte de la tecnología, es el primer magnetógrafo aeroespacial sintonizable. Está siendo desarrollado por S3PC.

Sunrise I estudió las regiones más en calma del Sol, pues tuvo lugar durante uno de los periodos de menor actividad solar. Sunrise II voló cerca del máximo de actividad, lo que permitió la observación de regiones activas. En este tercer vuelo, más que buscar una fase de actividad diferente, Sunrise III pretende cubrir un nicho científico difícilmente abordable desde tierra. La evolución temporal de la compleja y altamente magnetizada atmósfera solar, en un amplio rango de capas (Figura) y a una muy alta resolución espacial solo puede ser observada, bien por una misión espacial, que haya sido especialmente diseñada para ello o por Sunrise III, a mucho menor precio y riesgo. Todos los instrumentos a bordo de Sunrise III tendrán capacidad espectropolarimétrica y, por tanto, posibilitarán la medida de campos magnéticos. La fotosfera, cromosfera y la corona serán observadas simultáneamente con una precisión sin precedentes y durante largos periodos para poder estudiar así la evolución dinámica de las estructuras magnéticas. El te-



Modelo de la atmósfera solar. La capa a 0 Mm corresponde a la fotosfera visible. En verde las capas observadas en las dos misiones previas de SUNRISE. En rosa -alta cromosfera, región de transición y capas profundas - las capas accesibles por los tres instrumentos de SUNRISE III.

telescopio de Sunrise tendrá 1 m de apertura por lo que no podrá competir en resolución con DKIST (el telescopio solar americano de 4 m de apertura que verá la Primera Luz a mediados del 2020), en la observación de pequeñas áreas sobre el Sol. Sin embargo, la resolución homogénea de Sunrise a través de la imagen completa no podrá ser alcanzada por DKIST y, lo que es más importante, la estabilidad temporal, que permitirá realizar estudios de evolución de las estructuras, sólo puede ser alcanzada fuera de los efectos perturbadores de la atmósfera terrestre. Adicionalmente, el acceso a la región UV del espectro, es otra característica distintiva de un observatorio a bordo de un globo estratosférico.

HITOS

Código de inversión de parámetros atómicos para SUSI.

Paralelización de DeSIRe.

Actualización de DeSIRe para transferir información entre diferentes módulos sin pasar por disco lo que redundaba en una mucha mayor rapidez.

Entrega de la actualización del bloque de compresión para SOPHI: `rfpgal_compression_v2_02_d`.

Entrega de la primera versión (marzo) del firmware del frame grabber para el instrumento SCIP de la misión Sunrise-3, así como sucesivas actualizaciones (junio, julio, octubre, noviembre y diciembre).

Simulación y adquisición satisfactoria de un Rol de la imagen en filas y columnas.

Correcto funcionamiento del trigger hardware y comunicación con CxP.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Desarrollo del código DeSIRe

El paso de información entre las distintas partes del sistema a través del disco duro se ha inhibido. La información necesaria se pasa ahora a través de memoria compartida.

Se han implementado nuevos métodos de integración, de la ecuación de transporte radiativo usando 3 formas diferentes y alternativas de interpolación de la función fuente. La parte de NLTE ha sido actualizada.

Se ha unificado y homogeneizado la salida por pantalla. Se han incorporado flags para definir qué tipo de información se debe mostrar.

Se ha unificado la entrada de los parámetros atómicos de las líneas espectrales, que ante-

riormente era a partir del catálogo de Kurucz para la parte NLTE y por medio de un fichero externo para la parte LTE.

Asimismo se ha unificado la lectura de las abundancias, la red espectral en la que se sintetizarán o invertirán las líneas, el formato de los modelos de atmósferas de entrada y salida y el campo magnético. Toda esta información se comparte ahora entre las distintas partes del sistema sin pasar por escritura a disco.

La función fuente ha sido re-evaluada, a partir de una correcta construcción de la emisividad y la absorción, lo que permitirá en el futuro generalizar el método a la redistribución parcial.

Se ha capacitado al sistema para trabajar con modelos en profundidad óptica. Ahora el usuario puede suministrar modelos estratificados en profundidad óptica o en columna de masa.

Se ha depurado el código e implementado diferentes estrategias basadas en umbrales para acelerar el procedimiento.

Se ha desarrollado una macro en python que permite la aplicación de DeSIRe en ordenadores en paralelo.

SUSI

Colaboración con el grupo del MPS (Göttingen, Alemania) que desarrolla SUSI para modificar el código SIR de forma que ahora sea capaz de determinar, vía inversión, los valores de los logaritmos de la fuerza de oscilador o de la longitud de onda de tantas líneas fotosféricas como se desee y hasta 5 blends por línea con parámetros atómicos libres.

SOPHI

Desarrollo de los proyectos PHI de la misión Solar Orbiter (SOPHI): soporte técnico desde su lanzamiento en febrero de 2020, lo que incluye una actualización del bloque de compresión de imágenes en julio así como soporte continuo en el análisis de las imágenes descargadas.

Implementación, verificación y entrega de la actualización del firmware del bloque de compresión de imágenes de PHI de la misión Solar Orbiter (SOPHI).

SCIP y TuMAG

Desarrollo de los instrumentos para Sunrise III: En el caso concreto del instrumento SCIP, ha entregado la primera versión del firmware de vuelo del "frame grabber" en marzo, así como sucesivas actualizaciones (junio, julio, octubre, noviembre y diciembre). Además, se ha entregado la primera versión del firmware de vuelo de la cámara de SCIP en marzo y se ha estado

trabajando en la actualización, aún por realizar. En cuanto al instrumento TuMAG, se ha diseñado el primer prototipo de "frame grabber" el cuál se usa como base el diseño de SCIP.

Implementación, verificación y entrega de la de primera versión y sucesivas actualizaciones del firmware del frame grabber para el instrumento SCIP de la misión Sunrise-3.

Implementación, verificación y entrega de la de primera versión del firmware de las cámaras para los instrumentos SCIP y TuMAG. Además, se ha trabajado en el desarrollo de la primera actualización aún no entregada.

Diseño de un banco de pruebas en "java script" para las pruebas térmicas de TuMag/SCIP. Este banco está formado por una librería, una tarjeta frame grabber coaxpress comercial y un

PC. Este sistema permite al equipo encargado de realizar las pruebas térmicas comprobar el rendimiento de TuMag/SCIP de forma independiente, es decir no es necesario transportar todo el instrumento al laboratorio de medidas térmicas.

Análisis de algoritmos y palabras para la calibración de canales del sensor.

Redacción y corrección de los documentos: TuMag/SCIP Camera Firmware design and implementation Report; TUMAG/SCIP CAMERA COMMANDS AND VIRTUAL METHODS (Technical note); Artículo para publicar en revista titulado "Firmware Image Ordering and Packing for TuMag Camera".

ÁREA DE INSTRUMENTACIÓN



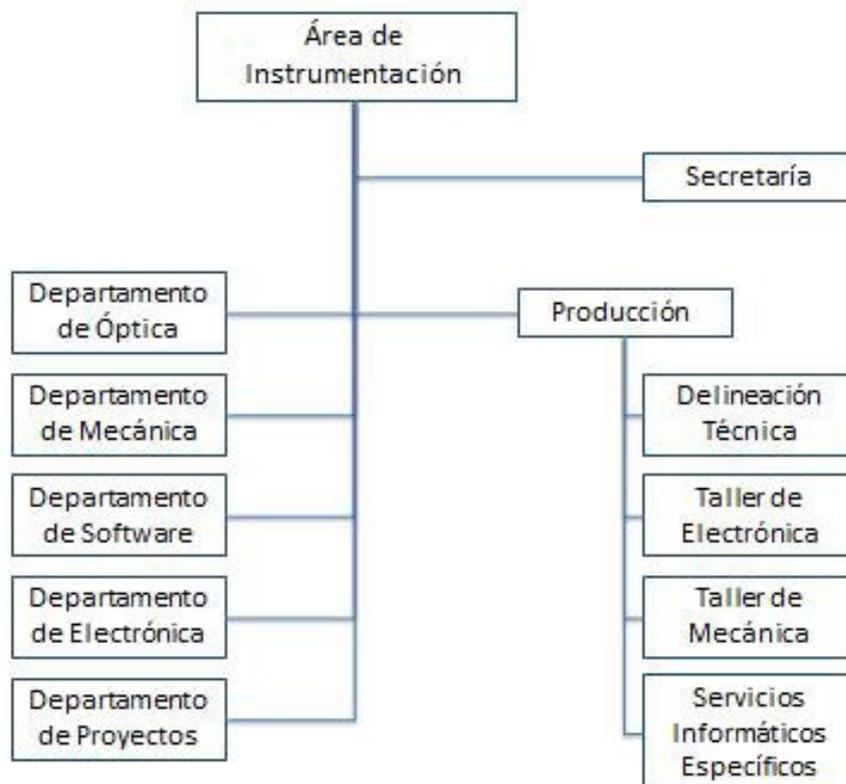
Corresponde al Área de Instrumentación dar apoyo tecnológico, mediante la elaboración y ejecución de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, para el cumplimiento de los objetivos del IAC.

El Área de Instrumentación se responsabiliza de:

- El desarrollo de nueva instrumentación para la observación astronómica.
- El mantenimiento de la instrumentación astronómica existente.
- La utilización de las capacidades tecnológicas en otros campos de la ciencia o de la técnica que favorezca el desarrollo del entorno.
- La capacitación de personal técnico.
- Generar y ceder tecnología.

Además de una Secretaría y un Coordinador, el Área de Instrumentación dispone de unos medios humanos y materiales estructurados en dos grupos: Ingeniería y Producción.

El grupo de **Ingeniería** se divide en cinco departamentos: Electrónica, Mecánica, Software, Óptica y Proyectos. La componen 58 titulados superiores de las diferentes especialidades de Ingeniería (Industrial, Telecomunicaciones, Informática, Aeronáutica) y de Ciencias (Físicas y Matemáticas). La sección de **Producción** la constituyen, con 1 titulado superior, 1 titulado medio y 12 técnicos; se estructura en: Taller de Mecánica, SIE y Delineación Técnica. Además está el Taller de Electrónica que depende del Departamento de Electrónica, compuesto por 1 titulado medio y 3 técnicos. **Secretaría**, compuesta por 1 persona.



INGENIERÍA

Este documento es la Memoria anual de 2020, donde se resume la actividad de la Ingeniería del Área de Instrumentación del IAC. Además de una breve reseña de las actividades de cada uno de los cinco departamentos (Electrónica, Mecánica, Proyectos, Óptica y Software), se relacionan las acciones de formación, así como las incidencias y estadísticas del personal.

DESGLOSE DE ACTIVIDADES

El siguiente gráfico (Gráfico I) muestra la distribución de la dedicación del tiempo de Ingeniería a las actividades durante 2020. Se han considerado cinco tipos de actividades: Dedicación a proyectos, Formación, Servicios, Desarrollos y Transferencia Tecnológica, y Organización y Gestión interna.

Como muestra el gráfico (Gráfico I), el 81,8% del tiempo de la Ingeniería se ha empleado en el trabajo directo en los proyectos. Del 18,2% restante, se ha dedicado un 13,9% a Organización y Gestión, apartado que incluye la gestión propia de los departamentos, el tiempo dedicado a los laboratorios, el estudio o realización de trabajos internos, la compra, recepción y puesta en marcha de equipos para los departamentos o laboratorios, la dedicación al Comité de Empresa, Comité de Seguridad y Salud, otros comités y grupos de trabajo, participación en tribunales de selección o la atención a visitas, etc.

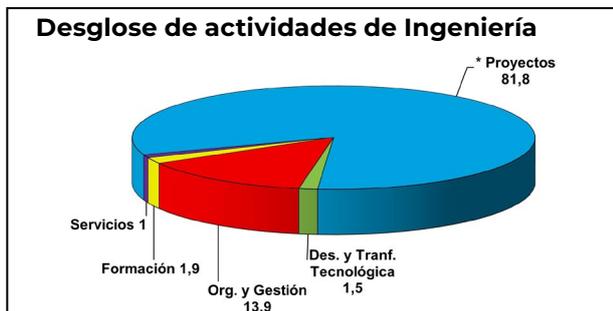


Gráfico I
* Ver Gráfico II

La Formación ha supuesto un 1,9% del tiempo total de la Ingeniería. Este porcentaje incluye actividades formativas formales de carácter general, como cursos, congresos, ferias, pero no incluye la formación específica que se adquiere durante el desarrollo de un proyecto instrumental.

El 1,0% se ha empleado en Servicios, donde se incluye principalmente el tiempo dedicado a la resolución de consultas técnicas, normalmente internas, y a la asistencia a Mantenimiento Instrumental. Finalmente, el tiempo dedicado a Desarrollos y Transferencia Tecnológica ha sido del 1,5%, e incluye principalmente la participación del personal de Ingeniería en proyectos de IACTec, en la dirección de tesis doctorales en el Área y en algunos pequeños proyectos de desarrollo tecnológico interno con potencialidad de comercialización, de uso en futuros instrumentos o en otros campos.

Respecto a los datos del año pasado, los números son muy parecidos: La dedicación a los proyectos es la misma (0,3 puntos menos), la dedicación a organización y gestión ha aumentado en 2,4 puntos y, como contrapartida, el tiempo dedicado a consultas técnicas ha disminuido 1,7 puntos y el tiempo dedicado a formación ha disminuido en 1 punto. El tiempo dedicado a desarrollos y transferencia tecnológica ha aumentado ligeramente 0,6 puntos. La disminución en las actividades de formación ha sido debida en gran parte al efecto de la pandemia, que impidió en gran medida el desplazamiento a cursos y congresos, y la formación presencial.

En el siguiente gráfico (Gráfico II) se puede ver el reparto de tiempos entre los diferentes proyectos, con un total acumulado de más de 65.000 horas de Ingeniería en 2020.

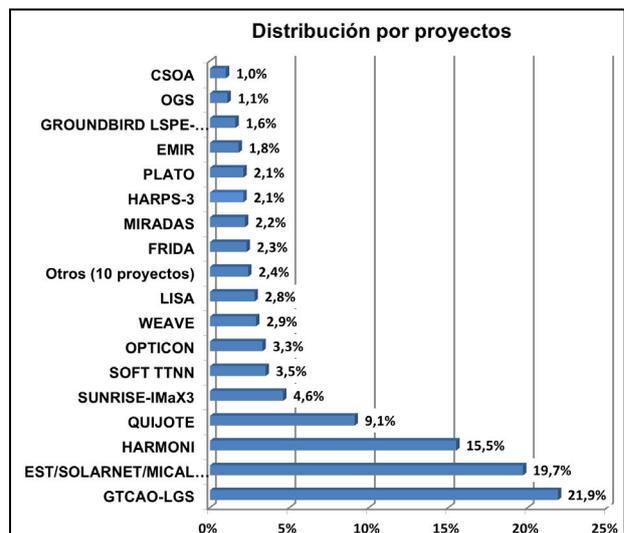


Gráfico II

Se muestran individualmente los proyectos que ocupan más del 1% del tiempo total de dedicación de la Ingeniería, englobando los restantes en un único sector "Otros". Estos proyectos pequeños, diez en total, alcanzan en conjunto un 2,4% de la ocupación.

Más de la mitad de la capacidad de la Ingeniería, el 57,2%, se ha dedicado a tres grandes proyectos: GTCAO-LGS, EST (englobando el trabajo realizado en los programas SOLARNET, GREST, MICAL y EST Project Office), y HARMONI. Los dos primeros, GTCAO-LGS, con una dedicación del 21,9% y EST con un 19,7% destacan frente al resto. Luego vienen HARMONI con un 15,5% y QUIJOTE, que es el cuarto proyecto con mayor dedicación, un 9,1%. A continuación, y muy separados de los anteriores, se encuentran los demás proyectos. Entre estos, por encima del 3% están SUNRISE-IMaX-3, SOFT TTNN Upgrade y OPTICON; y entre el 2% y 3% FRIDA, MIRADAS, HARPS-3 y PLATO. Con una dedicación inferior al 2% hay 13 proyectos.

Comparando con los datos del año pasado, de los proyectos grandes hay que destacar el aumento de GTCAO-LGS (2,8 puntos) y HARMONI (4,1 puntos), el mantenimiento en valores similares de EST y disminuyendo un poco (2,0 puntos) QUIJOTE. Entre los proyectos con una ocupación intermedia, disminuye la dedicación a MIRADAS, WEAVE y PLATO y aumenta en SOFT TTNN Upgrade y OPTICON. Finalmente, entre el resto de proyectos con menor dedicación cabe mencionar la disminución de NIRPS y finalización de SOPHI. Los cambios en la dedicación a los proyectos tiene que ver con el inicio o final de los mismos y, en gran medida, con la entrada y salida de personal de Ingeniería.

El empleo del tiempo en Ingeniería puede verse también desde una perspectiva plurianual. El siguiente gráfico (Gráfico III) muestra la evolución de la dedicación normalizada a los diversos proyectos desde el año 2012.

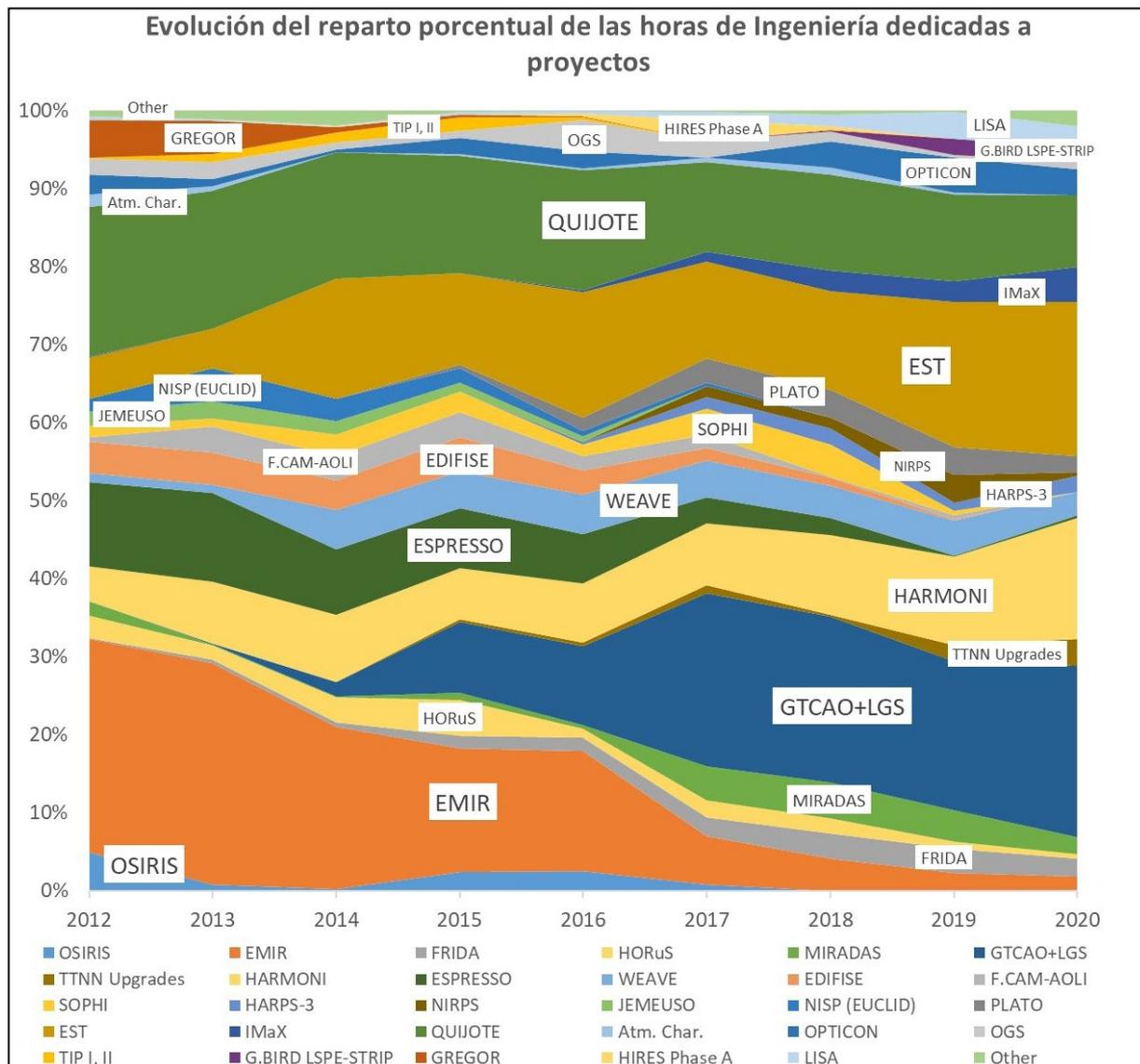


Gráfico III

El gráfico (Gráfico III) muestra claramente la disminución progresiva de las horas dedicadas a EMIR y a ESPRESSO y el crecimiento de GTCOA-LGS, HARMONI y EST. Con valores de dedicación más bajos, también se aprecia el crecimiento reciente de MIRADAS, FRIDA, OPTICON, SUNRISE-IMaX 3, SOFT TTNN Upgrade y PLATO, y la disminución de SOPHI, NIRPS, EDIFISE y FASTCAM-AOLI.

La siguiente tabla muestra, esquemáticamente, la dedicación de cada uno de los ingenieros a los proyectos durante 2020. El tono más oscuro de la casilla indica un mayor número de horas dedicadas a ese proyecto. En la mayor parte de los casos la gestión de los proyectos recae en el personal del departamento de Proyectos, pero en algunas ocasiones otro personal de Ingeniería realiza esta gestión. La columna "Puesto" indica H=Jefe de Departamento, S=Ing. Senior, F=Ing. Fijo, y T=Ing. Temporal, situación a finales de 2020.

Participación de Ingeniería en los proyectos (2020)		Puesto	EMIR	MIRADAS	FRIDA	GTCAO-LGS	HORUS	EST/SOLARNET...	QUIJOTE	HARMONI	WEAVE	PLATO	ARIEL	SUNRISE IMax-3	HARPS3	NIRPS	LRS	NRT	G.BIRD LSPE-STRIP	ESPRESSO	SOPHI (S. ORBITER)	OPTICON H2020	RTD transfer	DIMMA	CSOA	LISA	ADFEMOS	CAMELOT2	OGS	TTNN CTRL UPGRADE			
Dep. Proyectos	M. Reyes	H																															
	J. M. Herreros	S																															
	V. González	S																															
	J. Patrón	S																															
	M. Amate	S																															
	M. Barreto	S																															
	A. Alonso	F																															
	A. Pérez	F																															
	J. Vaz	T																															
Dep. Electrónica	L. F. Rodríguez	H																															
	E. Joven	S																															
	J. J. Díaz	S																															
	R. Hoyland	S																															
	T. A. Viera	S																															
	H. Chulani	F																															
	J. M. Delgado	F																															
	M. A. Núñez	F																															
	O. M. Tubio	F																															
	Y. Martín	F																															
	J. V. Gigante	T																															
	H. Rodríguez	T																															
	J. Villa	T																															
	A. Hernández	T																															
H. García	T																																
D. Hernández	T																																
Dep. Mecánica	J. Calvo	H																															
	E. Hernández	S																															
	F. Tenegi	S																															
	P. Fernández	F																															
	J. Peñate	F																															
	A. Vega	F																															
	A. Mato	F																															
	P. Fuerte	T																															
	R. Simoes	T																															
	E. González	T																															
	J. Bienes	T																															
A. Zamora	T																																
Dep. Óptica	J. L. Rasilla	H																															
	R. López	S																															
	A. B. Fragoso	S																															
	J. Sánchez-C.	S																															
	I. Montilla	F																															
	M. A. Cagigas	T																															
	F. Gracia	T																															
	M. Puga	T																															
	L. Montoya	T																															
	A. Pérez	T																															
M. Insausti	T																																
S. Regalado	T																																
Dep. Software	C. Martín	H																															
	M ^a F. Gómez	S																															
	M. Aguiar	S																															
	E. Páez	S																															
	H. Moreno	S																															
	P. López	S																															
	J. Rosich	F																															
	J. Marco	F																															
	F. J. Hernández	T																															
	J. Quintero	T																															
M. Luis	T																																
J. Bru	T																																

Gráfico IV

ACTIVIDAD DEPARTAMENTAL Y MEJORA DE LAS CAPACIDADES

DEPARTAMENTOS Y LABORATORIOS

A continuación se menciona brevemente la actividad departamental en los proyectos del Área y algunas de las mejoras al equipamiento de los laboratorios y capacidades.

DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA

En 2020 el Departamento de Electrónica continuó sus actividades en los diferentes proyectos adaptándose en la medida de lo posible a la situación de pandemia. Las actividades en marcha se continuaron con el formato de teletrabajo, exceptuando las relacionadas con el proyecto GTCOA, en proceso de integración y verificación, y la actividad del Laboratorio LISA que se describe posteriormente.

También en este año se materializó el comienzo de las actividades en microelectrónica, apoyándonos en la financiación de infraestructuras obtenida al efecto, con la publicación de la licitación para la adquisición de una estación de puntas, y la colaboración de una beca de verano orientada hacia la realización de una estrategia de almacenamiento de cargas para polarimetría.

En este año se ha continuado el avance en la implantación del programa de diseño eléctrico/electrónico EPLAN en el Departamento y en el Taller de Electrónica, organizando para ello varios cursos y aplicaciones prácticas, adquiriendo licencias y animando a los diferentes proyectos a que lo adopten como herramienta básica.

El laboratorio de detectores LISA (Laboratorio de Imagen y Sensores de Astronomía), es una infraestructura del IAC para la caracterización, integración y realización de desarrollos relacionados con los sensores y cámaras de uso en telescopios. LISA da soporte a proyectos internos de instrumentación del IAC y a colaboraciones con otras instituciones astrofísicas (y empresas) bajo petición, y trabaja con dispositivos en cuatro rangos de longitudes de onda de luz: Visible, Infrarrojo Cercano (SWIR): < 1.6 micras, Infrarrojo Medio (MWIR): 1 - 2.5 - 5 micras e Infrarrojo Lejano (LWIR - térmico): 8 - 14 micras.

En cuanto a las actividades y adquisición de material (gracias a la financiación FEDER en

2019 (nº = EQC2019-006548-P) "Equipamiento infraestructura LISA", puede destacarse:

Mejoras en infraestructura

Se han llevado a cabo las siguientes:

Rangos de luz visible y SWIR:

- Mejora del banco óptico: adquisición y puesta en marcha de un monocromador para aumentar la resolución en calibraciones de eficiencia y estudio de etaloning en superficies de detectores. Incorpora una nueva rueda de filtros para filtros corta órdenes. Estandarización de rutinas de reducción de datos en entorno Python.
- Caracterización de nuevas cámaras Back Illuminated con tecnología CMOS. Cesión y caracterización para cámaras FLI, Hamamatsu, Andor y Raptor Photonics, con opción a compra.

Rango MWIR:

- Criostato multifunción: puesta a punto del gran criostato de caracterización de detectores en el rango espectral de 1-5µm, principalmente MCTs (como Teledyne). Fuentes de luz, calibración por fotodiodos y disposición de futuros mecanismos criogénicos. Además, se está llevando a cabo el control autónomo de seguridad por PLC de los sistemas de vacío y criogenia.
- Cuerpo negro criogénico: diseño, fabricación e implementación de sistema de pantallas para el cuerpo negro. Rueda de aperturas.
- Caracterizaciones:
 - Fotodiodos individuales de InGaAs en funcionamiento criogénico y primeras pruebas de calibración con el cuerpo negro de baja temperatura.
 - Detectores MCT H2-Teledyne de ingeniería: pruebas de control y adquisición de datos del detector en el interior del criostato en funcionamiento y con fuente el cuerpo negro. En curso se está llevando a cabo la adaptación final a detectores H2RG-Teledyne para la actualización de los instrumentos EMIR y FRIDA en GTC dentro del proyecto conjunto ADFEMOS.

Actividades y adquisición de material

Además de todas estas mejoras, en LISA se han desarrollado las siguientes actividades:

- Prácticas externas de estudiantes de la ULL: se han dirigido dos prácticas (marzo y noviembre) de entre 6 y 8 semanas.
- Apoyo a proyectos del área y de IACTec en la caracterización de cámaras y dispositivos, como el detector InGaAs de la cámara DRAGO (actualmente ya en órbita), cámaras para MCAO (óptica adaptativa para EST) o GRES (cámaras CMOS para polarimetría).
- Estudio y caracterización de sistemas APDs (fotodiodos de avalancha de alta sensibilidad), con sistema de adquisición de datos (Hamamatsu, Excelitas). En este apartado se trabajó activamente en la confección de una propuesta conjunta con la empresa IDOM de cara un sistema de adquisición de datos para un conjunto de policromadores del instrumento de Altas Energías JT-60.
- Acopio de materiales, diseño y preparación de un criostato tipo TEC (efecto Peltier) para un CCD de 8 megapíxeles con aplicaciones en espectroscopía. En curso.
- Adquisición (en fase de fabricación) de un criostato con ciclo cerrado tipo Joule-Thomson para detectores de gran tamaño en el rango visible (orientado como primera función a los CCDs e2V 231-84 de la actualización del instrumento OSIRIS).
- Estudio y prototipado de soluciones de control para los detectores infrarrojos del tipo H2RG para las actualizaciones de los instrumentos EMIR y FRIDA.
- Estudio de los nuevos detectores superconductores de alta sensibilidad MKIDs (Microwave Kinetic Inductance Detectors). Viabilidad de adquisición y puesta en marcha de un criostato específico operando a 100mK. Estudio de la electrónica de control y adquisición de datos asociada.

DEPARTAMENTO DE MECÁNICA

En 2020, en lo que a proyectos se refiere, la mayor actividad del Departamento de Mecánica se dedicó al proyecto HARMONI con una dedicación del 24,8% del tiempo total. Le siguen GTCOA-LGS con un 17,3%, QUIJOTE con un 14,2%, EST con un 8,9%, OPTICON H2020 con un 8,4%, HARPS3 con un 3,0% y MICAL con un 2,0%. El resto de proyectos en los que se trabajó y que no llegaron individualmente a una dedicación del 1%, fueron: HORuS, OSIRIS, EMIR, CTA y HIRES.

El tiempo dedicado a la gestión del departamento, área, laboratorios, etc. supuso este año un 15,2%. A formación se dedicó un 2,2% y el 1,9% a consultas técnicas. La dedicación al CE y la asistencia a MI supuso el 0,5%.

En HARMONI, la ingeniería de sistemas de la pre-óptica fue a buen ritmo, generando y haciendo seguimiento de las tareas técnicas a realizar por el grupo de trabajo. El proyecto está en su Revisión Crítica del Diseño (CDR), revisión técnica multidisciplinar que garantiza que el sistema puede pasar a la fase de fabricación, verificación y pruebas cumpliendo con los requisitos científicos y técnicos establecidos, además de cumplir con las estimaciones de coste, calendario y riesgo.

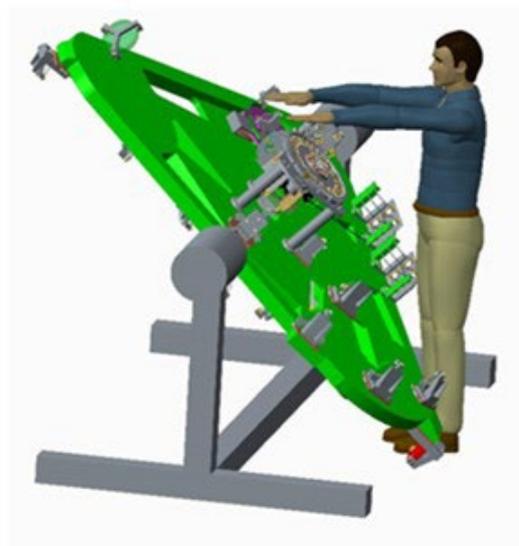
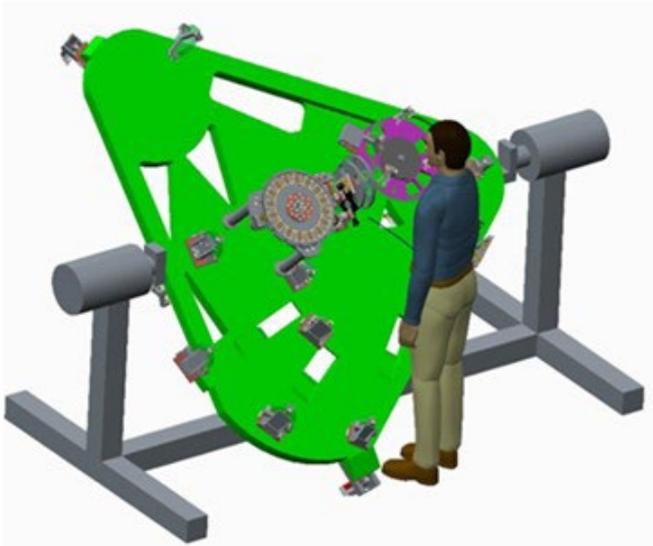
La mayor parte del trabajo realizado ha estado relacionado con la preparación de la CDR. El diseño de detalle de los mecanismos de la pre-óptica está finalizado y ya están generándose los planos. Para garantizar la repetitividad de posicionado de la rueda de máscaras, fue desarrollado un nuevo diseño mediante un sistema retén activo. Las pruebas realizadas sobre el prototipo fabricado han sido satisfactorias.

El diseño del banco óptico que contiene todos los elementos, se inició a partir de un diseño preliminar y actualmente está a un nivel muy próximo a una FDR. Esta tarea ha supuesto un gran esfuerzo de reiterativos bucles de optimización de diseño mediante cálculos por elementos finitos, tanto a nivel estructural como térmico.

El contrato del criostato de pruebas a la empresa POTEC sigue en marcha y se continúa participando en revisiones técnicas de seguimiento.

Respecto al MAIT Plan (Manufacturing, Assembly, Integration and Test Plan) quedaron definidas las etapas de integración, de verificación del pre-alineado mecánico, la generación del esqueleto *as built* e iteraciones con el Departamento de Óptica, así como la descripción del procedimiento de ajuste mecánico en el pre-alineado y posterior alineado. Se han determinado las necesidades del Taller de Mecánica para la fabricación de alguna de las monturas optomecánicas, se han evaluado las herramientas de metrología disponibles, y se han definido las infraestructuras de vacío y criogenia, así como los requerimientos de fabricación del *Integration frame* de la pre-óptica y solicitados los presupuestos correspondientes.

En la parte de Estrella Guía Láser del proyecto GTCOA, se ha realizado la preparación de especificaciones, revisión de documentación técnica y contractual, así como la evaluación de las propuestas técnicas de la licitación del telescopio de lanzamiento LGS. Como resultado se asignó el contrato al consorcio de



empresas LIDAX, TNO e INTA. También se ha avanzado en el análisis térmico preliminar del sistema de lanzamiento láser.

En cuanto a la Estrella Guía Natural, se ha continuado con el desarrollo de los sistemas optomecánicos asociados al sensor de frente de onda láser, se han desarrollado diseños de mejora de los sistemas actuales, y avanzado en el estudio y análisis del instrumento con respecto a su futura instalación en GTC.

En lo referente al instrumento TFGI del proyecto QUIJOTE, y a raíz de las pruebas de laboratorio realizadas para localizar la pérdida de vacío, se logró identificar el problema poniendo así fin a meses de incertidumbre sobre su funcionamiento. Una vez subsanados los defectos detectados se estuvo trabajando para que el instrumento quedara operativo.

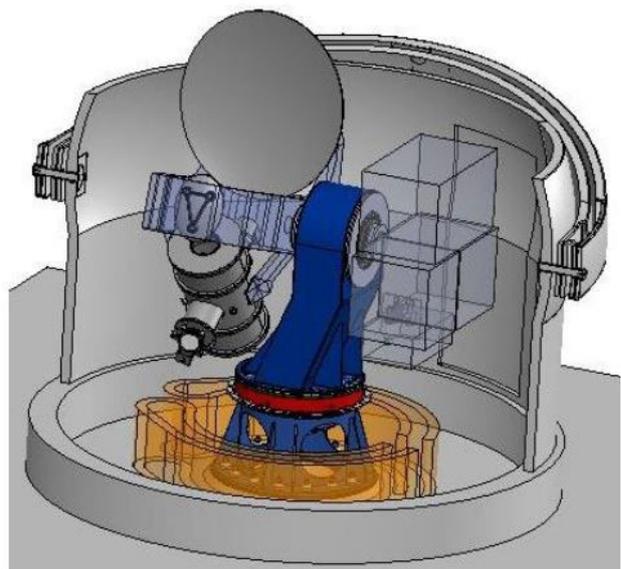
Respecto al instrumento MFI2, se validaron las tolerancias dimensionales de la sección de las bocinas relativa a las ventanas de Mylar y se realizaron los ensayos de vacío una vez montadas. Para corroborar la medida anterior y su correlación con la permeabilidad esperada del Mylar se repitieron los mismos ensayos de vacío con una tapa de acero en lugar de la ventana de Mylar. El diseño de los soportes y *links* térmicos de los LNA se finalizaron, así como el montaje de las secciones de las bocinas. El instrumento se encuentra en su fase final, habiendo quedado integradas las dos etapas de criogenia y finalizada la fabricación de los receptores de radiofrecuencia.

Durante el primer trimestre de 2020 se dedicó la mayor parte del tiempo al diseño térmico preliminar del futuro instrumento TMS, con el fin de validar el diseño preliminar de sus subsistemas criogénicos y definir claramente las interfaces y envolventes con el calibrador que

se está desarrollando en colaboración con el INAF-OAS.

Dadas las características de este instrumento, no ha sido posible emplear una óptica similar a la ya empleada en QUIJOTE. Por tal razón, el trabajo realizado hasta ahora se ha basado en comenzar a realizar un diseño preliminar del sistema óptico del TMS completamente nuevo, cuyo detalle deberá definirse más adelante. En la figura vemos el diseño conceptual del TMS.

TMS



Respecto al estado del armario eléctrico del instrumento, se están buscando soluciones de otros armarios eléctricos y elaboración de CAD para definir la interfaz de los mismos con la montura. Las licitaciones para la cúpula y la montura del instrumento fueron adjudicadas y están en fase de ejecución.

En el proyecto EST se han actualizado las especificaciones del espejo primario y evaluado las propuestas presentadas en las licitaciones para el diseño preliminar del espejo primario, secundario y de la estructura del telescopio. Se definieron y supervisaron los análisis FEM de estructura del telescopio y del espejo primario, así como los análisis iniciales del sistema de óptica activa. También se ha dado soporte a Ingeniería de Sistemas en los siguientes aspectos: *Error budgets*, matriz de interfaces, sistemas de coordenadas, definición y depuración de gestor documental de EST.

La participación en OPTICON ha estado relacionada con el paquete de trabajo WP5 (Espejos Refrigerados) del proyecto. Este año se continuó con el desarrollo del “Método del Material Continuo Equivalente” para simular componentes aligerados con estructuras *lattice* o *honeycom*. El trabajo culminó con la validación de la metodología a seguir.

En las siguientes imágenes podemos ver algunas de las muestras fabricadas y que están siendo testeadas en el IAC.

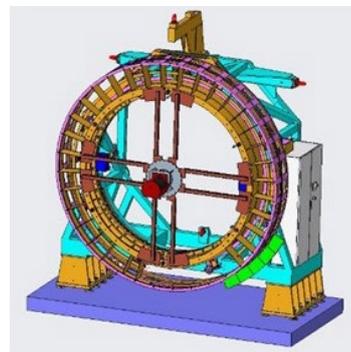
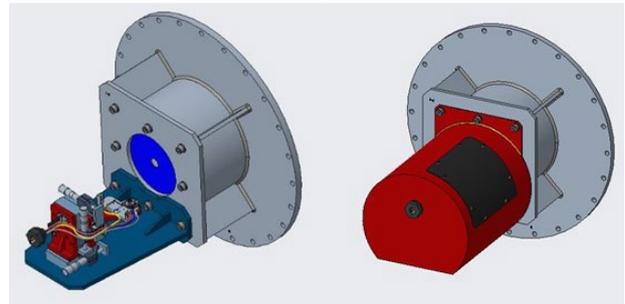


Respecto al plan de pruebas y ensayos para caracterizar las probetas, se dejaron sentadas las bases para las diferentes pruebas a realizar: estructurales, térmicas, vibraciones, etc.

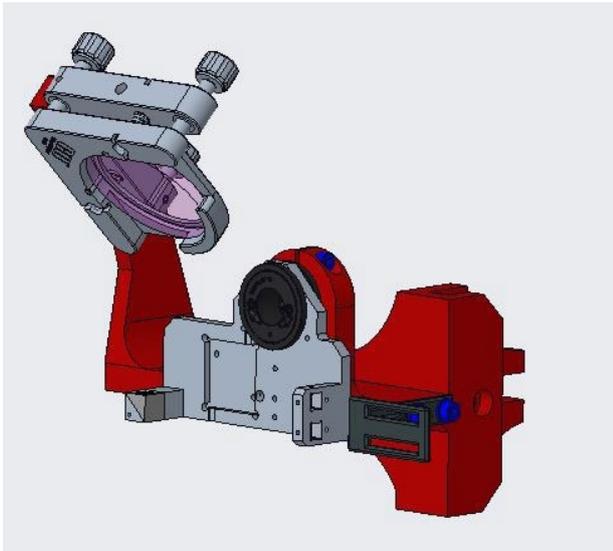
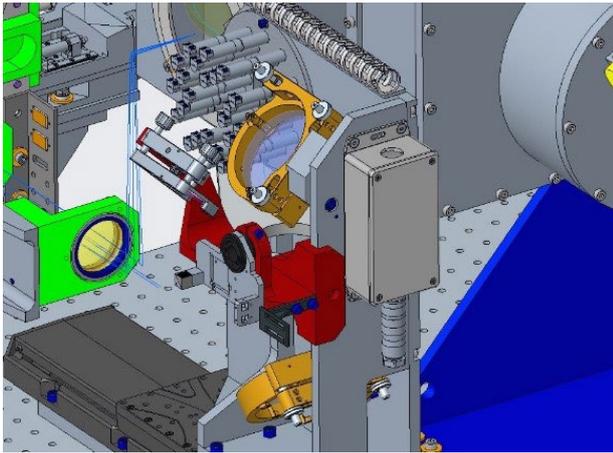
Los análisis de los modelos avanzados se terminaron y se realizaron simulaciones de optimización topológica. Finalmente se inició la redacción de documentación para el entregable.

En el proyecto HARPS3, el contrato para la remodelación de la zona de la sala donde se instalará el instrumento fue liberado por el ING a principios de año. A raíz de esto, se avanzó en el diseño de la sala que fue presentado en la reunión de consorcio de febrero de 2020. Dicho diseño, con pequeñas variaciones, se ha convertido en la propuesta final de distribución de la sala Coudé. También se ha trabajado en la documentación para la consulta preliminar de mercado en cuanto al coste y características de los equipos y materiales que tendrá la sala blanca.

En relación a HORuS en diciembre se finalizó el diseño para adaptar el brazo de adquisición directamente al rotador de la plataforma Nasmyth B una vez sea retirado el instrumento OSIRIS para trasladarlo al foco Cassegrain (recordemos que HORuS comparte foco con este instrumento). En las siguientes figuras se puede ver este diseño y como quedaría instalado en el rotador (los brazos que soportan la parte central fueron los utilizados en su día para observar con FASTCAM).



También se trabajó en el diseño para colocar el brazo de adquisición en la mesa de GTCOA, una vez sea instalada en la plataforma Nasmyth. En las figuras puede verse el diseño del mecanismo y como quedaría instalado en el banco óptico de GTCOA.



Respecto al proyecto MICAL, y con relación al instrumento GRIS (instalado en el telescopio solar GREGOR) se realineó parte del instrumento para adecuarlo a una serie de modificaciones realizadas en el telescopio. También se trabajó en la supervisión y asesoramiento en todas las tareas relativas al diseño de una nueva montura optomecánica de la red de difracción.

Durante la pandemia ocasionada por la COVID19 se realizaron tareas de coordinación de un grupo de trabajo voluntario para la realización del diseño y fabricación en el Taller de Mecánica del IAC de unas pantallas de protección frente a la COVID19. Por otro lado, en colaboración con personal del Hospital Universitario se diseñó y fabricó un conector para un prototipo de sistema respiratorio. Finalmente, el grupo de trabajo estuvo investigando para desarrollar un respirador autónomo que pudiera fabricarse de forma sencilla en el IAC, valorando algunos conceptos, desarrollando alternativas y llegando, finalmente, a fabricar un prototipo simple para la realización de pruebas preliminares.

DEPARTAMENTO DE ÓPTICA

La mayor actividad del Departamento de Óptica durante el año 2020 se produjo en los proyectos EST/SOLARNET, HARMONI y GT-CAO-LGS.

EST/SOLARNET acaparó gran parte de las tareas realizadas en el departamento, tanto en el desarrollo del diseño del telescopio como en el diseño y pruebas de los elementos que conformarán el banco de pruebas del sistema de óptica adaptativa multiconjugada (MCAO) para objetos extensos, que se está desarrollando en el IAC. También, se ha continuado con el desarrollo de una nueva unidad de campo integral que será instalada en el espectrógrafo del telescopio solar GREGOR. Este proyecto junto con el banco de pruebas MCAO servirán como prototipos para la futura instrumentación de EST.

En el proyecto del sistema de Óptica Adaptativa para el telescopio GTC (GTCAO-LGS), se ha continuado con la integración óptica del mismo y su verificación en laboratorio. También ha habido un importante incremento de actividad en la parte de la estrella láser guía (LGS) donde se ha seguido avanzando en el sistema de lanzamiento del láser y en el desarrollo del sensor de frente de onda específico de este sistema.

El diseño de la pre-óptica de HARMONI, instrumento de primera luz para el E-ELT, también ha consumido una parte importante del tiempo del personal del departamento. Durante 2020 se ha continuado trabajando en diferentes aspectos del diseño óptico del sistema, así como en el análisis de luz difusa y en el diseño de la fase de integración del subsistema en laboratorio. La revisión final del diseño del instrumento tendrá lugar en 2021.

Este año se ha realizado un importante esfuerzo en los estudios necesarios para crear un Centro de Sistemas Ópticos Avanzados (CSOA) en el IAC, con capacidad de producir y probar elementos ópticos de alta calidad para los futuros telescopios y su instrumentación. Se han realizado las licitaciones de una máquina de recubrimientos ópticos para elementos de tamaño medio (400 mm) y para una serie de equipamientos metrológicos (interferómetro, perfilómetro y escáner). Asimismo, se ha obtenido financiación para la adquisición de un conjunto de máquinas que constituirán la infraestructura del centro.

De la inversión efectuada en el Laboratorio de Óptica durante 2020 cabe destacar la adquisición de un nuevo accesorio para el espectrofotómetro Cary-5000 que permite la medida

global de cualquier muestra tanto en transmisión como en reflexión. También se ha actualizado el interferómetro Zygo triplicando su resolución.

De nuevo, este año el Laboratorio de Óptica y su equipamiento fue solicitado para su uso por parte de distintos proyectos internos del IAC y de instituciones externas como GRANTECAN, siendo el interferómetro Zygo, y el espectrofotómetro Cary-5000 los equipamientos más utilizados.

Por su parte, dentro del Laboratorio de Fibras se han estado generando y puliendo unos espejos de 400mm de diámetro que serán un prototipo de espejo primario para un telescopio de dicho tamaño.

DEPARTAMENTO DE SOFTWARE

En 2020, siguiendo con la tendencia de años anteriores, la principal actividad del departamento ha sido el desarrollo de software para instrumentos de GTC. El 56,2% del tiempo dedicado a proyectos se ha empleado en los instrumentos GTC-CAO-LGS (26,3%), MIRADAS (10,7%), FRIDA (10,3%), EMIR (7,6%) y HORuS (1,3%), todos para el Gran Telescopio Canarias. Este valor del 56,2% dedicado a proyectos para GTC es 9 puntos inferior al año pasado debido a la salida del departamento de dos ingenieros asignados a los proyectos MIRADAS y FRIDA, principalmente, y también a la disminución de la actividad en HORuS y EMIR. Todo ello, pese al incremento en 6,5 puntos de la dedicación a GTC-CAO-LGS, debido a la incorporación de una persona más al proyecto.

Por detrás de este conjunto, están SOFT TTNN Upgrade (14,3%), EST-MICAL (11,6%), SUNRISE-3 (10,8%), QUIJOTE (4,6%) y el nuevo proyecto que ha arrancado a finales de año, CAMELOT2 (2,4%) consistente en la mejora del software de control del instrumento con el mismo nombre instalado en el telescopio IAC-80.

EMIR ya se encuentra funcionando en GTC y está siendo usado ampliamente por la comunidad científica, pero ha sido este año cuando formalmente ha sido aceptado como instrumento de uso común dentro de un acuerdo con Grantecan. El acuerdo contempla la realización de algunas actuaciones menores que involucran varias disciplinas y desde el punto de vista del software hemos estado centrados, y seguiremos durante parte de 2021, en limpiar el código fuente y realizar pequeñas mejoras que redundarán en una mayor robustez y facilidades de observación.

MIRADAS es un instrumento liderado por la Universidad de Florida y donde el departa-

mento es el responsable del software de control. Actualmente, se encuentra en fase de integración y se espera su llegada a GTC a mediados de 2021. Respecto al software, a pesar de la ida de uno de los ingenieros asignados al proyecto, este año se ha completado el sistema de control de alto nivel y se ha podido probar en su totalidad en modo simulado.

El instrumento FRIDA está diseñado para usar el sistema de óptica adaptativa de GTC, GTC-CAO-LGS, que se está desarrollando en paralelo. El Departamento de Software es el encargado del software de control de alto nivel, y este año, a pesar de la ida de un ingeniero del proyecto, se ha avanzado significativamente en el desarrollo del paquete de monitorización *Housekeeping* de alto nivel (a falta de pruebas con los dispositivos reales) y en la interface con el *Instrument Library*. También se ha trabajado en el sistema de control y pruebas del nuevo detector que va a equipar el instrumento, basado en la familia HxRG.

El instrumento HORuS se encuentra a disposición de la comunidad desde abril de 2019. Este año se han realizado pequeñas mejoras, actualizaciones de software, documentación, corrección de pequeños errores o incidencias, soporte a una avería de la cámara en noviembre y apoyo a las pruebas y observaciones.

En el proyecto de óptica adaptativa para GTC, GTC-CAO-LGS, se ha trabajado intensamente y se ha incorporado un tercer ingeniero de software al mismo. El instrumento está en fase de integración y desde el punto de vista del software además de continuar con el desarrollo de los componentes de control, se ha dado un gran apoyo a las tareas de integración y pruebas del sistema. Se ha desarrollado el componente software de la cámara OCAM2 del WFS y los *Supervisory Loops*, y se está terminando la integración del control en tiempo real, DARC, en el GCS. En la capa *Instrument*, se ha desarrollado el componente de control de mecanismos y el de calibración.

Este año en QUIJOTE, en aspectos de software, hemos vuelto a instalar el instrumento MFI temporalmente para realizar la caracterización de la respuesta espectral de las bocinas del instrumento, información esencial para los trabajos en marcha del grupo científico asociados al *wide survey* del MFI. También se ha iniciado junto a la Universidad Politécnica de Cartagena el desarrollo del sistema de adquisición de los nuevos instrumentos MFI2 y TMS, basados en FPGAs. Estos instrumentos proporcionarán grandes cantidades de datos y se está adaptando el software de los antiguos TFGI y MFI a las necesidades de estos nuevos

instrumentos. El MFI2 está casi terminado optomecánicamente y será instalado en los próximos meses en el telescopio QT1. Mientras se finaliza el sistema de adquisición final, se hará un *commissioning* del instrumento adaptando el sistema de adquisición del MFI, permitiendo hacer cuanto antes una caracterización de MFI2 en intensidad, ya que las medidas de polarización sólo serán posibles cuando esté finalizado el sistema final, basado en FPGAs. También se ha dado soporte en resolver averías e incidencias de operación del telescopio QT1 que alberga desde enero de 2019 el instrumento visitante KISS de la Universidad de Grenoble-Alpes, Francia.

En SUNRISE-3, la participación del Departamento de Software este año ha estado enfocada en el paquete de reducción de datos científicos, donde se trata de adaptar y optimizar los códigos de reducción independientes existentes, normalmente escritos en C y Fortran, e integrarlos en un sólo programa más eficiente, al mismo tiempo que se está integrando y optimizando un nuevo paquete de síntesis que completa el conjunto. Se ha hecho un esfuerzo importante en resolver problemas de convergencia, evitar la escritura a disco, compartir parámetros físicos entre las rutinas independientes, optimizar el uso de memoria e incorporar nuevos modelos físicos, principalmente.

En las actividades asociadas al futuro telescopio EST, por una parte, se ha seguido trabajando en la adaptación del software de Polarímetros, en funcionamiento en el espectrógrafo del telescopio GREGOR, para utilizar varias cámaras en paralelo y procesar, acumular y guardar las imágenes. Y, por otra parte, en el prototipo del sistema de óptica adaptativa multiconjugada, MCAO, para EST, se ha trabajado en la adaptación y uso del paquete de control DARC, también utilizado en GTCAO-LGS, para el control en tiempo real del bucle de control que lee las cámaras y comanda el espejo deformable. Se recibieron nuevos equipos y hubo varios problemas relacionados con la actualización de los sistemas operativos y drivers.

En el proyecto reciente de desarrollo del nuevo sistema de control para los telescopios nocturnos (TTNN), este año se ha terminado el diseño de la electrónica y se han realizado las solicitudes de compras principales de la electrónica, *portservers* y del PC servidor. Las principales actividades en software han consistido en definir los requerimientos, elaborar y terminar el diseño de la arquitectura del software y en realizar pruebas de concepto de la mayoría de las tecnologías a utilizar durante el desarrollo, con el objetivo de dar solidez a la propuesta técnica.

A finales de año se inició un nuevo proyecto de software consistente en actualizar el sistema de control del instrumento CAMELOT2 que se encuentra operativo en el telescopio IAC-80. Se trata de retomar el sistema existente que controla la cámara, coordina al telescopio y procesa las imágenes, para dotarle de nuevas funcionalidades y corregir algunos errores.

Al margen de los proyectos, el personal del departamento también ha dado apoyo al equipo de Mantenimiento Instrumental cuando ha sido requerido y ha colaborado en actividades transversales como participar en tribunales de selección, el Comité de Empresa, el Comité de Seguridad y Salud, la Comisión de Igualdad, entre otros.

DEPARTAMENTO DE PROYECTOS

El Departamento de Proyectos concentra su actividad en la gestión de proyectos y en la ingeniería de sistemas de los proyectos instrumentales del IAC. A pesar de la pandemia, el confinamiento y las restricciones, a lo largo de 2020 el departamento ha conseguido mantener su actividad, reduciendo en la medida de lo posible el impacto y el retraso en los proyectos. El departamento ha dedicado más del 90% del tiempo a los proyectos, el resto está ocupado por actividades de gestión general del Área y del IAC, y actividades de formación.

A lo largo de 2020 el proyecto al que el departamento ha dedicado más recursos ha sido el EST, al igual que en 2019, manteniendo el 23% del tiempo total dedicado a proyectos. Sigue habiendo dos ingenieros del departamento con dedicación completa al EST y sus estudios tecnológicos. El proyecto GTCAO-LGS se mantiene como el segundo proyecto con mayor porcentaje de dedicación, con un 20% del tiempo dedicado a proyectos; al igual que el EST, cuenta con dos ingenieros del departamento asignados al proyecto. No obstante, GTCAO-LGS sigue siendo el proyecto de mayor prioridad en el Área de Instrumentación. Los otros proyectos que han tenido prácticamente un gestor asignado a tiempo completo durante 2020 han sido QUIJOTE, GROUND BIRD LS-PE-STRIP, HARMONI, WEAVE y HARPS3, con una dedicación entre el 12% y el 8% del tiempo dedicado a proyectos del departamento.

La gestión de los instrumentos de GTC, básicamente GTCAO-LGS y una dedicación marginal a FRIDA, se queda en el 20% del tiempo dedicado a proyectos. El porcentaje de tiempo dedicado a instrumentos para telescopios de la ESO (La Silla, VLT y ELT), correspondiente a los proyectos ESPRESSO, HARMONI y NIRPS, disminuye levemente hasta el 12%.

La dedicación a instrumentación de microondas, incluyendo el programa QUIJOTE, su batería de instrumentos y los nuevos instrumentos GROUND-BIRD y LSPE-STRIP, disminuye levemente hasta un 22%, pero se mantiene por encima de la dedicación a instrumentos de GTC. La dedicación al EST, tanto a los desarrollos tecnológicos en óptica adaptativa y espectropolarimetría, como a la oficina de proyecto del telescopio, es del 23%, también por encima de la dedicación a instrumentación para GTC.

La dedicación a los proyectos de espacio ha aumentado al 7%, centrada fundamentalmente en las actividades del telescopio OGS de la ESA en el Observatorio del Teide, a la instalación del nuevo Laser Ranging Station, y a los estudios relacionados con comunicaciones ópticas en el espacio.

La dedicación a instrumentación para los telescopios del ING en el ORM aumenta de nuevo, hasta un 15%, por la dedicación a WEAVE y HARPS3. Es de esperar que disminuya drásticamente el próximo año, tras la entrega de WEAVE al WHT.

COMISIÓN DE INSTRUMENTACIÓN

La Comisión de Instrumentación es un comité consultivo y de asesoramiento para la Coordinación del Área de Instrumentación y su Coordinador en relación a cualquier tema relacionado con el desarrollo de instrumentación astronómica en el IAC. Desde su puesta en marcha en junio de 2014, la Comisión de Instrumentación se ha reunido periódicamente para ver la evolución de los proyectos en desarrollo y evaluar las propuestas recibidas en el Área para la involucración en nuevos proyectos y/o actuaciones sobre proyectos existentes, en relación al impacto de éstos sobre el resto de proyectos en curso.

Durante 2020 ha habido dos reuniones de la Comisión. En la siguiente tabla se desglosan las fechas y los proyectos que se han analizado.

Edición	Proyectos analizados
DICIEMBRE	EST (MICAL), QUIJOTE, GROUND-STRIP, HARMONI, WEAVE y TTNN

Este año los miembros de la Comisión han sido: A. López Aguerri, C. Allende Prieto, C. Muñoz-Tuñón, J.A. Rubiño Martín, M. Martínez González, M. Reyes García-Talavera, J. Calvo Tovar y C. Martín Díaz.

FORMACIÓN

A lo largo de 2020 los miembros de la Ingeniería han participado en varias actividades de formación, algunas vinculadas a las tecnologías de los proyectos en los que participan o gestionan, y otras, más generales, relacionadas con prevención de riesgos laborales, principalmente.

Las actividades formativas han sido las siguientes:

Tipo	Denominación	Lugar
Curso	Aspectos generales del SARS-Co-V-2.	Online
Curso	Seguridad y salud en oficinas	Online
Curso	Prevención de incendios y normas de actuación ante emergencias	Online
Curso	Claves para iniciarse en el Teletrabajo	Online
Curso	Cómo gestionar tu tiempo en el Teletrabajo	Online
Curso	Prevención del acoso	Online
Curso	Información de riesgos en trabajos en altura	Online
Curso	Concienciación sobre seguridad de la información	Online
Curso	Básico de igualdad de género en Ciencia e Innovación	Online
Curso	Avanzado de igualdad de género en Ciencia e Innovación	Online
Curso	Manipulación de Nitrógeno Líquido	Online
Curso	Conducción en condiciones adversas	Tenerife
Curso	Gestión del riesgo en proyectos	Online
Curso	SMACK 1: History of the POSIX operating systems and basic linux command-line.	Online
Curso	SMACK 2: POSIX power tools: Command-line tools and shell scripting	Online
Curso	SMACK 3: GNU Astronomy Utilities (Gnaustro)	Online
Curso	SMACK 5: Git version control system basics	Online
Curso	SMACK 6: Intermediate Git	Online
Curso	SMACK 7: Computing at IAC	Online
Curso	Cosmoeducando y descubriendo el Universo	Online
Curso	EPLAN formación en terminales, cables y conectores y wiring	Online
Curso	EPLAN Electric P8 formación básica	Online
Curso	Learn the essentials of VHDL and FPGA development	Online
Curso	LabView Core 1	Online
Curso	Doulos advanced VHDL	Online
Curso	LEYCALC - An online tool to calculate vacuum performance	Online
Curso	Detección de fugas	Online
Curso	Ensayo de vibraciones y simulación de transporte	IACTEC
Curso	Láser tracker de FARO	IAC
Curso	Plataforma de ANSYS	Online
Congreso	SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation 2020	Online
Congreso	PLATO WEEK 10	Online

Algunas de estas actividades de formación han tenido múltiples participantes, otras en cambio han sido individualizadas.

Cabe destacar que la situación de pandemia ha tenido un efecto importante en la realización de cursos y asistencia a congresos o ferias y prácticamente todas las actividades se han realizado online.

La visita tradicional al Observatorio del Teide por parte de los becarios de verano y personas recién incorporadas al Área también fue suspendida este año por motivos de seguridad debido a la pandemia.

En general, las actividades de formación han sido bien valoradas por los asistentes. La estadística total, obtenida a partir de las estadísticas de satisfacción realizadas por el Área de Instrumentación, muestra los siguientes valores:

Aspecto	Valoración media (de 1 a 5)*	Valoración ponderada (de 1 a 5)*
Contenido	3,8	3,2
Duración	4,1	3,7
Profesor	4,4	3,6
Aplicabilidad de los conocimientos	3,9	3,7
Valoración global	3,8	3,2

*1=Deficiente; 5=Excelente

La comparación con los valores obtenidos en 2019 muestra unos resultados en las valoraciones medias un poco peores, entre 0,1 y 0,4 inferiores. No obstante, en la valoración ponderada estas diferencias se incrementan con valores entre 0,2 y 0,9 inferiores. En estas puntuaciones ha podido influir el hecho de que la formación haya sido casi en su totalidad online y, por otro lado, una formación sobre el Covid-19 que fue muy numerosa y por tanto con mucho peso en la valoración ponderada, no fue muy bien valorada. Este año el número de cursos relacionados con la prevención de riesgos, la seguridad y salud o el teletrabajo, han sido bastante más numerosos que en ocasiones anteriores.

La tabla completa con todos los detalles de las actividades de formación, sus valoraciones y los comentarios que algunos asistentes han hecho, se encuentra en la Secretaría del Área donde puede ser consultada para la organización y planificación de futuras actividades formativas.

También se ha seguido con la política de dejar una copia del material formativo en el Archivo Documental para conservar y difundir el conocimiento entre los miembros del Área.

PERSONAL

ALTAS

- Departamento de Óptica. S. Regalado Olivares fue contratada en julio para hacer tareas de desarrollo, diseño, verificación y documentación de instrumentación adecuada para los telescopios solares, y en particular, el desarrollo de unidades de campo integral (IFU) para la observación solar.

- Departamento de Electrónica. En el mes de febrero se incorporó al D. Hernández Expósito, para trabajar en diseños en lógica reconfigurable (FPGA) para el proyecto IMAX.
- Departamento de Mecánica. Se incorporaron en septiembre, P.A. Fuerte Rodríguez para trabajar en el proyecto QUIJOTE, y en octubre, J. Bienes Pérez en el proyecto ARES y A. Zamora Jiménez en el proyecto QUIJOTE. Por otro lado, E.D. González Carretero, también ingeniero del departamento, consiguió un contrato para el proyecto GT-CAO-LGS y renunció al que tenía hasta el momento con QUIJOTE en julio.
- Departamento de Software. Se incorporó en el mes de julio, M. Luis Aznar para trabajar en el proyecto GTCOA-LGS, y en noviembre J.L. Bru Agulló para trabajar en el proyecto CAMELOT2.

Dentro del proceso de estabilización de empleo, este año ocuparon una plaza fija las siguientes personas que estaban con contratos temporales: M.I. Montilla García (Dpto. Óptica), J. Rosich Minguell y J. Marco de la Rosa (Dpto. Software), A. Vega Moreno y Á. Mato Martínez (Dpto. Mecánica), Á. Pérez de Taoro (Dpto. Proyectos), Ó. Tubío Araujo, M.A. Núñez Cagigal y Y. Martín Hernando (Dpto. Electrónica).

BAJAS

- Departamento de Óptica. Este año dejaron el Departamento Á. Pérez García y L. M^a Montoya Martínez. Álvaro trabajó en unidades IFU para observación solar hasta el mes de enero y Luz M. estuvo con el diseño óptico y simulación en el proyecto SOLARNET hasta julio.
- Departamento de Electrónica causó baja en febrero J.V. Gigante Ripoll que estaba participando en el proyecto HARMONI.

EVOLUCIÓN DE LOS CONTRATOS

En el gráfico siguiente (Gráfico V) se muestra la evolución de los contratos de Ingeniería y los becarios desde el año 2010 en unidades de FTE (Equivalente a Dedicación Completa, en inglés). Puede apreciarse el descenso en los contratos de 2010 a 2013, debido a la falta de financiación externa, que empezó a recuperarse en 2014, con la contribución significativa del programa Severo Ochoa y con la financiación del Gobierno de Canarias. En 2020 se aprecia el proceso de estabilización de empleo por el cual a finales de año varias personas contratadas temporalmente pasaron a ser fijas.

Dentro del programa de becas de verano, hemos recibido a seis estudiantes o recién titu-

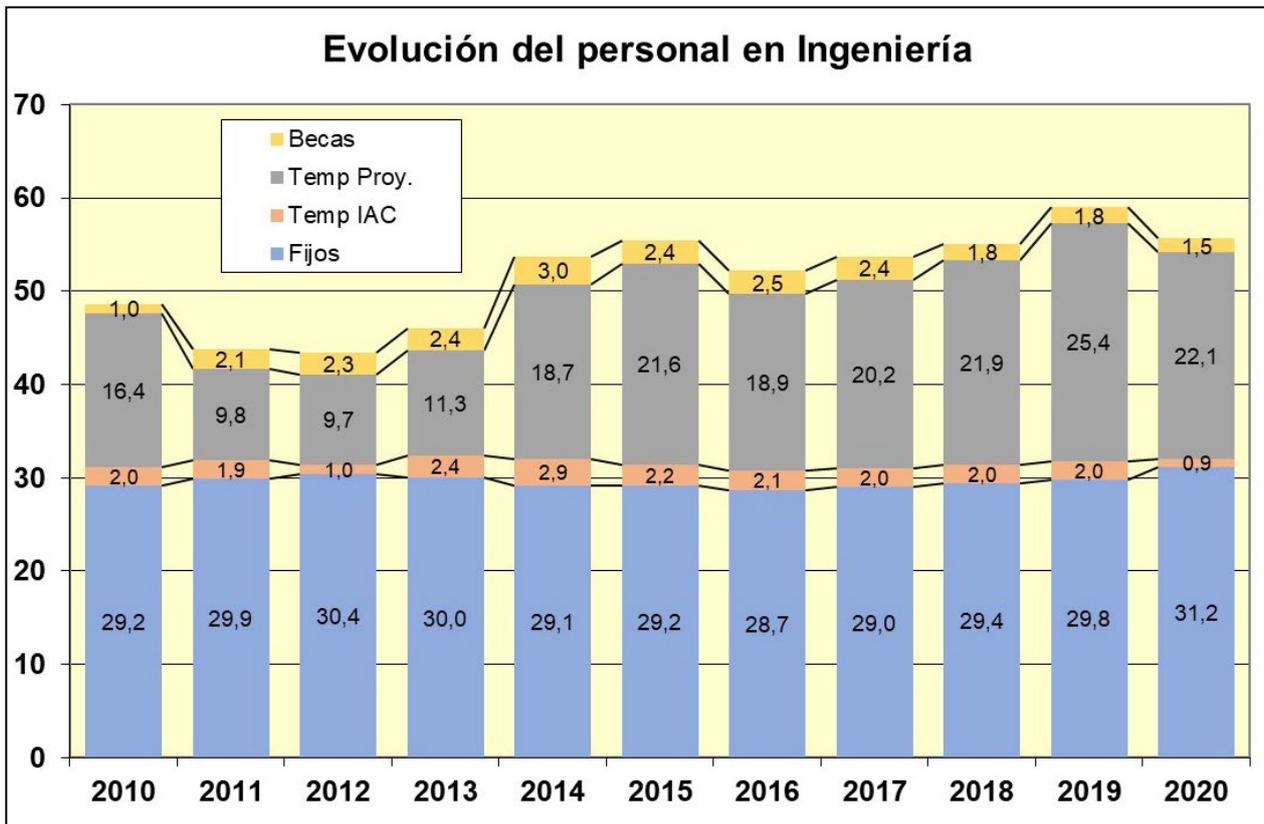


Gráfico V

lados de diversas especialidades técnicas que también quedan reflejados en el gráfico anterior.

ESTADÍSTICAS DE GÉNERO

La proporción entre hombres y mujeres en los departamentos de Ingeniería a finales de 2020 puede verse en el siguiente gráfico (Gráfico VI) (porcentajes y valores absolutos).

Aunque es un porcentaje que cambia ligera-

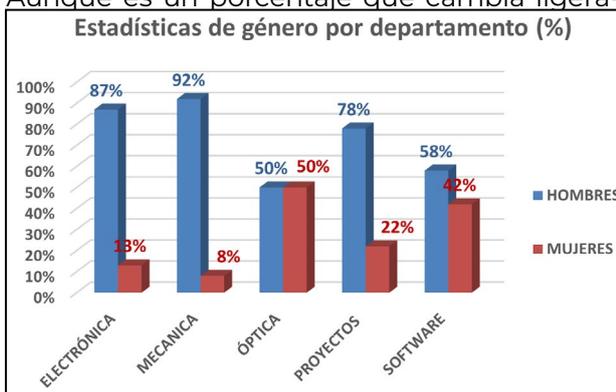


Gráfico VI

mente año a año, principalmente debido a la rotación de personal temporal, vemos que los valores son bastante dispares entre departamentos. En los departamentos de Electrónica y Mecánica hay proporcionalmente menos mujeres que en Proyectos, y especialmente que, en Software u Óptica, donde están en

paridad. En el conjunto de toda la Ingeniería la proporción de género es de 26% mujeres frente a 74% hombres, valores idénticos a los del año pasado y todavía lejos de la igualdad. Estos valores son un poco inferiores a los globales de todo el personal del IAC (31% mujeres, 69% hombres).

En cuanto al tipo de contrato, vemos que, exceptuando a los jefes de departamento, que

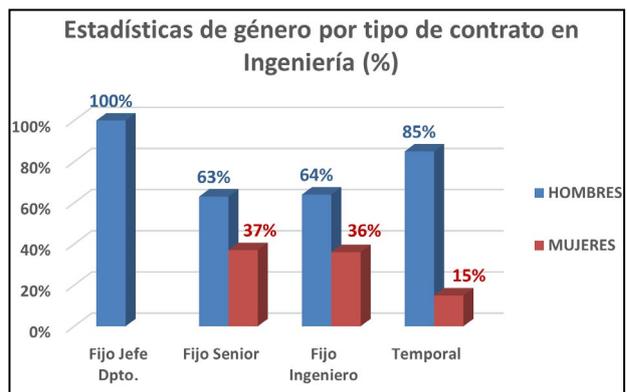


Gráfico VII

son todos hombres, la proporción de mujeres es del 37% para el personal senior, del 36% para el personal contratado fijo, y del 15% para el temporal.

BECARIOS Y ESTUDIANTES

Este año al igual que otros se ha dado la oportunidad a varios estudiantes o recién licenciados de disfrutar de una beca para la realización de un estudio o trabajo en el Área de Instrumentación que, en algunos casos, ha servido para la realización posterior del proyecto Fin de Carrera.

BECAS DE VERANO

El IAC organiza todos los años un Programa de Becas de Verano de iniciación a la investigación astrofísica y el desarrollo tecnológico. El Área de Instrumentación acoge a los becarios del programa de desarrollo de tecnológico que tiene lugar en el periodo de julio a octubre con una duración de 3 meses. En 2020 hubo 9 becas en Desarrollo Tecnológico, 7 de ellas directamente asociadas a Ingeniería y 2 en relación a proyectos de IACTec.

Este año se admitieron 25 solicitudes para las becas (19 hombres, 6 mujeres). De las 9 concedidas, 6 lo fueron a hombres y 3 a mujeres. Por otro lado, 5 de las becas fueron para residentes en Canarias y 4 en la Península.

- P. Sola de la Serna (Estudiante de Máster Tecnologías Ópticas y de la Imagen de la Universidad Complutense de Madrid-UCM).

Aprovechó la beca de verano en el Departamento de Óptica para realizar su trabajo Fin de Máster titulado "Diseño de la óptica de transferencia del Telescopio Solar Europeo (EST) mediante dobletes acromáticos". J. Sánchez-Capuchino Revuelta, ingeniero del Departamento de Óptica fue su tutor.

- J. González Pardo (Estudiante de Máster Tecnologías Ópticas y de la Imagen de la Universidad Complutense de Madrid - UCM).

Aprovechó la beca de verano en el Departamento de Óptica para realizar su trabajo Fin de Máster titulado "Análisis de comportamiento de fibras ópticas para su uso en espectrógrafos astronómicos" donde analizó el comportamiento de las fibras ópticas en ambientes criogénicos. F. Gracia Temich y J.L. Rasilla Piñeiro del Departamento de Óptica, fueron sus tutores.

- J. Bedoya Rincón (Estudiante de Máster en Automática y Robótica en la Universidad Politécnica de Madrid).

Realizó su beca de verano en el Departamento de Electrónica bajo el título "Diseño y simulación con tecnología microelectrónica de una

interfaz para ser usada en polarimetría", dentro del proyecto Equipamiento Microelectrónica IAC (EMIAC). Su trabajo consistió en entender las diferentes alternativas que existen actualmente para las interfaces utilizadas en polarimetría y los problemas asociados. Implementó y simuló el sistema con la arquitectura propuesta utilizando LTSpice y Vivado, y, además, estudió y simuló diferentes modelos de fotodiodos. Sus tutores fueron H. García Vázquez, L.F. Rodríguez Ramos y J.J. Díaz García del Departamento de Electrónica.

- G. Muñoz Sánchez (Graduado en Física de la Universidad Autónoma de Madrid).

Realizó su beca de verano en el Departamento de Electrónica, sobre "Pruebas de la electrónica de control de HARMONI", dentro del proyecto de desarrollo del instrumento HARMONI para el telescopio E-ELT. Sus tareas consistieron en desarrollar un ensayo de vibraciones para los armarios de control del instrumento y un banco de pruebas con autómatas de Beckhoff en TwinCat 3.1 para el prototipo de la rueda de máscaras de HARMONI, en el que llevo a cabo un ensayo de repetitividad y verificación de funcionalidad. Sus tutores fueron: L.F. Rodríguez Ramos, Y. Martín Hernando y J.M. Delgado Hernández del Departamento de Electrónica.

- A. Sánchez Pla (Graduado en Ingeniería Electrónica de Telecomunicaciones por la Univ. de Valencia).

Realizó su beca de verano en el proyecto PILARES bajo el título: "Adquisición y procesado de varios tipos de Sensor de Frente de Ondas y actualización del software de control de un espejo deformable", donde generó un entorno gráfico de control de los procesos de sensado y graficado del frente de onda y procesó los datos de adquisición para generar los diferenciales de deformación del frente de onda y los coeficientes de Zernique de ajuste. A. Osoz Abad, gestor del proyecto, y R. López López y E. Soria Hernández del Departamento de Óptica fueron sus tutores.

- A.M. Godoy Orozco (Graduada en Matemáticas por la ULL).

Realizó su beca de verano en el proyecto GTCAO-LGS, bajo el título: "Desarrollo y mejoras de interfaces de usuario de ingeniería y scripts de test para GTCAO-LGS". Durante su estancia estudió los conceptos básicos de la óptica adaptativa, la utilización de simuladores software del instrumento GTCAO basados en DASP y DARC, y elaboró los interfaces gráficos

de usuario (GUI) en Python con funcionalidades básicas y con representación de múltiples imágenes y gráficas simultáneamente, utilizando para ello PyCharm, PyQt5 y Qt Designer. J. Marco de la Rosa y O. Tubío Araujo, ingenieros de los departamentos de Software y Electrónica, respectivamente, fueron sus tutores.

- M.Á. Rapado Tamarit (Graduado en Ingeniería Aeroespacial por la UPM)

Realizó su beca de verano colaborando en el proyecto DALI(PoP) en las "Tareas de diseño mecánico y criogenia para un instrumento prototipo de detección de materia oscura". En concreto, durante su estancia hizo el diseño mecánico de un resonador Fabry-Pérot, la opto-mecánica del detector, cálculos térmicos, diseño (+fabricación) y el montaje de un prototipo de prueba de concepto. J. de Miguel Hernández, investigador y E. Hernández Suárez, ingeniero del Departamento de Mecánica, fueron sus tutores.

Dentro del mismo programa de becas de verano de Desarrollo Tecnológico en el IAC, pero asociado IACTEC, también fue becado M. Castro Caraballo, graduado en Ingeniería Informática por la ULL, que colaboró en el proyecto PINRELL (Prototype of Infrared analysis of Lower Limbs) en la "Implementación de sensor multicanal (hiper-espectral) con procesamiento basado en *machine learning*". J.C. Ruiz y S. González, ingenieros de IACTEC, fueron sus tutores. También asociado a IACTEC, S. Ferrera de Diego, graduado en Ingeniería Informática por la ULL, colaboró en la puesta en marcha de un entorno colaborativo de cálculo y simulación, pero renunció anticipadamente a su beca. M.A. Torres y J.J. Fernández, ingenieros de IACTEC, fueron sus tutores.

ESTUDIANTES DE DOCTORADO

Este año, cuatro estudiantes de doctorado han realizado o están realizando su tesis doctoral en el Área de Instrumentación. Son estudiantes del programa de Residentes del IAC o del programa de Formación de Personal Investigador.

- P. Sola La Serna (Graduada en Ciencias Físicas en la ULL y máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen por la UCM).

Desde el mes de octubre de 2020 está realizando su tesis doctoral en el Departamento de Óptica. El objetivo es obtener conocimientos científicos y técnicos de los procesos adecuados de diseño y fabricación de dobletes acromáticos de forma libre (*freeform*). Esta

tesis se desarrolla en el ámbito del proyecto EST y persigue la mejora del comportamiento óptico en términos de eficiencia, equilibrio de aberraciones y presupuesto de errores. Los principales temas abordados son las técnicas y procedimientos de diseño óptico de *freeform*, modelado numérico de procesos para lentes y dobletes *freeform*, técnicas de fabricación y equipos vinculados, evaluación, pruebas e integración de dichas lentes y dobletes. Esta tesis está dirigida por J. Sánchez Capuchino Revuelta, ingeniero del Departamento de Óptica.

- P. Alonso Arias (Residente del IAC e ingeniera de Telecomunicación por la Univ. de Oviedo).

Completó su segundo año de tesis en octubre de 2020. El trabajo de Paz ha incluido el diseño óptico del TMS, una caracterización del espectrómetro para una simulación escrito en Python y terminar el diseño de la carga fría a 4K. El diseño óptico consiste en un conjunto de espejos (gregoriano) optimizado con el software GRASP para obtener una respuesta mínima en polarización cruzada. Además, el conjunto incorpora el TMS dentro de su criostato y cabe en el espacio permitido por el entorno del telescopio. La caracterización del espectrómetro da la respuesta radiométrica y matemática del TMS ideal, por lo que más adelante se añadirán los elementos no-ideales para ver qué efectos podemos esperar. R. Hoyland, ingeniero del Departamento de Electrónica, es el director de este trabajo junto con el Co-director J.A. Rubiño Martín.

- J. de Miguel Hernández (Máster en Astrofísica por la ULL y estudiante FPI del IAC).

Terminó su tesis en marzo de 2020. Su trabajo ha involucrado el diseño, construcción y medida de una bocina de meta-materiales en microondas con características de banda octava (2:1) manteniendo características como ganancia, lóbulos laterales y polarización cruzada sobre toda la banda. Su trabajo ha incluido una estancia de un mes y medio en la U. de Milán, Italia, al objeto de realizar las medidas. La bocina ha sido un éxito en cuanto ha mostrado características muy similares a las simulaciones realizadas y se utilizara en el experimento TMS junto con otra bocina idéntica. R. Hoyland, ingeniero del Departamento de Electrónica, es el director de este trabajo.

- E. Soria Hernández (Graduada en Ingeniería Óptica por la Univ. de Zaragoza y Máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen por la UCM).

Desde el mes de agosto de 2019 está realizando su tesis doctoral en el Departamento de Óptica diseñando, calculando y desarrollando un sistema de óptica adaptativa compacto y modular, mediante el cual podemos determinar el tipo de sensor de frente de onda (SH, TP3, Pirámide) más adecuado según las condiciones atmosféricas, el telescopio en que se usa o el instrumento y proyecto científico con que se utilice (fotometría, espectroscopía, etc.). R. López López, ingeniero del Departamento de Óptica, es el director de este trabajo.

PRÁCTICAS DE GRADO

- S. Sartore Oliver (Estudiante de grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática en la ULL).

Realizó sus prácticas externas en el Departamento de Electrónica donde llevó a cabo la puesta en funcionamiento de un sistema de detección de luz basado en fotodiodos de avalancha (APDs). Para ello, trabajó con dos módulos comerciales de APDs, se realizaron pruebas de caracterización iniciales y se desarrolló un sistema de control basado en Arduino. J. Villa Morales fue su tutor.

- A. Aguiar Álvarez (Estudiante de grado en Física en la ULL).

Realizó sus prácticas externas en el Departamento de Electrónica. Durante las prácticas tuvo que adaptar las actividades para poder desarrollarlas remotamente debido a la pandemia y consistieron en la caracterización de una cámara CMOS partiendo de datos previamente adquiridos en el laboratorio LISA. Se procesaron y analizaron los datos obteniendo los principales parámetros característicos de este tipo de cámaras, como son la ganancia o factor de conversión, la corriente de oscuridad, la linealidad y la eficiencia cuántica. Para ello se desarrollaron códigos propios de Python apoyados en otros códigos disponibles. J. Villa Morales fue su tutor.

- V. Tejera Santos (Estudiante del grado de Ingeniería Industrial de la ULL).

Realizó sus prácticas externas en el Departamento de Electrónica donde llevó a cabo un banco de pruebas con autómatas de Beckhoff en TwinCat 3.1 para la verificación y ensayo de la sincronización con un reloj maestro de señales de disparo para las cámaras del instrumento HARMONI para el E-ELT, usando el estándar de sincronización de relojes IEEE 1588 y una estación GPS. J.M. Delgado Hernández y L.F. Rodríguez Ramos fueron sus tutores.

rangos visible e infrarrojo, supervisado por J.J. Díaz y J. Villa de dicho Departamento.

TRABAJOS FIN DE GRADO

Este año no ha habido dirección de trabajos de fin de Grado en el Área de Instrumentación.

TRABAJOS FIN DE MÁSTER

P. Sola La Serna y J. González Pardo becarios de verano en el Departamento de Óptica, aprovecharon su proyecto de beca para realizar el trabajo fin de máster en Tecnologías Ópticas y de la Imagen por la UCM. J. Sánchez-Capuchino Revuelta, ingeniero del Departamento de Óptica, junto con T. Belenguer de la UCM, fueron los tutores del trabajo de Paula, y F. Gracia Temich y J.L. Rasilla Piñeiro, del Departamento de Óptica y A. Álvarez Herrero de la UCM fueron los tutores del trabajo de Javier.

PRÁCTICAS FCT

Debido a la pandemia, este año no hubo estancias de estudiantes del Ciclos Formativos de Grado Superior en el Área de Instrumentación.

SEMINARIOS TECNOLÓGICOS

Siguiendo con la iniciativa creada en 2015 con el fin de incrementar la comunicación dentro del Área e intentar acercar el trabajo de cada uno al resto de compañeros, este año se han impartido 10 seminarios tecnológicos. Este número es aproximadamente la mitad que el del año pasado, motivado fundamentalmente por la pandemia que provocó un parón en las actividades grupales que finalmente se retomaron en noviembre, pero, en este caso, de forma telemática.

Los seminarios tuvieron una duración de media hora, aproximadamente, y este año han entrado a formar parte de los seminarios del IAC que son abiertos, no solo al personal del Área y del resto del IAC, sino que se emiten por el canal de YouTube del IAC y son parte del archivo de charlas del IAC.

Los ponentes han sido en su gran mayoría miembros de los distintos departamentos y las charlas, algunas más formales y otras más distendidas, han sido un éxito. Esta es la relación de las charlas.

Fecha	Título	Ponente
10/01/2020	GroundBIRD — Observation of CMB polarization with wide-sky survey and fast rotation scanning	Shunsuke Honda (U. Kyoto)
31/01/2020	Monitorización 24/7 - Gestión de alarmas de EMIR	Heidy Moreno
07/02/2020	Fabricación Aditiva (I): Visión general, tecnologías disponibles y problemática asociada	Fabio Tenegi
14/02/2020	Fabricación aditiva (II): Fabricación de espejos metálicos refrigerados	Fabio Tenegi
18/02/2020	Design of the control system of the Four Laser Guide Star Facility of VLT	Ivan Guidolin y Mauro Comin (ESO)
21/02/2020	Progress on solar multi-conjugate adaptive optics in China	Lanqiang Zhang
06/11/2020	The use of the inhomogeneities of the Sodium layer for measuring the atmospheric turbulence, including tip-tilt!	Luis F. Rodríguez
20/11/2020	Proyectos de ejecución en la administración. Ineficiencias del sistema	Víctor González
04/12/2020	EST. Estado de la ingeniería	Miguel Núñez
11/12/2020	Software de control de HORuS. Apuntado de un objeto.	Mª Francisca Gómez

VISITAS AL ÁREA

Cada año se muestran las instalaciones del Área de Instrumentación a numerosas personas y grupos de procedencias muy distintas. Algunas de estas visitas son parte de una visita más general al IAC y otras son exclusivamente a Área. Este año 2020, debido a la pandemia, las visitas se suspendieron en el mes de marzo, por lo que su número fue escaso. En la siguiente tabla se muestra la relación de las mismas.

30/01/2020	Grupo de 25 alumnos de bachillerato del IES Los Cardones de San Isidro, Granadilla de Abona
07/02/2020	Grupo de 5 personas de la Corporación Municipal de la Villa de Tegueste
13/07/2020	El Embajador de Japón en España, D. Hiramatsu Kenji y Sra., D. Yoshihiro Miwa, Cónsul de Japón en Las Palmas de Gran Canaria, D. Masahiro Aoki, Secretario de la Embajada y D. Josep Piqué Camps, Presidente de la Fundación Consejo España Japón y Doña Gloria Lomana.
20/02/2020	Grupo de 12 personas del IES Virgen de la Candelaria
27/02/2020	Grupo de 40 alumnos del Colegio Salesiano San Juan Bosco, La Cuesta, San Cristóbal de La Laguna
03/03/2020	D. Juan Carlos González Ramos, Magistrado, Sección 5ª Audiencia Provincial S/C Tenerife
06/03/2020	Grupo de 12 personas del Colegio Luther King, San Cristóbal de La Laguna

En el acompañamiento de estas visitas ha participado el personal de la UC3 y el Coordinador de Instrumentación.

H2020 – A2IM – PAQUETE DE TRABAJO 5.1.3 “ESPEJOS REFRIGERADOS”.

- H2020 – ADDITIVE ASTRONOMY INTEGRATED - COMPONENT MANUFACTURING (A²IM)

J. Calvo Tovar.

F. Tenegi, A. Sosa y A. Vega.

INTRODUCCIÓN

Los instrumentos astronómicos son cada vez más grandes a medida que tratamos de resolver los últimos interrogantes científicos. Asociado con el problema del tamaño está la complejidad de muchos de los subsistemas dentro de estos instrumentos. Los subsistemas pueden estar compuestos de cientos de piezas complejas, a menudo con interfaces críticas entre los distintos materiales, especialmente cuando el sistema requiere refrigeración, como ocurre inevitablemente en el caso de los instrumentos de última generación. Existe la oportunidad de adaptar nuevas técnicas de fabricación para hacer que las estructuras sean mucho más independientes, y más fáciles de ensamblar y alinear, lo que tiene como resultado un mejor funcionamiento y, potencialmente, instrumentos más compactos y de mayor fiabilidad. La tendencia de los instrumentos científicos a gran escala requiere en general cientos de piezas similares ensambladas con precisión, de ahí la necesidad de utilizar las técnicas industriales más modernas de fabricación y ensamblaje, o más bien la fabricación directa para reducir la tediosa tarea de ensamblaje con una referencia precisa. Estos nuevos métodos deben caracterizarse y evaluarse en el entorno habitual, es decir, en condiciones de vacío y a temperaturas criogénicas. La fabricación aditiva (AM, también conocida como “impresión en 3D”) sigue evolucionando a una gran velocidad, ya que el proceso es muy atractivo tanto para el sector comercial como para el de la investigación. El enfoque dominante para la fabricación de estructuras metálicas complejas utilizando AM es, sin duda, en áreas como el suministro de estructuras ligeras para el sector aeroespacial. Sin embargo, se está reconociendo que AM tiene aplicaciones en muchas áreas de la ciencia y la industria. Además, las técnicas de fabricación mejorada por láser (LEM) no sólo proporcionan un corte y una soldadura de alta precisión, sino que también pueden adaptar-

se para proporcionar componentes ópticos integrados, recubrimientos para superficies (por ejemplo, de lentes), metalizado, etc. La combinación de ambas técnicas relacionadas ofrecerá la perspectiva de una rápida creación de prototipos de dispositivos, lo que facilitará unos plazos de desarrollo más rápidos a bajo coste. Este paquete de trabajo general, enmarcado dentro del H2020 propone una iniciativa coordinada entre varias instituciones de la Comunidad Europea para desarrollar y evaluar nuevas técnicas de fabricación para aplicaciones en la instrumentación astronómica.

HITOS

Meeting de Budapest (20-22 de mayo): Cierre de la fase 1 y lanzamiento de la fase 2.

Curso MIT (15-19 de julio). Asistencia al curso específico “Additive Manufacturing: From 3D Printing to the Factory Floor”.

Beca de verano (agosto-octubre): “Generalización de las equivalencias entre modelos analíticos y por elementos finitos para espejos aligerados de diferentes tipologías y materiales (estructural y térmico), en el marco de la obtención de espejos refrigerados empleando la Fabricación Aditiva (H2020)”.

Meeting de Tenerife (19-21 de noviembre): Presentación del estado y los avances en la fase 2 de cada uno de los paquetes de trabajo.

EVOLUCIÓN DEL PROYECTO

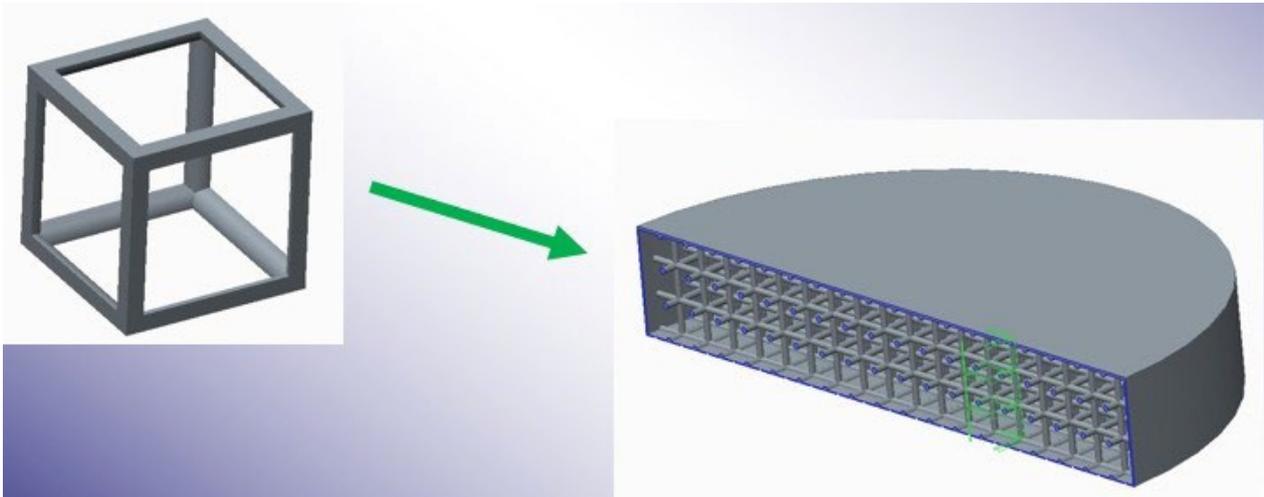
Las actividades del IAC se engloban dentro del paquete de trabajo 5.1.3 de Espejos Refrigerados. Una vez identificadas las tecnologías, materiales y topologías más prometedoras en la fase anterior, el 2019 se ha centrado en optimizar los parámetros de diseño de las probetas de espejos, así como el desarrollo de un método de modelado (método del continuo equivalente) a fin de facilitar el trabajo y las decisiones de diseño sobre los sistemas/subsistemas/estructuras que requieran un aligerado. En este caso particular, de vital importancia para los espejos para aplicaciones en Instrumentación Astrofísica, tanto por las mejoras estructurales como las térmicas (posibilidad de integrar el sistema de refrigeración).

Aparte de las tareas intrínsecas a la gestión de un paquete de trabajo formado por un consorcio de varias instituciones, las propias y específicas de mecánica han sido las siguientes:

- Toma de decisiones en cuanto a diversos aspectos. Tecnologías: SLM, EBM y estéreo-litografía (SLA). Materiales: Al339, TiAl6V4, Si-Sic y Alúmina. Topologías: honeycomb

triangular, lattice cúbico y lattice diamante (para la primera tanda). Post-procesos: mecanizado (cota final, grinding), tratamiento térmico (recocido sub-crítico, HIP, temple), recubrimiento (Ni-P electrolítico, Alumiplate) y mecanizado superficial (SPDT, pulido).

- Generación de documentación (base de datos) de reglas y guías de diseño orientadas a la fabricación aditiva (DfAM – Design for Additive Manufacture) en base a la información recopilada mediante la búsqueda exhaustiva en papers específicos, ensayos, publicaciones, normas, recomendaciones de fabricantes, etc. La guía ha sido generada centrándose en las tecnologías, materiales, topologías y post-procesos expuestos en el punto anterior.
- Parámetros canónicos para diferentes topologías de espejos. Obtención de parámetros óptimos para un espejo (espesores de cara frontal, cara trasera, laterales, ribs, tamaño de orificios posteriores, etc.) para un primer pre-dimensionado y verificación/búsqueda de valores universales dependiendo del material, las condiciones de contorno, etc. También será de gran utilidad la obtención del porcentaje de error que se puede estar cometiendo bajo esta aproximación, y establecer si son necesarios factores correctores, o se pueden encontrar otros factores que faciliten la optimización.
- Generalización del cálculo analítico de espejos planos apoyándose en MEF. Generalización de las fórmulas dadas por Nelson et al. para la obtención de la deformación bajo peso propio (en rms) considerando diferentes condiciones de contorno. Incluye la obtención de factores correctores y ajustes de ecuaciones en función, al menos, del espesor del espejo. Comprobación de la formulación para la obtención de espesores equivalentes de diversas configuraciones de espejos aligerados (honeycomb, lattice, etc.) a fin de poder realizar estudios comparativos de las constantes de tiempo de los espejos.
- Modelos sólidos equivalentes de estructuras tipo lattice, abovedadas, obtenidas mediante operaciones Booleanas, etc. Búsqueda de características mecánicas equivalentes de una celda unitaria (isótropa o anisótropa). Cualificar/verificar el método, así como obtención de factores correctores o expresiones de ajuste y error cometido para diversas configuraciones, espesores de celda, materiales, condiciones de contorno, etc.
- Adaptación de los parámetros de los espejos a valores fabricables en base al “feedback” recibido por la Universidad de Sheffield (realización de probetas variando los parámetros de conformación a fin de obtener las mejores prestaciones en cuanto a densidad, acabado superficial, menores tensiones residuales, etc).



Ejemplo de aligerado de espejo circular plano mediante estructuras celulares, en este caso particular una lattice cúbica con perfil circular.

PRODUCCIÓN

Componen Producción el Taller de Mecánica, el Gabinete de Delineación Técnica y el SIE de Instrumentación. No obstante, por operatividad, continuamos incluyendo el Taller de Electrónica dentro de esta Memoria. Recordemos que desde noviembre de 2016 el Jefe de Producción asumió las funciones de Jefe del Departamento de Mecánica y a raíz de esto el Taller de Electrónica pasó a depender del Departamento de Electrónica.

El SIE de Instrumentación, debido tipo de actividad que desarrolla, no entra en el sistema de solicitudes de trabajo y facturación.

En 2020 se tramitaron 263 solicitudes de trabajo, un 56,68% menos que el año 2019, la razón de esta disminución fue debida al estado de alarma decretado para prevenir la COVID19. De estas solicitudes 61 fueron para el Gabinete de Delineación, 176 para el Taller de Mecánica y 26 para el Taller de Electrónica. 13 fueron canceladas por los peticionarios (3 en el Gabinete de Delineación, 4 en el Taller de Mecánica y 6 en el Taller de Electrónica). Hubo 8 rechazadas por el Taller de Mecánica, bien por no corresponderle el tipo de trabajo solicitado o bien por falta de información o documentación para poder ejecutarla.

Las horas invertidas para realizar estos trabajos fueron 13.569,90 h.

En el siguiente gráfico (Gráfico VIII) podemos ver los porcentajes de dedicación de horas a los distintos proyectos:

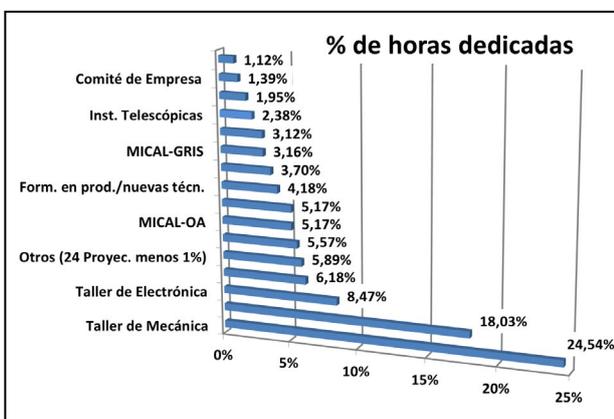


Gráfico VIII

A continuación se detalla la dedicación de cada uno de los talleres y servicios que componen Producción.

TALLER DE MECÁNICA

MEJORAS EN INFRAESTRUCTURA

Continuando con las acciones a realizar a raíz de los resultados de la auditoría de seguridad realizada por parte de la empresa Caracena Consultoría y Formación S.L., se solicitó a una empresa especializada en plantas de anodizado un proyecto para sustituir la actual y conocer la inversión que habría que hacer para instalar una nueva planta de anodizado en el IAC. Una vez definido el proceso idóneo para los trabajos que aquí se realizan, se encargaron unas probetas para ver el resultado final. El resultado fue satisfactorio. A finales de año comenzamos a mover lo necesario para iniciar el proyecto de remodelación de la sala donde está la actual planta de anodizado. Dado que entre otras características de la nueva planta está el aumentar las dimensiones de las piezas a anodizar, su peso con las cubas llenas de líquido aumentará de forma considerable, lo primero que se hará será encargar un estudio del peso que aguanta la actual construcción (recordemos que la planta está en un piso alto, encima de la zona dedicada a soldadura). A raíz del resultado se encargará el proyecto para remodelar esta parte alta acorde a la infraestructura que necesita una instalación de este tipo y paralelamente, todo para el 2021, se sacará la licitación de la nueva planta de anodizado.

Este año se adquirió una nueva máquina de CNC de 5 ejes que permitirá fabricar con mayor rapidez y precisión. Toda la instalación supuso mucho trabajo ya que había que quitar la máquina de 4 ejes instalada el año anterior sobre la bancada del torno de CNC QT15, quitar esta bancada y fabricar una nueva. Por otro lado, el espacio por donde tenía que pasar la máquina estaba muy ajustado. Al final todo se llevó a cabo según lo previsto y la máquina comenzó a producir a finales de año.

Respecto a útiles para las máquinas, se compraron nuevas mordazas que permitirán completar el equipamiento necesario para afrontar la fabri-

cación de piezas con mayor eficiencia. También se adquirieron elementos de granito que permitirán verificar la precisión de las máquinas.

Las máquinas de medir por tres Mitutoyo: F801 y CRYSTA-Apex S776 se revisaron y calibraron. Para esta última se adquirió un cabezal de mayor precisión y capacidad de medida.

Tal y como estaba previsto, el almacén-contenedor de productos químicos llegó y se instaló en la parte exterior del Taller de Mecánica, al lado del almacén-garaje que se construyó en la plataforma exterior del mencionado Taller.

ACTIVIDAD

Se facturaron 8.829,9 h. El mayor porcentaje de estas horas (37,7%) se dedicaron al propio Taller de Mecánica. Este alto porcentaje de dedicación de horas al propio Taller fue debido, principalmente, a todas las acciones necesarias llevar a cabo para la instalación de la nueva máquina de 5 ejes. Es importante recordar que salvo puestas apunto realizadas por especialistas de las empresas suministradoras de las máquinas, todo el mantenimiento, tanto preventivo como curativo, es realizado por personal del Taller.

Dentro de este porcentaje, el 2,9% fue dedicado a la fabricación de pantallas para prevenir la COVID19 solicitadas por varias entidades. Le siguieron el proyecto QUIJOTE con un 26,19%, Formación de Producción en nuevas técnicas (4,88%), GTCOA-LGS (3,84%), Operación instalaciones telescópicas, MICAL, etc.

El porcentaje de dedicación de horas podemos verlo en el siguiente gráfico (Gráfico IX):

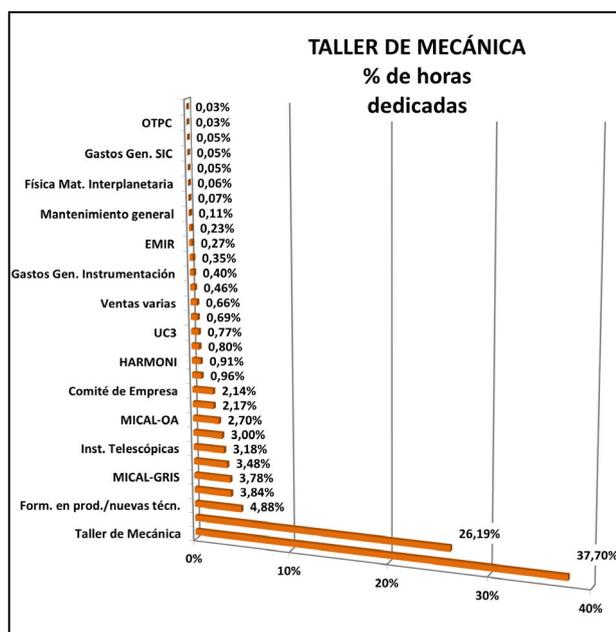


Gráfico IX

El 1 de septiembre A. Ruiz Sabina tuvo que dejar el puesto de Jefe de Taller de Mecánica por terminarse la reserva de plaza del puesto dejado por H. Quintero Arocha, aunque no se incorporara. Recordemos que estaba cubriendo una plaza de interino. Le agradecemos la gran labor que ha realizado en tan poco tiempo y le deseamos lo mejor.

A finales de noviembre recibimos autorización para sacar la plaza fija de este puesto ya que el anterior Jefe de Taller renunció en su día a ella.

Por otro lado, el operario P. González Gómez, aprobó un concurso/oposición de la Administración. Dejó de trabajar temporalmente en el Taller el 23 de noviembre para asistir a la formación del curso selectivo, con motivo de su nombramiento como funcionario en prácticas. Una vez termine esta formación se incorporará a su puesto de trabajo hasta su toma de posesión como funcionario de carrera.

FORMACIÓN

La formación recibida por el personal del Taller de Mecánica fue:

- Asistencia de todo el personal del taller al curso "Aspectos Generales del SARS-CoV-2" (online).
- Asistencia de 2 personas del taller al curso "Programación CNC 8060 / CNC 8065 Fresadora" (online).
- Asistencia de 1 persona del taller al curso "Cómo gestionar tu tiempo en el teletrabajo" (online).
- Asistencia de 2 personas del taller al curso "Competencias Digitales Básicas" (online).
- Asistencia de 1 persona al congreso "Empresa Saludable 5Z: una visión holística de la cultura preventiva" (online).
- Asistencia de 1 persona a la jornada precongresual "Métodos de Evaluación Psicosocial en el Trabajo" (online).
- Asistencia de 1 persona a la jornada precongresual "Seguridad y Salud en Home office" (online).
- Asistencia de 4 personas al curso "Prevención incendios y normas de actuación ante emergencias" (online).
- Asistencia de 6 personas al curso "Seguridad y Salud en Oficinas" (online).
- Asistencia de 1 persona al curso "Usuarios de pantalla de visualización de datos (PVD)" (online).
- Asistencia de 4 personas al curso "Teletrabajo" (online).

- Asistencia de 2 personas al curso “Metal Cutting Technology E-learning” (online).
- Asistencia de 1 persona al curso “Competencias Digitales Avanzadas” (online).
- Asistencia de 5 personas al curso “MAZAK SMOOTH VRX”
- Asistencia de 2 personas al curso “Laser Tracker-FARO”
- Asistencia de 2 personas al curso “Renovación homologación soldadores”

GABINETE DE DELINEACIÓN TÉCNICA

ACTIVIDAD

Durante 2020 el Gabinete de Delineación Técnica dedicó 1.091 h. en atender los trabajos solicitados. Es algo más que el pasado 2019, pero la baja cantidad de horas es ocasionada por haber dispuesto prácticamente solo de una persona. La alta dedicación al propio Gabinete de Delineación fue debido a que en los primeros meses del estado de alarma debido a la COVID19 se aprovechó para realizar tareas en la organización de documentación específica de proyectos dentro y fuera de Windchill.

El Gabinete de Delineación Técnica ha concentrado su actividad en la realización de planos de fabricación, generación de conjunto en 3D y algunos diseños.

En el siguiente gráfico se puede ver la distribución de proyectos y su porcentaje del tiempo invertido

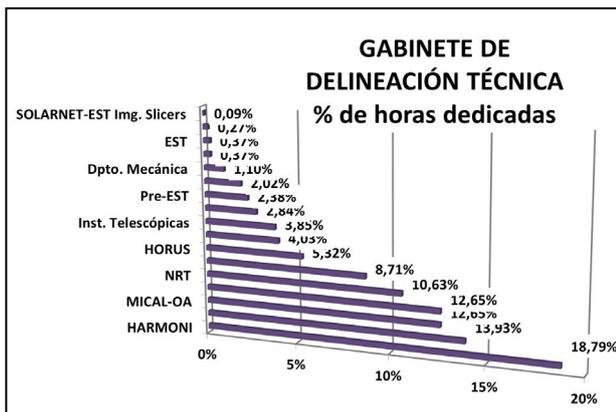


Gráfico X

FORMACIÓN

El personal recibió la siguiente formación:

- Asistencia de 1 persona al curso “Seguridad y Salud en Oficinas” (online).
- Asistencia de 1 persona al curso “Aspectos Generales del SARS-CoV-2” (online).

TALLER DE ELECTRÓNICA

MEJORAS EN INFRAESTRUCTURA

Mejoras de las condiciones de iluminación de los cuatro puestos de trabajos de Montaje Generales, mediante la adquisición de luminarias con sistema de iluminación Led TRESTON NatureLite 1200 Plus, regulables en temperatura de color (2700K- 6500 K) e intensidad lumínica, lo que proporciona a cada puesto de trabajo las condiciones de luz que necesita tanto para trabajos de montaje técnico como los de alta precisión. Con éstas se mejora la calidad del trabajo y el bienestar de los técnicos, mejorando la productividad y la reducción de errores.

Mejora de las prestaciones técnicas de los equipos de Inspección para los puestos de trabajo de Montajes de Electrónica y Microelectrónica, mediante la adquisición de los sistemas de inspección estereoscópico LYNX EVO y de video EVOCAM ECO2502 con estativo multitejes del fabricante Vision ENGINEERING, y el Iluminador de anillo CL-18 (POL 96-LED) y la fuente de luz fría CLD-01-EU (14W LED), ambos del fabricante OPTIKA MICROSCOPES ITALY.

Las prestaciones y capacidades técnicas en los trabajos de Verificaciones y Medidas se han visto mejoradas con la adquisición de los siguientes equipos: dos multímetros CA5293-BT (Metrix-Chauvin Arnoux), Osciloscopio OX9302-BUS y accesorios (Metrix-Chauvin Arnoux), Puente LCR para verificaciones en componentes de SMD ST-5S-BT2 (Ideal-Tek).

La compra de una cizalla-punzonadora para corte de perfiles de carril DIN CP-4M (Alkar) servirá para mejorar las capacidades en los trabajos de mecanizados.

También se adquirió una Cámara Termográfica (Testo 868) que permitirá solucionar posibles problemas en placas o sistemas por inestabilidades térmicas o puntos calientes. Se podrá usar en la gestión de la disipación de calor en equipos y disipadores en la refrigeración de los armarios, así como en el mantenimiento preventivo de los equipos y localización de averías.

Un taladro de percusión METABO SB 18 s/cable y cuatro fuentes de alimentación de laboratorios LABPS23023 (VELLEMAN) fue adquirido con la finalidad de mejorar las capacidades de montaje y verificaciones.

Respecto a Seguridad y Salud, se adquirió una la mesa de montaje 300 ENH (Rittal). Esta mesa permite un trabajo ergonómico a la hora

del montaje de paneles eléctricos y de control que van incorporados en armarios.

ACTIVIDAD

El Taller de Electrónica facturó 3.649 h. de trabajo en 2020. La mayor actividad se concentró en el propio Taller seguido por los proyectos LISA, HARMONI, GTCOA-LGS, MICAL-OA, WEAVE, etc.

El 15 de septiembre, el técnico J.S. Rodríguez Díaz, se incorporó al Taller en la modalidad de contrato laboral de servicio para trabajar en el Proyecto QUIJOTE.

En el siguiente gráfico (Gráfico XI) se puede ver porcentualmente las horas facturadas a los diferentes proyectos:

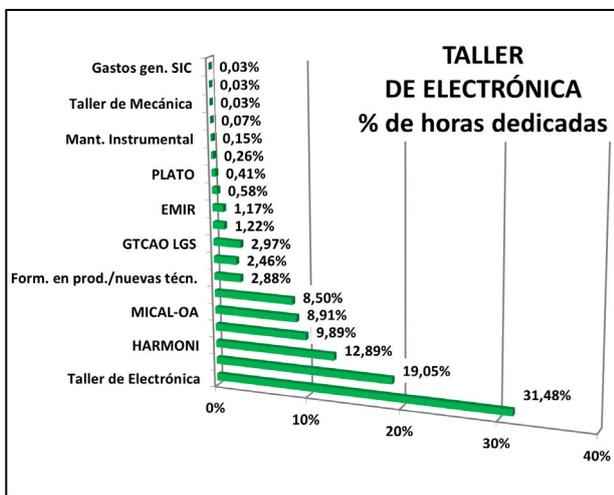


Gráfico XI

FORMACIÓN

La formación recibida por el personal del Taller de Electrónica fue:

- “EPLAN- Conectores y Borneros. Wiring” (35h), impartido por EPLAN España Software & Services S.A., en modalidad teleformación.
- Seguridad y Salud, en modalidad teleformación.
- Aspectos generales del SARS-CoV-2.
- Prevención incendios y normas de actuación ante emergencias.
- Seguridad y Salud en Oficinas.

SIE DE INSTRUMENTACIÓN

El SIE de Instrumentación tiene como objetivo principal instalar, mantener y actualizar todos los paquetes de software específicos usados por los distintos Departamentos, Talleres y Servicios pertenecientes al Área de Instrumentación, así como ofrecer información, ayu-

da y soporte sobre determinado hardware de uso no común.

ACTIVIDAD

Las principales actividades realizadas durante 2020, además de dar soporte al personal y distintos proyectos, renovación de equipos de sobremesa y portátiles, gestión de compras de material, gestión de préstamos de material, etc. fueron:

- Mantenimiento de las licencias del software de Instrumentación.
- Gestión de compras de nuevos equipos y material accesorio.
- Actualización de equipos obsoletos.
- Gestión de los accesos a los laboratorios del Área.
- Mantenimiento de la web interna y externa del Área.
- Equipamiento y preparación de equipos para nuevo personal.
- Gestión personal en prácticas FCT asignado al SIE.
- Generación de nueva imagen de Windows con el software actualizado.
- Actualización a Windows 10 de varios equipos.
- Instalación de discos SSD en varios equipos del Área.
- Instalación y puesta en marcha de nuevas estaciones de trabajo en Sala de CAD.
- Migración de servidor de BBDD de la aplicación Talleres.
- Instaurada la opción de instalar imágenes de Windows en modo UEFI.
- Preparación de equipos portátiles para los técnicos y soporte remoto debido al confinamiento.
- Distintas labores de asesoramiento al personal para el teletrabajo.
- Búsqueda de un curso básico de informática para técnicos que no usaban habitualmente ordenador para poder formarse durante el confinamiento.
- Creada una macro para J. Patrón para cambiar accesos directos de forma masiva.
- Instalación librería Plank en Datil para Paz.
- Instalación de SQL Express en Daga para dar soporte al Eplan.
- Instalación de Creo J-Link para poder interactuar desde CreoJSON.
- Creación de página de presencias en el Área.
- Instalación pantalla 55” en Sala de CAD.

- Abandono del eGroupware.
- Implementación de sistema de subida de ficheros de Metrología a Windchill.
- Conexión nueva máquina CNC de 5 ejes del Taller de Mecánica.

FORMACIÓN

La formación recibida por el personal del SIE fue:

- Varios cursos de conducción de vehículos PHEV.
- Curso de Aspectos generales del SARS-Co-V-2.
- Curso de Seguridad y salud en oficinas.
- Curso de Prevención de incendios y normas de actuación ante emergencias.

COLABORACIÓN CON EMPRESAS

Para GRANTECAN S.A. se le realizaron los siguientes trabajos:

- Roscar unos casquillos de cobre con paso de rosca micrométrica.
- Fabricación de pines y repasado de asientos de tornillos de 3 horquillas.
- Fabricación de piezas para asiento de microlentes.

Para la empresa MECAN se realizaron medidas de 12 piezas en la máquina de medir por tres coordenadas y se le emitieron los correspondientes informes metrológicos.

CONCIERTO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN IAC – CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTES DEL GOBIERNO DE CANARIAS

Tras 20 los años acogiendo en prácticas, en 2020 se ha visto interrumpida esta formación debido al COVID19. Se espera poder retomar la actividad en 2021.

IACTEC



IACTEC, el espacio de colaboración tecnológico empresarial del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), se puso en marcha en 2016 en gran parte gracias a la aportación económica al IAC del Cabildo Insular de Tenerife (ECIT) a través del “Programa de Capacitación de IACTEC” que hoy suma aportaciones en torno a 2,6 €M). El número de ingenieros asignados a este programa fue de 8 en 2017, 9 en 2018, 12 en 2019 y 14 en 2020, con expectativas de alcanzar el nivel de 16 ingenieros en el segundo semestre de 2021.

La actividad de IACTEC se desarrolla en cuatro programas principales:

Programa Espacial

Este programa comprende:

- Microsatélites: desarrollo de cargas útiles para pequeños satélites de observación de la Tierra y el Cielo (9 ingenieros).
- Procesamiento de datos de Observación de la Tierra (EO): complementario a los Microsatélites, busca establecer sinergias entre las tecnologías de procesamiento de datos de observación de la Tierra y el Espacio para desarrollar nuevos productos basados en la información satelital disponible de EO (1 ingeniero desde noviembre de 2019).
- Comunicaciones Ópticas con Espacio: continuando los esfuerzos realizados por la División de Instrumentos durante las últimas décadas (1 ingeniero en proceso de contratación).

Programa de Tecnología Médica

Enfocado al desarrollo de dispositivos de imagen médica (4 ingenieros).

Programa de Fabricación Óptica Avanzada

El equipo responsable de configurar la infraestructura del futuro CSOA (Centro de Sistemas Ópticos Avanzados).

Programa de Grandes Telescopios

Vinculado a la colaboración con la industria en los proyectos EST, CTA, NRT y ELF / MiniELF, así como en la línea de nuevas estructuras telescópicas aligeradas. Entre los cuatro proyectos hay 24 ingenieros dedicados al diseño y construcción de estos telescopios.

ACTIVIDADES TRANSVERSALES

El equipo directivo de IACTEC está compuesto por 4 personas (Responsable Técnico y Administrativo, Responsable Legal y Económico, Responsable de Mantenimiento y Administración).

Durante 2020 su actividad en materia de administración y gestión de infraestructuras ha consistido en:

- Gestionar el programa de Capacitación (planificación de recursos humanos; coordinar el presupuesto, la evaluación anual de desempeño y la justificación de gastos en 2019; coordinar la preparación de la solicitud de presupuesto 2020).
- Interacción con el ECIT e INtech (gestión de mantenimiento de la sede provisional, gestión del traslado de oficinas provisionales al edificio IACTEC, realización de visitas, apoyo a la contratación de empresas para el parque tecnológico).
- Seguimiento financiero de actividades (solicitudes de financiación, justificación de ejecuciones, elaboración de presupuestos) y gestión de compras, en particular gestión de las compras asociadas al presupuesto de “Infraestructuras” (≈1M€, MICINN).
- La organización del programa ACERCA-IAC, en colaboración con Induciencia (Plataforma Española de la Industria de la Ciencia), que consta de 10 empresas que permanecen en el IACTEC durante una semana para fomentar la colaboración con los proyectos del IAC.

Durante 2020, las capacidades científicas y técnicas de IACTEC se han mejorado aún más, profundizando su carácter de plataforma de colaboración público-privada. Se continúan avanzando bases sólidas de racionalidad económica para atraer la iniciativa privada y facilitar el cumplimiento de otros objetivos esenciales del IAC, como la creación de una actividad empresarial y empleo de alta calidad, y que la plataforma sea económicamente auto sostenible en el medio y largo plazo.

Las principales líneas de investigación y avance en esta área han sido:

- La selección, diseño e implementación de instrumentos económico-legales de relación entre IAC y empresas. De esta forma, las empresas pueden participar en proyectos de I+D específicos e independientes, ubicándose en la plataforma IACTEC.
- Reorganización de las iniciativas público-privadas en "LABCO", un living-lab para la exploración de nuevas alternativas para la ciencia pública, con objetivos de interés general y financiamiento privado con fines de lucro.
- Se ha realizado una propuesta de reglamento interno para la creación de startups/spin-offs, desde IACTEC, realizando un análisis en profundidad de los requisitos legales que permiten la participación del personal de IAC en estas entidades, con pleno respeto del marco regulatorio actual.
- Fortalecimiento de los convenios de colaboración público-privada que fueron informados favorablemente por la Fiscalía del Estado, autorizados por Hacienda y están disponibles en español e inglés. Están dirigidos a entidades comerciales españolas y extranjeras que quieran participar en los proyectos de IAC propuestos por el IAC.
- Se ha avanzado en la alianza con empresas privadas para proyectos de I+D competitivos. En particular, el programa H2020 de la UE.
- Colaboración con cartas de intención solicitadas por empresas comerciales de I+D para la financiación externa de proyectos de I+D+i de interés común. Las cartas indican la disponibilidad de generar proyectos en IACTEC mediante la subcontratación de los paquetes de trabajo del IAC en proyectos de I+D competitivos.
- Desarrollo de un nuevo sistema de colaboración público-privada para I + D de orientación pública con financiación privada. Esa línea de trabajo explora un nuevo modelo de negocios que facilite la determinación pública de los objetivos de ciencia y tecnología, así como la ejecución por parte del sector público, con financiamiento privado con fines de lucro. (proyecto-financiamiento de una alícuota de NRT).
- Se ha iniciado la implementación de proyectos de Investigación y Desarrollo Interdisciplinarios en I+D en las áreas de "Astrofísica y Astronomía" y "Negocios y Finanzas" (proyectos RICTEL, AIA y Hadley), con el fin de investigar nuevos procesos de entrega

de ciencia y tecnología públicas, a través de diversos instrumentos jurídico-económicos que proponen financiación privada con ánimo de lucro, sin aportes presupuestarios del lado del gasto público.

- Interacción con ECIT e INtech en relación con el acuerdo de traspaso del uso del edificio IACTEC al IAC.

Los esfuerzos científicos, técnicos, económicos y legales han posicionado a IACTEC como una iniciativa de gran interés para el IAC y otras organizaciones públicas y privadas. El desarrollo de IACTEC como iniciativa colaborativa está alineado con los objetivos estratégicos de I+D+i de España y Canarias, y con las perspectivas financieras de la Unión Europea para 2021-2027. En particular, IACTEC fomenta una mayor colaboración en I+D+i entre el IAC como institución pública de investigación y las empresas privadas, (con el requisito previo de fomentar los objetivos científicos del IAC), una mayor proximidad de la ciencia básica a los ciudadanos de la UE y una mejora en el uso de los medios públicos y recursos privados invertidos en I+D.

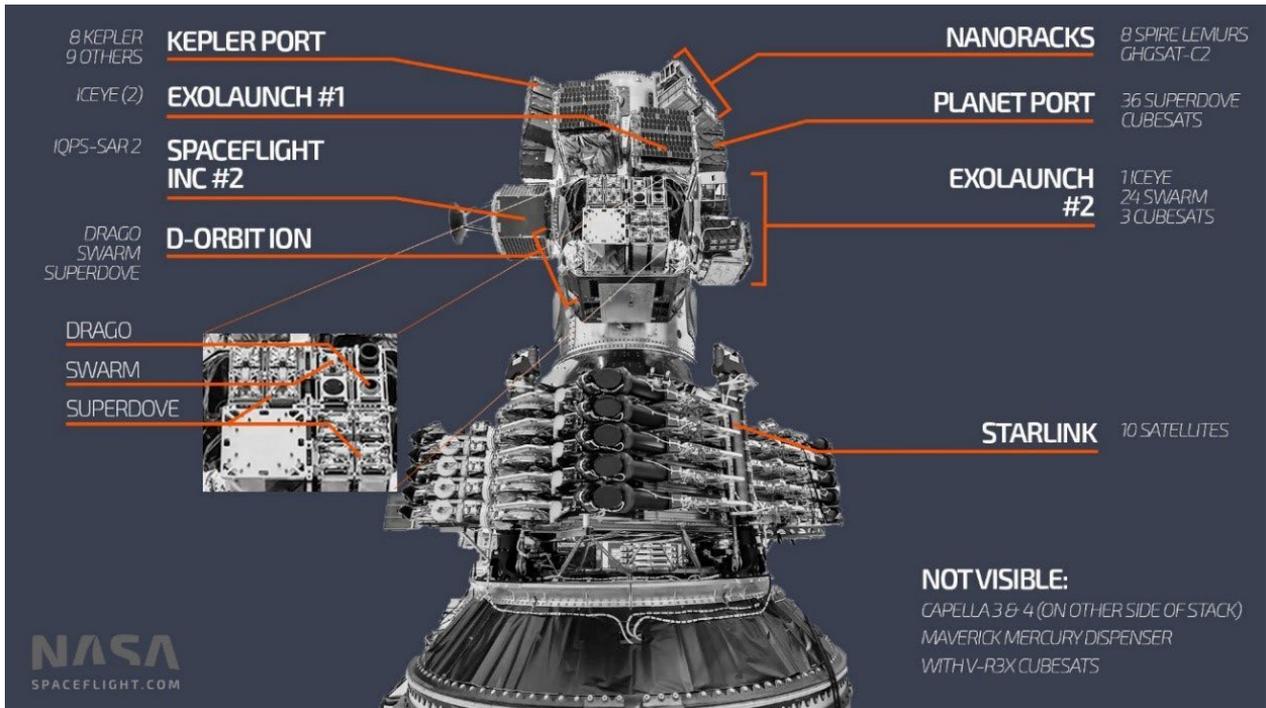
ACTIVIDADES REALIZADAS DENTRO DE LOS PROGRAMAS PRINCIPALES

PROGRAMA DE MICRO-SATÉLITES

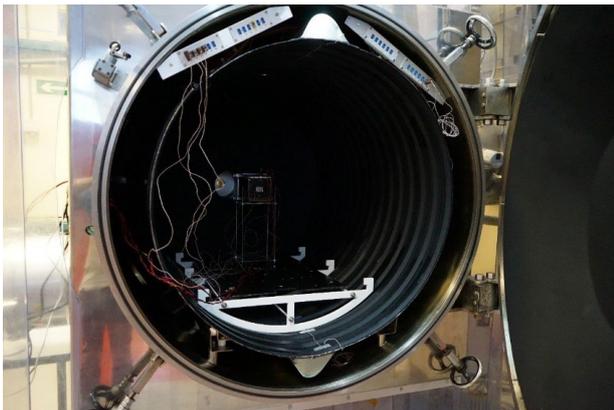
La actividad se ha centrado principalmente en el desarrollo final de DRAGO (Demostrador para el Análisis Remoto de Observaciones Terrestres), el primer instrumento desarrollado íntegramente por el equipo. DRAGO es una cámara para obtener imágenes de la Tierra en el rango SWIR (Short Wave InfraRed) a bordo de un pequeño satélite.

El objetivo que se buscaba era la finalización y puesta en órbita de DRAGO en un tiempo razonable. Para ello, fue necesario realizar una serie de actividades:

- Implementación de los cambios y mejoras detectados en el CDR (Critical Design Review) del instrumento, con el fin de lograr una versión casi definitiva.
- Desarrollo de la fase AIV (Montaje, Integración y Verificado) del instrumento en IAC-TEC y pruebas funcionales en el centro.
- Definición y pruebas previas al lanzamiento en el INTA (Instituto Nacional de Tecnología Aeroespacial) en Madrid y en el CTA (Centro Tecnológico Aeronáutico) en Vitoria. Todas las pruebas se aprobaron con éxito. El personal del Proyecto estuvo presente en todo momento.



Distribución de la carga útil en Falcon 9 Rocket.

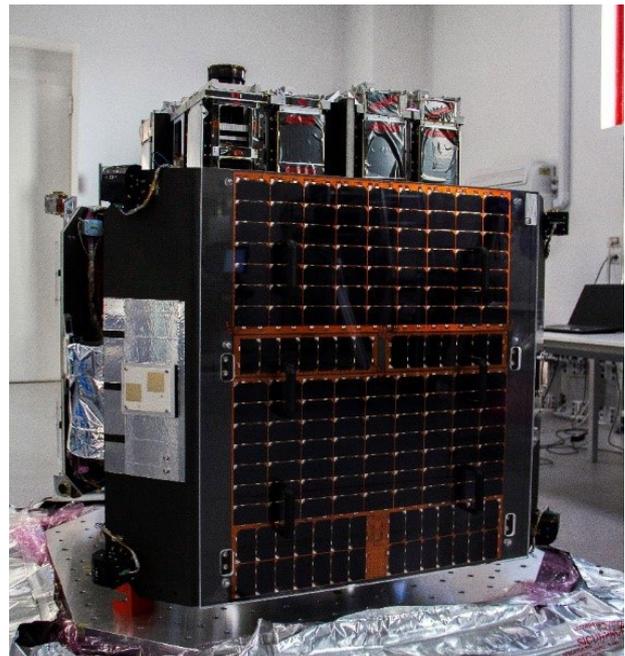


DRAGO durante pruebas en INTA.

- Establecimiento de contactos con la empresa D-Orbit para poner DRAGO en órbita. Firma de convenios con ella. Desarrollo de software y componentes mecánicos para la integración de DRAGO en el satélite ION de la empresa.
- Envío de DRAGO a Italia y su integración por parte del personal de ION e IACTEC-Espacio.

El éxito de DRAGO ha llevado a muchas empresas y organizaciones a ponerse en contacto con el equipo para su inclusión en otros proyectos y satélites. Simultáneamente con la finalización de DRAGO, el equipo ha estado trabajando en un modelo DRAGO con ópticas mejoradas, lo que conduciría a una mejor resolución espacial en las imágenes.

Por otro lado, se ha trabajado para poner en órbita ALISIO (Advanced Land Imaging Sa-



DRAGO integrado en ION, el satélite D-Orbit. Finalmente, DRAGO fue lanzado con éxito desde Cabo Cañaveral el 24 de enero de 2021 a bordo de un cohete Falcon 9 de SpaceX. Las pruebas del mismo y las primeras imágenes llegarán a partir de abril de 2021. Este hito, el primer instrumento canario lanzado al espacio, generó una gran repercusión en los medios, con numerosas entrevistas y reportajes en prensa, radio y televisión, así como reseñas en todas las redes sociales e incluso dos preguntas en el Parlamento de Canarias. El lanzamiento se transmitió en vivo por las redes sociales.

tellite for Infrared Observations), que sería el primer satélite de Canarias. ALISIO llevará dentro una versión mejorada de DRAGO y no sólo obtendría imágenes de calidad en SWIR

que serían útiles para la sociedad, sino que también serviría de banco de pruebas para proyectos más ambiciosos en varios aspectos: definición de la plataforma y sus características, sistemas de focalización y seguimiento, superresolución, comunicaciones ópticas, etc. El lanzamiento de ALISIO podría tener lugar en el primer semestre de 2022. Para ello, se mantienen contactos con empresas fabricantes de plataformas, como EMXYS, Open Cosmos o D-Orbit, proveedores de servicios de lanzamiento, como Venture-Orbital, y organizaciones financieras, como Air Center o UNOOSA, de Naciones Unidas.

En cuanto a los proyectos futuros, además de los ya mencionados, se ha trabajado en dos líneas importantes.

- Primer pequeño satélite del IAC para observaciones astrofísicas. Se ha realizado una convocatoria a investigadores del IAC para la presentación de propuestas científicas de calidad a realizar dentro de un microsatélite. El equipo ha evaluado todos los proyectos presentados y ha hecho una propuesta para este satélite.
- Inclusión de IACTEC-Espacio dentro de tres grandes colaboraciones para hacer uso de los fondos de recuperación de PERTE. IACTEC-Espacio forma parte de las propuestas que se han presentado relacionadas con los satélites, que involucran a las mejores empresas y organizaciones del sector.
- Dar apoyo para impulsar la consolidación del proyecto de Comunicaciones Ópticas en el Espacio.

El equipo también ha estado involucrado en las siguientes tareas:

- Elaboración de un convenio marco de colaboración con el INTA que permita el intercambio de conocimientos, personal, talleres, laboratorios e instalaciones, así como la presentación conjunta de proyectos.
- Desarrollo y participación en proyectos de satélites con empresas y administraciones: observación de GRBs (Gamma Ray Burst), red de pequeños satélites con Proxima Space, misión Earth Explorer N8 de la ESA (Agencia Espacial Europea), instrumento para exploración planetaria de Venus y Neptuno con Tecnalia.
- Presentación de ponencias en las reuniones de la Sociedad Española de Astronomía (dos), conferencias COSCE (tres), INEUSTAR (una).
- Revisión de documentación relacionada con el espacio para diversas administracio-

nes: EU Cluster 4 para CDTI, ciencia para NEXO, IACTEC-Líneas de I + D + i del espacio relacionadas con UAS para la PAE (Plataforma Aeroespacial Española), agenda estratégica de I + D + i para PAE.

- Definición, contactos y preparación de la estación terrestre de rastreo satelital IAC, que involucra la antena transmisora y la sala de control.
- Establecimiento de una red de contactos con empresas, organizaciones y centros tecnológicos y de investigación: ARQUIMEA, ASE Optics, CAB, D-Orbit, INDUCIENCIA, INEUSTAR, OBUU, Open Cosmos, Venture-Orbital, SENER TechEdge, Tecnalia, Tekniker.
- Elaboración de un proyecto para que la ESA utilice COTS en el espacio.
- Supervisión y colaboración en el Proyecto Teidesat (ULL). Obtención de financiación dentro de la convocatoria ACIISI del Gobierno de Canarias.
- Formación del personal del equipo, mediante la asistencia a diferentes cursos, y supervisión de los trabajos de TFG y TFM.

TRATAMIENTO DE DATOS DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA

El proyecto de Tratamiento de Datos de Observación de la Tierra se ha centrado en dos pilares fundamentales: la definición de proyectos innovadores, junto con la colaboración de diferentes actores del sector espacial en el campo de la Observación de la Tierra; y apoyo al grupo de Microsatélites en el desarrollo de software para DRAGO.

Se han realizado los siguientes proyectos y actividades:

- Monitoreo de carbono forestal. El plan para llevar a cabo un proyecto junto con la empresa experta en inteligencia artificial Techedge se concretó con el desarrollo de una propuesta al Concurso de Licitación de la Agencia Espacial Europea sobre Monitorización de Carbono Forestal. El objetivo del proyecto es el desarrollo de aplicaciones que utilicen datos de observación de la Tierra, principalmente del programa Sentinel, con la misión de monitorizar la cantidad de carbono acumulado en los bosques europeos. Se formó un consorcio con la empresa Techedge, así como con el Consejo de Investigación Italiano (CNR-It) y la empresa Warrant.
- EO4SOCIETY. Otro proyecto desarrollado junto con la empresa Techedge fue presentado a una segunda convocatoria de

la Agencia Espacial Europea, la convocatoria permanente EO4SOCIETY. Esta convocatoria se centra en el rápido desarrollo de aplicaciones de observación de la Tierra para diversos campos. En particular, el proyecto presentado se definió en el marco de la unión de imágenes de satélite con herramientas de inteligencia artificial, en este caso redes neuronales convolucionales, para la detección de patrones, identificación de procesos naturales y clasificación de imágenes.

- Pipeline de procesamiento de imágenes DRAGO. Uno de los objetivos estrechamente relacionados con el equipo de Micro satélites es el desarrollo del pipeline para la adquisición y procesamiento de las imágenes de los instrumentos creados en IACTEC, en particular, y en este momento, el instrumento DRAGO. Una vez que la cámara está en vuelo, es fundamental establecer un protocolo y la implementación de un software adecuado para el procesamiento en tierra de las imágenes obtenidas desde el espacio, con el fin de obtener productos que sean útiles para su uso posterior.
- Soporte en desarrollo de software. Dado el cambio en el cronograma para el lanzamiento del instrumento DRAGO desarrollado por el equipo de Microsatélites, una de las tareas ha sido apoyar el desarrollo de parte del software a bordo del instrumento. En concreto, se han desarrollado dos de sus módulos, junto con la asistencia del equipo de Microsatélites: la superresolución y determinadas tareas relacionadas con la adquisición y procesamiento de imágenes a bordo de la plataforma.

COMUNICACIONES ÓPTICAS EN EL ESPACIO

En 2020 las actividades en Comunicaciones Ópticas en el Espacio se han centrado en los pasos necesarios para crear un grupo de trabajo estable especializado en esta tecnología, basado en la experiencia existente tras 25 años de colaboraciones con la ESA que se inició con la instalación del telescopio OGS (Optical Ground Station) y han permitido que IAC participe de primera mano en experimentos pioneros en todo el mundo.

En este sentido, se han entablado negociaciones con otros grupos de investigación (Univ. de Vigo, Centro Universitario de la Defensa) con quienes se fraguó la presentación de un proyecto coordinado al programa Retos, y también con la Universidad Nacional de Australia (ANU), el Instituto de Tecnologías Físicas y de

la Información (ITEFI-CSIC) y otros centros públicos, con el fin de establecer vínculos y proyectos conjuntos que nos permitan compartir el esfuerzo y apoyarnos en sus experiencias.

También se han entablado conversaciones con empresas privadas, que a su vez han llevado a la presentación de propuestas conjuntas al programa PERTES. Concretamente con SAT-LANTIS e INTA, por un lado, y con HISPASAT y SENER por otro, para participar en consorcios en los que IACTEC aporta la experiencia disponible en el diseño y operación de estaciones terrestres, así como en materia de compensación de turbulencia atmosférica (Óptica Adaptativa).

En 2020 se gestionó la publicación de un contrato de formación dedicado a las Comunicaciones Ópticas en el Espacio, que se prevé cubrir en el primer trimestre de 2021 y que será el primer paso significativo en la conformación del grupo de trabajo a seguir.

Es especialmente significativo comentar la solicitud y obtención en 2020 de financiación de infraestructuras incluidas en los Fondos de Recuperación, por valor de 1M€, cuya gestión eficaz supone sin duda un reto para 2021.

PROGRAMA DE TECNOLOGÍA MÉDICA

La línea de Tecnología Médica ha contado con el aporte de dos fuentes de financiación. La primera está asociada al Programa de Capacitación (4 puestos de ingeniería), y la segunda está asociada a un proyecto de investigación dentro del programa europeo Interreg MAC (Proyecto MACbiolDi), con aportaciones para compras.

Además, con el fin de ampliar estas fuentes de financiamiento, y con el fin de dotar de infraestructura al IACTEC, se ha trabajado en 2020 en las solicitudes de equipamiento asociadas a las ayudas de infraestructura obtenidas a nivel nacional. Esto está permitiendo incrementar las capacidades del laboratorio tecnológico IACTEC en dos áreas principales: la primera, aumentando las posibilidades en el campo de los sensores que operan en diferentes longitudes de onda y permitiendo investigar en ellos la radiación natural del cuerpo; y, en segundo lugar, adquirir equipos en la gama de microondas para pruebas experimentales.

Las principales tareas realizadas han sido:

- PINRELL (Prototipo de análisis infrarrojo de miembros inferiores): Desarrollo de prototipos con sensores a diferentes longitudes de onda, adquisición de imágenes de sujetos sanos con cámaras térmicas (infrarrojos de

onda larga LWIR), visibles (RGB) y de profundidad. Desarrollo de algoritmos para el análisis de imágenes adquiridas con el prototipo PINRELL.

- PROMISSE (PROtotipo de Sistema de Microondas para anomalías subcutáneas): Desarrollo de radiómetros en la banda de frecuencias de microondas.
- MUTANT (FANTOMAS MULTIMODAL TISULAR): Diseño y fabricación de fantasmas que emulan tejidos biológicos.

En cuanto al prototipo PINRELL, se ha completado el diseño de un segundo prototipo más robusto y se ha desarrollado la aplicación de software de escritorio que permite la adquisición, grabación y segmentación de imágenes de datos.

PINRELL utiliza 3 sensores que permiten la adquisición de imágenes en los espectros infrarrojo y visible, así como en profundidad. La calibración térmica del sensor de infrarrojos utilizado en PINRELL se realizó en 2019, comparando su rendimiento con sensores de alto rendimiento para su validación como dispositivo de medición. Esto ha generado la definición de un proceso de calibración metodológica para este tipo de sensores publicado en un artículo científico en la revista *Sensors* (<https://www.mdpi.com/1424-8220/20/5/1321>), titulado "Performance Assessment de cámaras térmicas de bajo coste para aplicaciones médicas". Dado que la adquisición de imágenes se realiza con diferentes cámaras, el registro espacial entre las imágenes adquiridas con los diferentes sensores constituye un desafío tecnológico, así como la segmentación de la zona de interés, en este caso la planta del pie, en el resto de la imagen. Ambos procesos se han resuelto durante 2020.



PINRELL - Prototype for INfraREd analysis of Lower Limbs.

En noviembre de 2020 se llevó a cabo una campaña de adquisición de imagen, con personal voluntario del Instituto de Astrofísica de Canarias IAC en su sede, así como en las instalaciones del IACTEC. La adquisición de imágenes de la planta de los pies de voluntarios sanos, permitió disponer de una pequeña base de datos para ser utilizada en el desarrollo de algoritmos para la mejora y optimización del prototipo PINRELL, en particular para el registro espacial y segmentación de la planta de los pies. En cuanto al registro de datos, se estudiaron y evaluaron diferentes alternativas que han sido descritas en detalle en una publicación científica de la revista *Sensors*, titulada "Registro de imágenes térmicas infrarrojas y visibles para monitoreo remoto del Pie Diabético", actualmente en revisión. Paralelamente, se ha realizado una comparativa de redes neuronales (Convolutional Neural Network - CNN) con el fin de segmentar el área de interés del entorno. Este estudio ha dado lugar a una publicación científica en la revista *Sensors* (<https://www.mdpi.com/1424-8220/21/3/934>), titulada "Enfoques de segmentación para los trastornos del pie diabético".

En la línea de microondas, PROMISSE, existen cinco radiómetros de microondas a diferentes frecuencias para caracterizar la medición de la temperatura en profundidad, estudiando la capacidad de penetración (del orden de unos centímetros) en función de la frecuencia de operación. A pesar de las limitaciones existentes por la situación sanitaria en cuanto al acceso a equipos técnicos para realizar las mediciones, se ha podido realizar la caracterización experimental de los diferentes radiómetros a nivel de evaluación de su respuesta individual y su validación, así como la calibración térmica del sistema para obtener la temperatura a la que se encuentra un fantoma.

Al respecto, se ha publicado un artículo científico en la revista *AEÜ - International Journal of Electronics and Communications* (<https://doi.org/10.1016/j.aeue.2020.153558>), titulado "Un radiómetro de tipo pseudocorrelación de 3,5 GHz para aplicaciones biomédicas", donde se describe el procedimiento realizado en la calibración térmica del radiómetro centrado en la banda de 3,5 GHz.

Paralelamente, se están realizando los estudios y análisis de nuevas configuraciones de radiómetros basados en sistemas de instrumentación astrofísica, que mejoran el rendimiento de la propuesta original y, a su vez, aportan ventajas a la hora de calcular la temperatura equivalente del objeto a medir. Este hecho ha dado lugar a una nueva colaboración con un

grupo de investigación para el desarrollo de estas nuevas topologías.

Existen limitaciones legislativas para el uso de tejidos biológicos, por lo que es necesario diseñar y fabricar fantasmas que emulen diferentes tejidos biológicos en cuanto a sus propiedades dieléctricas (permitividad relativa y conductividad). Estos componentes están destinados a la calibración y validación de PROMISSE como un sistema de medición de temperatura basado en microondas. Esto ha llevado al desarrollo de una nueva línea, denominada MUTANT, donde se han encontrado nuevas aplicaciones biomédicas que pueden beneficiarse de fantasmas fabricados con pequeñas modificaciones.

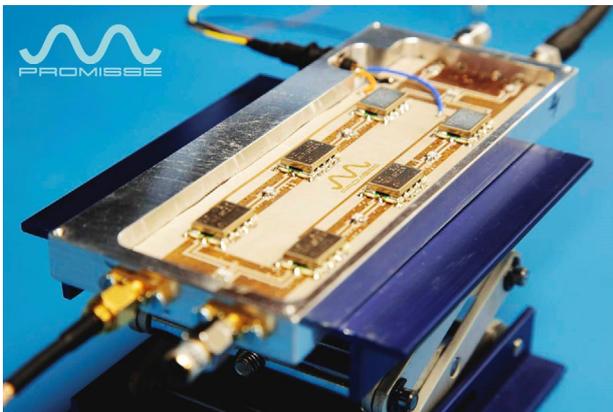
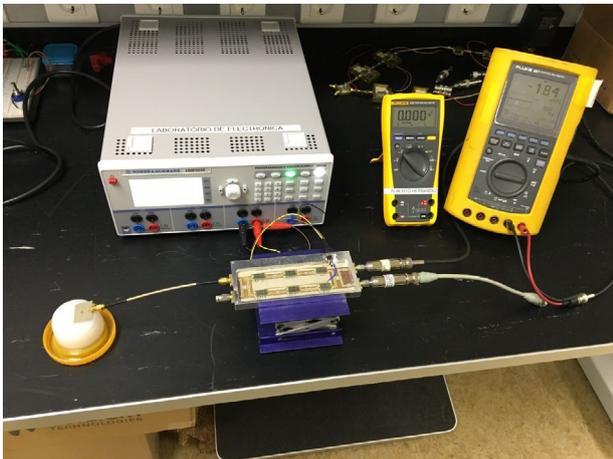


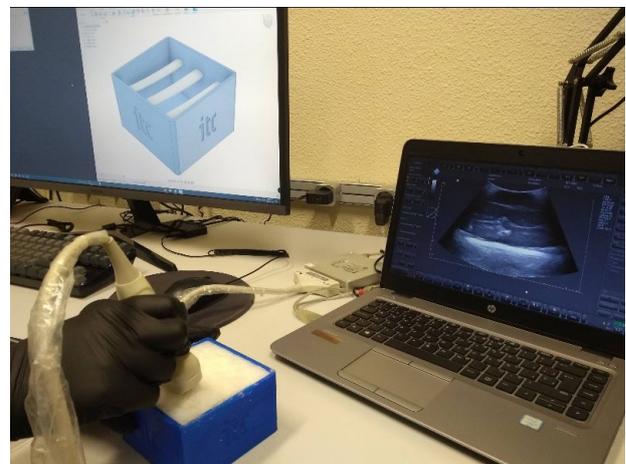
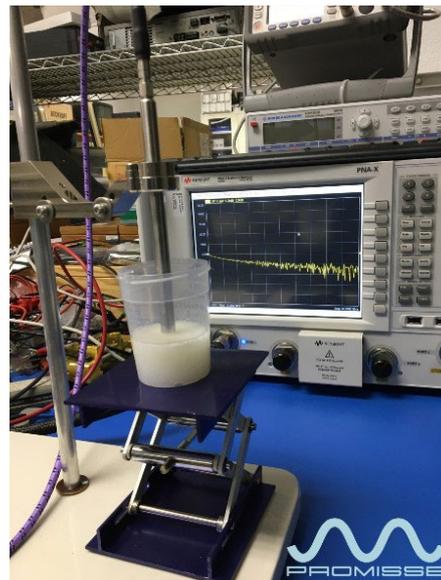
Imagen del radiómetro a la frecuencia de 3,5 GHz, diseñado y fabricado por el equipo de Tecnología Médica.



Proceso de medida para la caracterización de la temperatura a la que se encuentra un fantasma de microondas con el radiómetro centrado en 3,5 GHz.

A pesar de las dificultades generadas por la crisis de salud del COVID-19, se desarrollaron fantasmas multimodales que permiten operar en espectros tan lejanos como microondas y ultrasonido. Esto ha generado un artículo en una revista científica titulado “Fantasmas bimodales de microondas y ultrasonido para imágenes clínicas no invasivas” publicado en la revista Scientific Reports (<https://www.nature.com/articles/s41598-020-77368-5>).

Asimismo, el equipo ha participado en un congreso nacional, la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR 2020), y uno internacional, el European Respiratory Society International Congress (ERS 2020), participaciones que han dado lugar a publicaciones en revistas médicas, como Archives of Bronconeumology, titulado “Preparación de fantasmas para optimizar la utilidad diagnóstico-terapéutica de la ecografía torácica en la práctica clínica” (56 (SC1): 289) y European Respiratory Journal (https://erj.ersjournals.com/content/56/suppl_64/2782) titulado “Fantasmas a medida para aplicaciones diagnósticas y terapéuticas de ultrasonido torácico en la práctica clínica”. Esta línea de investigación, dedicada a la creación de fantasmas pseudoantropomórficos para ser utilizados en la práctica clínica como herramienta de aprendizaje que simula tejidos específicos, aún se encuentra activa y en desarrollo.



Caracterización experimental de algunos de los fantasmas fabricados en las modalidades de microondas (arriba) y ultrasonido (abajo).

Todas estas actividades han generado un entorno de colaboración con diferentes entidades, tanto públicas como privadas:

- Instituto Tecnológico de Canarias (ITC)
- Universidad de Oviedo (UnioVI)
- Complejo Hospitalario Universitario de Canarias (HUC)
- Universidad de Cantabria (UC)
- Tecnalia
- Tekniker

La actividad del equipo de Tecnología Médica ha sido divulgada en diferentes medios y difundida a través de notas de prensa en el espacio del Instituto de Astrofísica de Canarias IAC, lo que ha permitido que tanto medios locales, como El Día, como nacionales, 20 Minutos, La Vanguardia, EuropaPress, entre otros, hayan hecho eco de la actividad desarrollada por el equipo.

PROGRAMA DE FABRICACIÓN ÓPTICA AVANZADA

Durante el año 2020 y en parte por los efectos de la pandemia, la progresión ha sido limitada en la contratación del personal técnico del proyecto y en el análisis de las infraestructuras necesarias para llevar a cabo el Centro de Fabricación de Óptica Avanzada, estrechamente relacionado con la producción de espejos para grandes telescopios.

El ingeniero contratado se incorporará en enero de 2021 con la misión inicial de preparar un estudio de las diferentes técnicas actuales de fabricación de espejos para grandes telescopios y su instrumentación, esto significa un análisis de las diferentes técnicas de fabricación estándar, replicación de espejos, fabricación aditiva de espejos o espejos deformados electrónicamente.

Este estudio, además de presentar una descripción detallada de los procesos, deberá identificar pros y contras, la infraestructura necesaria para llevar a cabo las diferentes técnicas de fabricación, estimación del tiempo de fabricación y estimación del costo del proceso, y será entregado en junio 2021.

PROGRAMA DE GRANDES TELESCOPIOS

Cuatro proyectos principales están integrados en este programa, EST (European Solar Telescope), CTA (Cherenkov Telescope Array) NRT (New Robotic Telescope) y ELF/MiniELF, que se describe a continuación:

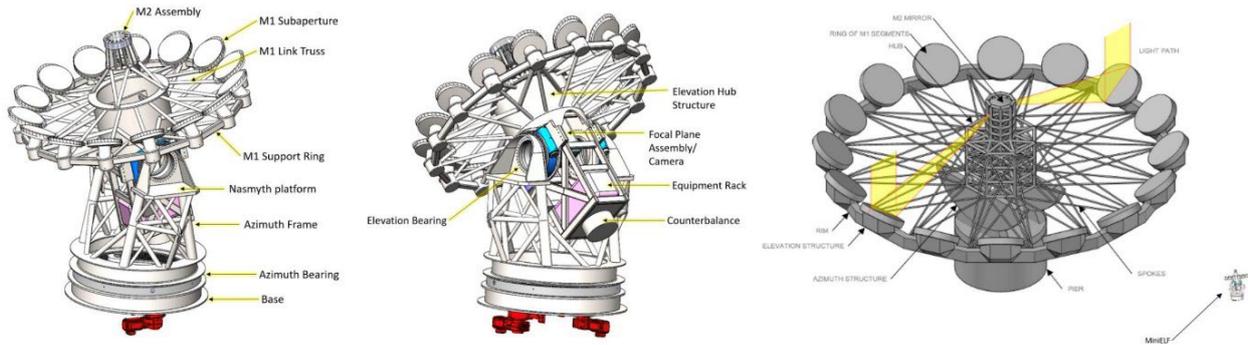
MiniELF es un telescopio de 3,5 m que servirá como demostrador de tecnología para ExoLife Finder (ELF), que se propone construir con un diámetro mínimo efectivo de 12 m, pero que se puede ampliar mucho más allá, por ejemplo, de 25 a 36 m. El objetivo de estos diseños es mejorar radicalmente las capacidades de obtención de imágenes directas de exoplanetas, manteniendo los costos muy por debajo de los de los observatorios insignia actuales. ELF tiene un diseño único, construido específicamente para superar los límites de estas características de rendimiento, al tiempo que mantiene la masa móvil del telescopio y, por lo tanto, su costo, significativamente más bajo que los diseños convencionales.

El consorcio detrás de ELF -compuesto por la Universidad de Hawai y MorphOptic Ltd. (EEUU), CNRS y CRAL en Lyon (Francia), y el IAC (con un IP dedicado) - se reunió cada dos semanas para monitorizar el progreso del proyecto que durante 2020 se centró en el diseño conceptual de miniELF.

La participación del IAC en miniELF será financiada por el plan de recuperación del Ministerio de Ciencia español con 0.5M € y 1M € que se gastarán en 2021 y 2022 para las fases de diseño detallado y construcción, respectivamente.

El diseño conceptual de miniELF ha sido entregado al IAC a finales de diciembre por la empresa Dynamic Intelligent Structures Ltd (DIST) empresa con sede en Vancouver (Canadá).

El diseño óptico básico de ELF, como se muestra en la siguiente figura, consiste en un anillo de sub-aberturas de espejo primario livianas. Cada uno de estos es un paraboloide fuera del eje, secciones circulares de un espejo primario parabólico principal teórico. En fase adecuada, es decir, alineada dentro de una longitud de onda de luz de esta parábola platónica, se logra una apertura toroidal. O dicho de otra manera: un interferómetro de imágenes con un diámetro efectivo (D) equivalente al círculo descrito por los centros de subapertura. Con esto, la escala de la masa en movimiento del telescopio con D ya se mejorará sustancialmente en comparación con un diseño de apertura llena convencional. Como la resolución angular se mejora linealmente con D, y el número de exoplanetas observables a un nivel de señal fijo aumenta a medida que D^3 , este diseño ya tiene una ventaja enorme para la ciencia de los exoplanetas.



A continuación se muestra un listado de los requisitos y aspectos investigados como parte del diseño conceptual de miniELF, que ha sido el principal trabajo realizado durante 2020:

- Requisitos de superficie óptica y error de apuntado para lograr los objetivos científicos esperados.
- Mecanismos de alineación de los espejos primario y secundario, el soporte de la cámara y el sistema de metrología.
- Requisitos mecánicos tales como tipo de montaje, rango de altitud en el modo de observación, velocidad de giro, precisión de puntería y seguimiento, y vida útil del diseño.
- Cargas que sufrirá el telescopio a lo largo de su vida: viento, nieve, hielo, sísmica e instrumentos.
- Planes de seguridad y análisis de peligros.
- Descripción del presupuesto de masa: se espera un peso total de 10 toneladas para las estructuras de elevación, azimut, M2 y base en total.
- Descripción de la estructura del telescopio, incluidas las estructuras de elevación y azimut, así como el ensamblaje del espejo primario y secundario.
- Aspectos de tensegidad utilizando cuerdas en lugar de las cerchas estándar para reducir el peso y, por tanto, el precio.
- Reglas de acceso a planchas, barandillas, escaleras y pisos.
- Sistemas de frenado y pasadores de bloqueo para mayor seguridad.
- Sistema de control y requisitos de software.
- Mantenimiento de telescopio y ópticas.

ÁREA DE ENSEÑANZA SUPERIOR



Corresponde al Área de Enseñanza Superior organizar y coordinar las actividades del Instituto para la difusión de los conocimientos astronómicos, la colaboración con la enseñanza universitaria especializada en Física y Astronomía y la formación y capacitación del personal científico y técnico en todos los campos relacionados con la Astrofísica. La formación de nuevos doctores en Astrofísica es uno de los cometidos fundamentales del Área. El Área de Enseñanza Superior organiza, en particular, los programas de Formación de Doctores en Astrofísica (Astrofísicos Residentes propios del IAC, Astrofísicos Residentes del programa de colaboración con La Caixa, doctorandos internacionales y parte de los programas de FPI, FPU y ayudas del Gobierno de Canarias), el programa de Becas de Verano de Iniciación a la Investigación Astrofísica y la “Canary Islands Winter School of Astrophysics” que por primera vez y después de 31 años consecutivos, se tuvo que posponer con motivo de la pandemia provocada por el COVID-19, no pudiéndose organizar la XXXII edición. También acoge a estudiantes en formación de redes internacionales, y de doctorados en cotutela con varias universidades europeas.



CURSOS DE DOCTORADO

CURSOS IMPARTIDOS DENTRO DEL MÁSTER DE ASTROFÍSICA

Segundo cuatrimestre del curso académico 2019-20 (febrero a junio de 2020)

I Curso:

“Instrumentación básica”

Dr. R.J. García López (IAC-ULL)

“Cosmología”

Dr. J. Cepa Nogué (IAC-ULL)

“Técnicas de Espectroscopía”

Dr/a. M. Collados Vera, C. Lázaro Hernando, J. Becerra González (IAC-ULL); J.A. Acosta Pulido y N. Caon (IAC)

“Nebulosas Ionizadas”

Dr. C. Esteban López (IAC-ULL)

“Exoplanetas y Exobiología”

Dres. V. Sánchez Bejar, R. Alonso Sobrino, J.A. Belmonte Avilés, H. Deeg y E. Pallé Bagó (IAC)

“Radioastronomía”

Dr. J. Betancort Rijo (IAC-ULL)

“Astrofísica de Altas Energías y Astropartículas”

Dr/s. R.J. García López, P. Rodríguez Gil y J. Becerra González (IAC-ULL)

“Técnicas de simulación numérica”

Dres. C. Brook (IAC-ULL) e I. Alonso Asensio (IAC)

“Astrofísica Computacional”

Prof. E. Mediavilla Gradolph y Dr. C. Brook (IAC-ULL)

“Física del plasma cósmico”

Dr. M. Collados Vera (IAC-ULL)

“Física de objetos compactos y procesos de acreción”

Dres. I. González Martínez-Pais y P. Rodríguez Gil (IAC-ULL)

“Estructura del Universo a Gran Escala”

Dres. J. Betancort Rijo (IAC-ULL) y F.S. Kitaura Joyanes (IAC)

Primer cuatrimestre del curso académico 2020-21 (septiembre de 2020- enero de 2021):

I Curso:

“Estructura y Evolución Estelar”

Dr. B. Ruiz Cobo (IAC-ULL)

“Atmósferas Estelares”

Prof. A. Herrero Davó (IAC-ULL)

“Física Galáctica”

Prof. A. Aparicio Juan (IAC-ULL) y Dr. J. Méndez Abreu (Univ. Granada)

“Física Extragaláctica”

Dr/a. A. di Cintio (IAC-ULL) y J. Méndez Abreu (Univ. Granada)

“Técnicas Computacionales Básicas”

Dres. F.S. Kitaura Joyanes (IAC-ULL) A. Balaguera y A. Kovacs (IAC)

“Técnicas Observacionales Básicas”

Dres. Carlos Lázaro Hernando (IAC-ULL) y N. Caon (IAC)

II Curso:

“Técnicas Astrofísicas de Objetos Extensos”

Dr. I. Pérez Fournón (IAC-ULL)

“Actividades Complementarias a la Investigación”

Dras. M.J. Arévalo Morales y J. Becerra González (IAC-ULL)

“Espectropolarimetría en Astrofísica”

Dres. J.A. Rubiño Martín y T. del Pino Alemán (IAC)

“Técnicas de programación”

Dr. A. Sukhorukov (IAC)

“Instrumentación Avanzada”

Prof. F. Garzón López (IAC-ULL), Dres. R.T. Génova Santos (IAC) y P. Hammersley (ESO)

“Física Solar y Clima Espacial”

Prof.: F. Moreno Insertis, Dr/a. E. Khomenko y M. Collados Vera (IAC-ULL)

CURSOS IMPARTIDOS EN LA LICENCIATURA DE FÍSICA

Segundo cuatrimestre curso 2019-20 (febrero a junio de 2020)

GRADO EN FÍSICA:**I Curso:****“Física Básica II”**

Dr/a. F. Pérez Hernández, M.J. Arévalo Morales y J. Cepa Nogué (IAC-ULL)

“Computación Científica II”

Prof.: I. González Martínez-Pais y F.S. Kitaura Joyanes (IAC)

III Curso:**“Dinámica de Fluidos Astrofísicos”**

Prof. F. Moreno Insertis (IAC-ULL)

Optativas:**“Electrónica y Óptica en Astrofísica”**

Dres. M. Collados Vera, F. Garzón López y R.J. García López (IAC-ULL)

“Técnicas Astrofísicas”

Prof. E. Mediavilla Gradolph (ULL), Dr/a. P. Rodríguez Gil y J. Becerra González (IAC-ULL)

Primer cuatrimestre curso 2020-21 (septiembre de 2020 a enero de 2021)

I Curso:**“Computación Científica I”**

Dres. C. Esteban López (IAC-ULL), J.E. Méndez Delgado y C. Westerdorp Plaza (IAC)

II Curso:**“MM4: Ecuaciones Diferenciales y Variable Compleja”**

Prof. T. Roca Cortés y Dr. F.S. Kitaura Joyanes (IAC-ULL)

III Curso:**“Astrofísica y Cosmología”**

Prof. A. Aparicio Juan y Dr. B. Ruiz Cobo (IAC-ULL)

IV Curso:**“Relatividad General”**

Dr. F. Pérez Hernández (IAC-ULL)

“Prácticas Externas”

Dres. I. Pérez Fournon y S. Comeron (IAC-ULL)

GRADO EN MATEMÁTICAS:

Segundo cuatrimestre curso 2019-20 (febrero a mayo de 2020)

IV Curso:**“Análisis Espectral de Datos”**

Dr. Carlos Lázaro Hernando (IAC-ULL)

Primer cuatrimestre curso 2019/20 (septiembre de 2019 - enero de 2020)

I Curso:**“Fundamentos de Física”**

Dr/a. J. Cepa Nogué y M.J. Arévalo Morales (IAC-ULL)

SEMINARIOS CIENTÍFICOS

Siguiendo el programa de seminarios-charlas informativas para el personal del Instituto iniciado en 1995, cada semana y con cierto carácter informal, vienen dándose en el IAC, bajo el título de “Seminarios”, una serie de breves charlas informativas sobre el trabajo científico individual del personal del Instituto y visitantes. En el 2020 han tenido lugar los siguientes seminarios:

“GroundBIRD – Observations of CMB Polarization with Wide-sky Survey and Fast Rotation Scanning”

Dr. Shunsuke Honda (Kyoto Univ. Japón)
10 enero

“Highlighted Science in the Frame of HARISSA Survey”

Sr. Mirel Birlain (IMCCE, Obs. de Paris, CNRS UNR8028, PSL Research Univ.)
22 enero

“Ground Based Research of Exoplanets at Ondřejov (CZ) and IAC”

Dr. Martin Blazek (Astronomical Inst. of the Czech Academy of Science, Chequia)
28 enero

“Public Surveys and new Instrumentation for Calar Alto observatory”

Dr. Jorge Iglesias Páramo (IAA - CSIC)
6 febrero

“Charla relampago 11 F en el Instituto de Astrofísica de Canarias”

Dra. Casiana Muñoz-Tuñón (IAC)
11 febrero

“Progress on Solar Multi-Conjugate Adaptive Optics in China”

Dr. Lanqiang Zhang (IAC)
21 febrero

“SMACK 1: History of the POSIX operating systems and basic linux command-line”

Dr. Mohammad Akhlaghi y Dr. Carlos Allende Prieto (IAC)
7 abril

“An Ionised Bubble Before the Epoch of Re-ionisation”

Prof. José Miguel Rodríguez Espinosa (IAC)
14 abril

“Hotter than Hell: Understanding Ultra-Hot Jupiters through transmission spectroscopy”

Dra. Julia Seidel (Univ. de Ginebra, Suiza)
28 abril

“SMACK 2: POSIX power tools: Command-line tools and shell scripting”

Dr. Mohammad Akhlaghi, Dr. Raul Infante-Sainz y D. Joseph Putko (IAC)
5 mayo

“A step further in the Stellar Populations analysis of nearby galaxies: Surface Brightness Fluctuations”

Dr. Alexandre Vazdekis (IAC)
7 mayo

“Barium stars as tracers of binary evolution in the Gaia era”

Dr. Ana Escorza Santos (K, Leuven, Bélgica)
21 mayo

“SMACK 3: GNU Astronomy Utilities (Gnuastro)”

Dr. Mohammad Akhlaghi, D. Raúl Infante-Sainz y D. Joseph Putko (IAC)
26 mayo

“Solar-terrestrial relations â combined remote sensing and in-situ data”

Dra. Manuela Temmer (Inst. of Physics, Univ. de Graz, Austria)
2 junio

“Synergies from a joint analysis of photometry, spectroscopy and morphology of early-type galaxies in MaNGA”

Prof. Mariangela Bernardi (Univ. de Pennsylvania, EEUU)
9 junio

“DALI, a pioneering dark matter telescope”

Dr. Javier de Miguel Hernández (IAC)
23 junio

“Probing black hole-galaxy co-evolution from de-biased scaling relations”

Prof. Francesco Shankar (Univ. de Southampton, Reino Unido)
25 junio

“Mass-Metallicity Trends in Transiting Exoplanets”

Dr. Luis Welbanks (Inst. de Astronomía, Univ. de Cambridge, Reino Unido)
30 junio

“The impact of Galactic evolution on binary interactions, as shown in hot subdwarf binaries”

Dr. Joris Vos (Univ. de Potsdam, Alemania)
21 julio

“SMACK 4: Shell scripting for automation and text editors”

Dr. Mohammad Akhlaghi y Raúl Infante-Sainz (IAC)
23 julio

“A giant planet candidate transiting a white dwarf”

Dr. Felipe Murgas (IAC)
29 septiembre

“MAAT@GTC: A new Integral-Field Spectroscopy mode for OSIRIS on the 10.4-m Gran Telescopio CANARIAS”

Prof. Francisco Prada (IAA-CSIC)
6 octubre

“The abundance gradients in the Milky Way: tracing the chemical composition of the ISM using H II regions”

Dra. Karla Arellano (IAC)
15 octubre

“Our Galaxy in its infancy as traced by Gaia and complementary spectroscopic surveys”

Dra. Paola Di Matteo (Obs. de Paría, Francia)
3 noviembre

“The Use of the Inhomogeneities of the Sodium Layer for Measuring the Atmospheric Turbulence, Including Tip-Tilt”

Dr. Luis Fernando Rodríguez Ramos (IAC)
6 noviembre

“Stellar activity blurring our insight into the properties of exoplanets”

Dr. Mahmoudreza Oshagh (IAC)
10 noviembre

“Environmental Processing in and Around Clusters”

Dr. Gianluca Castignani (EPFL, Lausana, Suiza)
12 noviembre

“SMACK 5: Git version control system basics”

Dr. Ángel de Vicente (IAC)
13 noviembre

“Multiplicity among massive star population”

Dr. Laurent Mahy (KU Leuven, Bélgica)
19 noviembre

“SMACK 6: Intermediate Git”

Dr. Ángel de Vicente (IAC)
20 noviembre

“SHARKS: More than 20 million near-infrared sources across cosmic time”

Dr. Aurelio Carnero (IAC)
1 diciembre

“Software de Control de HORus”

Dña. María F. Gómez Reñasco (IAC)
11 diciembre

“SMACK 7: Computing at the IAC”

Dña. Ana Esteban y Dr. Carlos Allende Prieto (IAC)
16 diciembre

COLOQUIOS IAC

Siguiendo el programa iniciado en 1991, el IAC organiza una serie de conferencias de especial relevancia a las que asiste como invitado un científico de prestigio internacional. Con ello se pretende que los distintos grupos de Investigación tengan una oportunidad complementaria de establecer relaciones con personalidades científicamente relevantes, activas y en vanguardia a nivel mundial. Durante el 2020 tuvieron lugar los siguientes coloquios:

“Mindfulness y Bienestar Psicológico”

Prof. Javier Garcia Campayo (Univ. de Zaragoza)

30 enero

“The Golden Mass of Galaxies and Black Holes”

Prof. Avishai Dekel (Hebrew Univ. de Jerusalem, Israel)

28 mayo

BECAS

ESTUDIANTES DE DOCTORADO

BECAS DE INICIACIÓN A LA INVESTIGACIÓN EN ASTROFÍSICA

El Programa de Verano 2020 (15 de julio - 15 de septiembre) ha ofrecido 6 becas a estudiantes de Máster, para integrarse en grupos de investigación del IAC como iniciación a la investigación en Astrofísica. La convocatoria tiene carácter internacional.

En el 2020 se concedieron becas de verano a los siguientes estudiantes:

- Emma Esparza Borges (Univ. de La Laguna)

Proyecto: "Developing a model of chromatic line-profile tomography of transiting exoplanets"

Directores: Dr. Mahmoudreza Oshagh y Dr. Enric Pallé

- Joanna Sakowska (Univ. de Survey, Reino Unido)

Proyecto: "The missing satellite problem beyond the Local Group"

Director: Dr. Ignacio Trujillo

- Lina Velarde Gallardo (Universidad de Sevilla)

Proyecto: "Atmospheric contamination of high frequency radio surveys in Tenerife"

Directores: Dr Mike Peel y Dr Ricardo Génova-Santos

- Hamza Hanif (Universidad de Santander)

Proyecto: "A TESS view of Galactic Bulge X-ray sources"

Directores: Dr Manuel A. Pérez Torres y Dr. Pablo Rodríguez Gil

- Aaron Jeremia Maas (Georg-August Univ. Göttingen, Alemania.)

Proyecto: "Marginal point spread function estimator for tess images"

Directores: Dr. Roberto Baena y Dr. Johan Knapen

- Idaira Vanesa Yanes Rizo (Univ. de La Laguna)

Proyecto: "De-blending the spectra of point-like objects and extended sources in Integral Field data"

Directoras: Dra. Begoña García-Lorenzo y Dra. Ana Monreal Ibero

NUEVOS ASTROFÍSICOS RESIDENTES

Dentro del programa de Astrofísicos Residentes para realizar la tesis doctoral en el IAC, se han concedido nuevos contratos predoctorales a los siguientes estudiantes:

- Abel de Burgos Sierra (Univ. Complutense de Madrid)

Proyecto: "On the evolutionary nature of massive B-type supergiants: a modern empirical reappraisal using data from IACOB, Gaia and TESS"

Director: Dr. Sergio Simón-Díaz

- Iveth Gaspar Gorostieta (Univ. Nacional Autónoma de México)

Proyecto: "Impact of environment on molecular gas reservoirs probed in distant cluster and field galaxies"

Directores: Dr. Helmut Dannerbauer y Prof. José Miguel Rodríguez Espinosa

- Manuel Mallorquín Díaz (Univ. de La Laguna)

Proyecto: "Exoplanets in young clusters and moving groups"

Director: Dr. Nicolas Lodieu

- Paula Sola La Serna (Univ. de La Laguna)

Proyecto: "Design and manufacturing of freeform achromatic doublet lenses"
 Director: Dr. Jorge Sánchez-Capuchino
 Revuelta

- Fernando Tinaut Ruano (Univ. de La Laguna)

Proyecto: "Exploiting the near-ultraviolet region as a potential diagnostic tool for composition of primitive asteroids"
 Directores: Dra. Julia de León Cruz y Dr. Eri Tatsumi

- Idaira Vanesa Yanez Rizo (Universidad de La Laguna)

Proyecto: "The mass spectrum of stellar black holes in the Galaxy"
 Directores: Dr. Manuel Ángel Pérez Torres y Dr. Jorge Casares Velázquez

ESTUDIANTES DE DOCTORADO CON OTRAS FUENTES DE FINANCIACIÓN

Dentro del programa de Formación del Personal Investigador financiadas por el Ministerio de Economía y Competitividad, han iniciado la tesis doctoral en el IAC los estudiantes:

- Belén Coronado Granados – FPI-PGC (Univ. de Granada)

Proyecto de I+D: PGC2018-095832-B-I00
 "La física de la atmósfera solar: teoría, diagnóstico radiativo y supercomputación"
 Directores: Prof. Fernando Moreno-Insertis y Dr. Daniel Nóbrega Siverio.

- Alex Massaro Ácha – FPI-PGC (Univ. de La Laguna)

Proyecto de I+D: PGC2018-094975-B-C22 "Entornos Galácticos y Evolución: Investigación Teórica con Astrofísica Computacional"
 Director: Dr. Claudio Dalla Vecchia

- Andrés Vicente Arévalo – FPI-PGC (Univ. de La Laguna)

Proyecto de I+D: PGC-2018-102108-B-100
 "Diagnóstico de la atmósfera solar y su contexto estelar"
 Director: Dr. Tanausú del Pino Alemán

- Elena García Broock – FPI-SO (Univ. de La Laguna)

Proyecto de I+D: SEV-2015-0548-19-1 "Severo Ochoa Física Solar"
 Directores: Dr. Tobías Felipe García y Dr. Andrés Asensio Ramos

- Jaume Orell Miquel - FPI-SO (Universidad de La Laguna)

Proyecto de I+D: SEV-2015-0548-19-2
 "High-resolution spectroscopy of exoplanet atmospheres in the era of TESS"
 Directores: Dr. Felipe Murgas Alcaíno y Dr. Enric Pallé Bago

- Laura Elizabeth Scholz Díaz- FPI-SO (Univ. de La Laguna)

Proyecto de I+D: SEV-2015-0548-19-3
 "Formación y evolución de galaxias"
 Directores: Dr. Ignacio Martín Navarro y Dr. Jesús Falcón Barroso

- Jorge Terol Calvo- FPI-SO (Univ. de Valencia)

Proyecto de I+D: SEV-2015-0548-19-4
 "Cosmología SO"
 Director: Dr. Jorge Martín Camalich

TESIS DOCTORALES

En el 2020 se leyeron 12 tesis doctorales. (Ver capítulo 13: *Producción Científica*)

XXXII ESCUELA DE INVIERNO

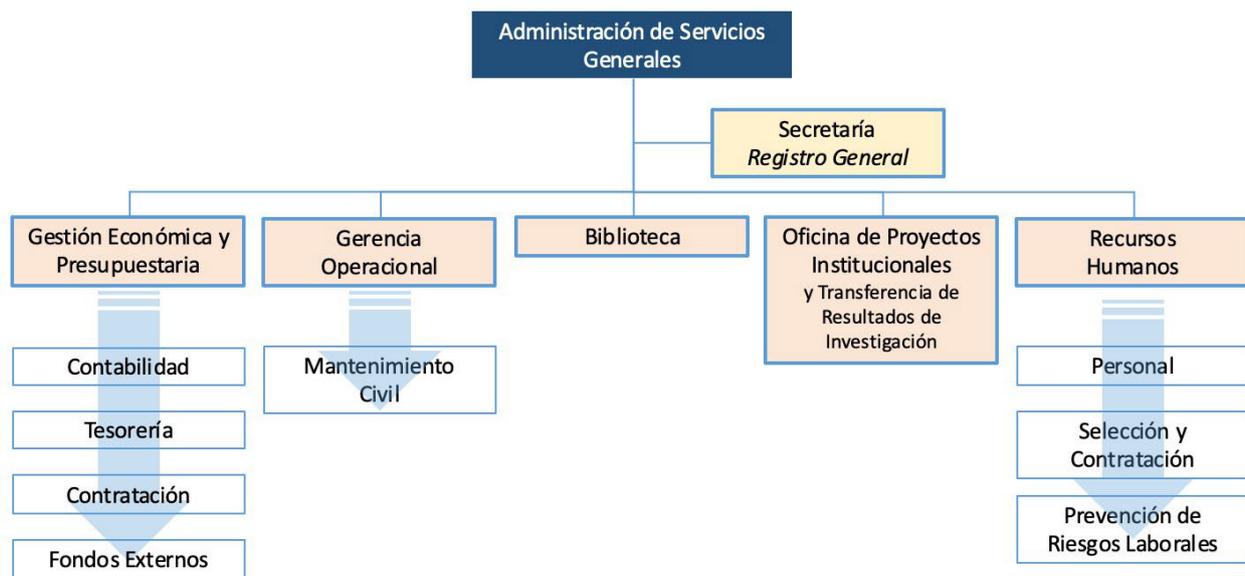
“Formación y Evolución de Cúmulos de Galaxias a lo largo del Tiempo Cósmico”

Este año habría tenido lugar la treinta y dos edición de la Escuela de Invierno de Astrofísica de las Islas Canarias, con el título “Formación y Evolución de Cúmulos de Galaxias a lo largo del Tiempo Cósmico” bajo la organización de los Dres. José Alfonso López Aguirre y Helmut Dannenbauer, pero debido a la pandemia mundial provocada por el COVID-19, se tuvo que posponer.

ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS GENERALES



La Unidad de Administración de Servicios Generales tiene a su cargo las funciones administrativas, operacionales, de recursos humanos, biblioteca, gestión documental, gestión de proyectos institucionales y transferencia de tecnología, para dar soporte a la actividad del IAC y a la Dirección.



Los objetivos específicos durante el 2020, además de los propios relacionados con las funciones de sus distintas Unidades y que se expondrán seguidamente, fueron los siguientes:

- Optimización del proceso de seguimiento del Plan de Actuación Anual. Nuevos informes.
- Despliegue de acciones del Proceso Estratégico de Gestión de Fondos Externos.
- Impulso del grupo de trabajo para el nuevo procedimiento de evaluación del desempeño.
- Seguimiento del Plan de Acciones Correctoras en materia de Seguridad en sedes del IAC.
- Participación en las actuaciones del grupo de trabajo sobre el IV Convenio Único
- Apoyo al desarrollo del soporte administrativo, infraestructuras y servicios para IAC-TEC.
- Sede Electrónica del IAC. Gestión de contenidos y nuevas mejoras
- Plan de Transformación Digital en el IAC. Aprobación del Plan de Acción
- Ley de Transparencia.
- Seguimiento de las actuaciones del Plan de Igualdad. Aprobación III Plan de Igualdad.
- Participación en el Comité de Administración y Finanzas de CTAO GmbH.
- Proceso de estabilización de personal laboral.
- Contribuir a la actualización de contenidos y secciones de la nueva Intranet
- Mejoras en el procedimiento de convenios. Actualización convenios previos a Ley 40/2015.

Además, en 2020, las actividades de coordinación y gestión relacionadas con la alarma sanitaria por COVID-19 han representado una importante carga de trabajo. Desde Administración de Servicios Generales se coordinó la Subcomisión responsable de elaborar e implementar los diferentes protocolos y planes de actuación, de dar seguimiento y actuar frente a las incidencias que se venían produciendo, e informar a Comité de Dirección para una adecuada toma de decisiones.

En la consecución de estos objetivos, tanto para este año como para los siguientes, y para todos sus ámbitos de actuación, la actividad se desarrolla en torno a cuatro pilares fundamentales: (1) orientación a usuario; (2) optimización de todos los procesos implicados; (3) eficiencia de los recursos disponibles, humanos y económicos; y (4) adaptación de procesos y relación con usuarios hacia una gestión telemática y administración electrónica.

ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS GENERALES en grandes cifras

GESTION ECONÓMICA Y PRESUPUESTARIA

Contabilidad	Nº	Variación respecto 2019	Valor k€	Variación respecto 2019
Facturas tramitadas	3.767	-34%	13.880	+14%
Expedientes de viaje	595	-72%	367	-71%
Altas de inventario	550	+21%	5.924	+39%

** Caída significativa del nº de facturas y del número de expedientes de viaje tramitados como consecuencia de la crisis sanitaria del COVID-19. La caída del número de facturas está directamente relacionada con las facturas de viajes.*

Tesorería	Nº	Variación respecto 2019	Importe k€	Variación respecto 2019
Órdenes de pago tramitadas	4.536	-9%	32.338	+11%
Pagos en efectivo	278	-38%	10	-29%

*** Importante esfuerzo para disminuir nuevamente el nº y cuantía de los pagos en efectivo. En 2020 los pagos en efectivo ya sólo suponen un importe residual de 10 mil euros.*

Compras Generales	Nº	Variación respecto 2019	Importe k€	Variación respecto 2019
No informáticas	1.018	-4%	3.793	+61%
Informáticas	121	21%	143	-68%
Biblioteca	36	-16%	120	-6%
Dir. Gral. de Racionalización y CC	17	-51%	1.142	+26%
Certificados exención - Sede Electrónica	286	-22%	N/A	N/A
Expedientes de transporte de mercancías	343	-25%	N/A	N/A

Licitaciones por procedimiento adjudicación	Nº	Variación respecto 2019	Importe k€	Variación respecto 2019
Negociado sin publicidad	5	400%	9.305	+955%
Procedimiento abierto	17	31%	4.866	-23%
Procedimiento abierto simplificado	1	100%	64	100%
Prórrogas	2	-67%	69	-67%
Modificados	2	-33%	38	+27%

Fondos Externos	Nº	Variación respecto 2019	Importe k€	Variación respecto 2019
Requerimientos tramitados	60	0%	-	N/A
Auditorías	3	0%	-	N/A
Subvenciones justificadas	129	+45%	10.959	+8%

** La actividad en 2020 se ha mantenido en los que se refiere al nº de requerimientos atendidos. No ocurre así con el número de subvenciones justificadas, que ha aumentado un 45%.*

GERENCIA OPERACIONAL

Operaciones	Nº	Variación respecto 2019	Importe k€	Variación respecto 2019
Nuevas obras e instalaciones	10	+150%	50	-43%
Seguimiento de servicios externos	20	-17%	500	-28%
Act. específicas en mantenimiento civil	800	-100%	180	+11%
Act. específicas mantenimiento vehículos	60	-58%	100	+108%
Actuaciones específicas en seguridad	9	+125%	30	+50%
Act. específicas gestión medioambiental	3	+50%	80	+1500%
Compra de vehículos	1	0%	120	-20%
Compra de mobiliario y equipamiento	4	+100%	20	0%

*Se han adquirido 4 nuevos vehículos 4x4 PHEV.

RECURSOS HUMANOS

Selección y Contratación	Nº	Variación respecto 2019	Valor k€	Variación respecto 2019
Proc. selectivos de personal funcionario	4	0%	-	-
Proc. selectivos iniciados personal laboral	121	+48%	-	-
Contratación temporal financiación interna	51	+33%	-	-
Contratación temporal financ. externa	73	0%	-	-
Contratación temporal predocs y POP	14	+5%	-	-
Proc. selectivos de promoción interna	0	0%	-	-

Prevención de Riesgos Laborales	Nº	Variación respecto 2019	Valor k€	Variación respecto 2019
Puestos de trabajadores evaluados	3 ¹	-	-	-
Reuniones del CSS	5 ²	0	-	-
Reconocimiento general de salud	613	+100%	-	-
Reconocimiento médico periódico	79	-	-	-
Reconocimiento médico inicial	55	-	-	-
Reconocimiento tras baja larga	6	-	-	-
Reconocimiento caso sospechoso o contacto covid	5	-	-	-
Reconocimiento vulnerabilidad COVID	468	-	-	-
Accidentes de trabajo con baja	1	-83%	-	-
Accidentes de trabajo sin baja	3	-40%	-	-
Enfermedades profesionales con baja	0	-100%	-	-
Simulacros de emergencia	1	+100%	-	-

¹ Se hizo una evaluación covid-19 general de todos los puestos reagrupados en 3 tipos

² Tres de ellas con carácter extraordinario.

No se produjo ningún accidente de trabajo de carácter grave o muy grave.

Formación, Acción Social e Igualdad	Nº	Variación respecto 2019	Valor k€	Variación respecto 2019
Acciones Formación financiadas.	70	+1%	69	-47%
Becas de formación convocadas	17	+1%	-	-
Plan Acción Social: Solicitudes financiadas	285	+6%	20,2	0%

*3^{er} Plan de Igualdad aprobado a finales de 2020. Nueva Comisión de Igualdad.

**OFICINA DE PROYECTOS INSTITUCIONALES Y TRANSFERENCIA
DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN**

Financiación externa y gestión expedientes y proyectos	Nº	Variación respecto 2019	Valor k€	Variación respecto 2019
Solicitudes de financiación tramitadas ¹	48	-53%	26.500 k€	-58%

BIBLIOTECA

Colecciones / Suscripciones	Nº adquiridos 2020	Variación respecto 2019	Nº total	Variación respecto 2019
Libros	1.537	-	21.179	-
Soporte papel	31	-	14.182	-
Soporte digital	1.506	-	6.997	-
Suscripciones a revistas	95	-	95	-
Soporte papel sólo	25	-	25	-
On-line o combinada	70	-	70	-

REGISTRO GENERAL

	Nº	Variación respecto 2019	Valor k€	Variación respecto 2018
Entradas IAC	2.558	-17%	-	-
Salidas IAC	1.191	-11%	-	-
Emisión Certif. FNMT – Persona Física.	88	-60%	-	-

COORDINACIÓN Y GESTIÓN DE LAS ACTUACIONES DEL IAC CON MOTIVO DE LA ALARMA SANITARIA POR COVID-19

Por encima de todas las actividades y objetivos en 2020 que han requerido la intervención directa y continuada desde Administración de Servicios Generales, destaca sin duda alguna la coordinación y gestión de las actuaciones del centro con motivo de la alarma sanitaria por COVID-19. Ha supuesto una carga muy considerable de trabajo, que se ha debido compaginar con el resto de obligaciones y con ritmos de respuesta muy cortos, para poder hacer frente a las exigencias que la situación de pandemia exigía.

Se respondió con celeridad desde el mismo 13 de marzo, cuando se recibe la Resolución del Subsecretario de Ciencia e Innovación sobre flexibilización de la jornada laboral y permanencia en domicilio. De hecho, un día antes, y conforme a las directrices recibidas, se puso en marcha el denominado “Plan de Actuación del IAC ante la emergencia de salud pública de importancia internacional causada por el nuevo coronavirus COVID-19”, y el correspondiente Protocolo para la aplicación de la modalidad no presencial de trabajo. El Plan contempla la creación de la Comisión de Seguimiento COVID-19 (Comité de Dirección) y de una Subcomisión, presidida por el Administrador, que involucra representantes de las diferentes áreas y centros de trabajo y observatorios, así como representante del Comité de Seguridad y Salud y el Jefe de Emergencias.

El 12 de marzo tuvo lugar la primera reunión de esta Subcomisión COVID-19, que en las primeras semanas se reunió diariamente, para pasar posteriormente a una frecuencia de reunión semanal; en 2020 se celebraron 54 reuniones de esta Subcomisión. La comunicación e información suministrada a los Delegados de Prevención y a los representantes de los trabajadores ha sido también la práctica habitual.

Asimismo, se participó en todas las reuniones de seguimiento organizadas desde la Subsecretaría de Ciencia e Innovación con el resto de OPIS, para ajustar nuestra forma de proceder a las indicaciones transmitidas desde el Ministerio.

El 18 de marzo se habilitó una sección específica “alerta coronavirus” en nuestra intranet, en la que se encuentran los documentos más relevantes e información de interés. Esta sección se sigue manteniendo activa.

Las actuaciones llevadas a cabo han sido las propias de esta situación: elaboración y aprobación de planes y protocolos, aprovisionamiento de equipos de protección individual (mascarillas, etc.), señalización constante y actualizada, determinación de aforos por secciones, información periódica, limpieza, desinfección de instalaciones, protocolos de actuación ante contactos estrechos, y un largo etcétera.

El IAC, con el impulso de su Subcomisión y Comisión, así como con una destacada dedicación del personal de la UPRL, ha ido respondiendo en tiempo y forma a las exigencias que la propia alarma sanitaria ha ido, y sigue aún, imponiendo. Desde el punto de vista preventivo, esta crisis sanitaria ha sido una gran oportunidad para demostrar que las actuaciones globales, a nivel de todos los niveles jerárquicos de la organización, y un objetivo común, como es la seguridad y salud del personal, es garantía de éxito. El IAC ha tratado de actuar, tanto para su personal como para terceros, con la máxima comunicación, transparencia y toma de decisiones acordes al momento, con resultados, consideramos, muy positivos. Todo esto ha sido una importante carga de trabajo para todos.

GERENCIA ADMINISTRATIVA

GESTIÓN ECONÓMICA Y PRESUPUESTARIA

La Gerencia Administrativa es responsable de la gestión contable, financiera, económica, administrativa y presupuestaria de la Administración de Servicios Generales, dando soporte a la actividad general del IAC. Para llevar a cabo sus fines se estructura en las unidades de contabilidad y tesorería, presupuesto e inventario, contratación y fondos externos. Entre las actividades que son propias de esta Gerencia están las de impulsar y participar en la elaboración de los presupuestos anuales, asesorar al resto de Áreas del Instituto en los procesos de gestión y control de los fondos internos y externos, y mantener actualizada la información contable y presupuestaria. Por la naturaleza de las competencias que tiene atribuidas sirve de enlace en las relaciones con otras administraciones públicas, como la IGAE, AEAT, Tribunal de Cuentas y otras.

Durante el pasado 2020 ha seguido operando como vínculo con el INE y resto de entidades que solicitan datos para la elaboración de informes estadísticos. De este modo, se han elaborado las encuestas solicitadas, estadística de créditos públicos de I+D, actividades de I+D, Informe Reina, etc.

En relación con la cartera de seguros del IAC, la Gerencia Administrativa actúa como enlace con las aseguradoras contratadas para coordinar las acciones de seguimiento, mejora y nuevas propuestas.

Desde el punto de vista de la mejora de la gestión, se han implementado las recomendaciones incluidas en los informes de las auditorías y control financiero realizados por la IGAE. Entre estas mejoras, cabe mencionar la disminución de facturas tramitadas sin previa solicitud de pedido, en un volumen del 70%, gracias a que los suministros de energía eléctrica, combustible y papel han pasado a tramitarse bajo contratación centralizada.

En lo que se refiere a la gestión de procesos, se está trabajando en desarrollar un procedimiento de tramitación de gastos menores que permitirá agilizar los tiempos y reducir la carga

de trabajo relacionada con la tramitación de pequeños gastos de funcionamiento del IAC.

Se sigue avanzando en la estandarización de los formularios para solicitudes por parte de los usuarios a los que presta servicios la Administración del IAC y se ha hecho un esfuerzo en trasladar todos estos formularios a la nueva Web interna. En cuanto a formación, se han organizado las acciones formativas previstas en el plan de actuación para este año.

Con motivo de la declaración del estado de alarma en marzo de 2020, provocada por la crisis sanitaria del COVID-19, y el confinamiento domiciliario asociado, las distintas unidades del área se tuvieron que reorganizar y coordinar con el resto de departamentos, resultando en una rápida adaptación y en unos óptimos resultados, manteniendo el normal funcionamiento de las mismas por medio del teletrabajo.

También con motivo de la crisis sanitaria del COVID-19, el IAC realizó por primera vez en su historia contrataciones de emergencia. Estas contrataciones fueron necesarias para contar con un servicio de vigilancia en los Observatorios que garantizase la seguridad de las instalaciones tras su cierre temporal. Y también fue necesario contratar la adquisición de EPIs para la protección de los empleados que tuviesen que acudir a sus puestos de trabajo de forma presencial.

Durante el ejercicio 2020 se ha conseguido mantener una gestión eficiente de las facturas con el fin de dar cumplimiento a la obligación de hacer efectivo el pago a los proveedores dentro del período de 30 días que marca la ley. En el año 2020 dicho período medio de pago a proveedores ha sido de 32,7 días.

Como en años anteriores, y gracias a la implicación de todo el personal del Departamento de Contabilidad, se ha conseguido finalizar el proceso de cierre contable para cerrar el año a fecha 31 de enero de 2021, con el fin de iniciar las labores de formulación de cuentas anuales durante el mes de febrero. Como consecuencia, la carga del presupuesto de 2021 y la apertura del nuevo ejercicio contable se ha realizado a mediados de enero, permitiendo al

personal del IAC comenzar a ejecutar el presupuesto anual desde el inicio del año.

Asimismo, en el 2020, impulsados también en este aspecto por la crisis del COVID-19, se ha conseguido eliminar casi la totalidad de facturas en papel. Los proveedores nos facilitan las mismas a través del sistema FACE de la Administración General del Estado o por correo electrónico, firmadas electrónicamente.

En lo que respecta a Tesorería, se ha continuado con la reducción del volumen de los pagos en efectivo en cumplimiento de las recomendaciones incluidas en los informes de la Intervención Delegada de años anteriores. Estos se han reducido en un 38% (un 71% en los últimos

dos años) y en importe total ya sólo suponen 10 mil euros al año. También en 2020 se ha homogeneizado la estructura de firmas autorizadas en todos los bancos con los que trabaja el IAC.

Una vez más, se ha mantenido la política de transparencia, fidelidad y claridad en los informes periódicos de la situación de las cuentas bancarias, traspasos realizados, solicitudes de fondos, etc.

Como hito importante, se produjo en enero de 2020 la incorporación del nuevo Responsable de Gestión Económica y Presupuestaria, que ha impulsado y se ha responsabilizado de las actividades de esta Gerencia.

GERENCIA OPERACIONAL

La Gerencia Operacional está estructurada como una Unidad de la que dependen la infraestructura, el mantenimiento y los servicios de la sede central del IAC y cuyas principales actividades son:

- La gestión de obras civiles y nuevas Instalaciones, desde la definición del alcance, la contratación y supervisión de los proyectos y la contratación y el control de ejecución de los trabajos para garantizar que se cumplen alcance, presupuesto y plazo.
- La gestión de servicios externos, incluyendo la definición de los pliegos de prescripciones técnicas y el seguimiento y control de operación de las más de 20 empresas externas que prestan servicios para el funcionamiento de la Sede Central.
- La supervisión del mantenimiento civil del edificio, incluyendo sus más de 15 instalaciones generales, siendo el responsable directo el Jefe de Mantenimiento civil, quien es el encargado de la planificación y control de su equipo de técnicos y de las subcontratas que realizan los mantenimientos especializados.
- La gestión del parque móvil del IAC, incluyendo las compras de nuevos vehículos, las bajas de vehículos y la supervisión del mantenimiento de los vehículos asignados a la sede central y a los desplazamientos hacia el observatorio del Teide, cuyo responsable directo es también el Jefe de Mantenimiento civil
- La Coordinación de las Actividades Empresariales de los contratistas bajo su responsabilidad, en estrecha colaboración con la Unidad de Prevención de Riesgos Laborales.
- La participación activa en la Gestión Medioambiental y la Gestión Energética del edificio, figurando como responsable de ésta última ante el Ministerio de Economía y Competitividad y el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía).
- La adquisición del mobiliario y del equipamiento general de los más de 300 puestos de trabajo existentes en la Sede Central.

- Las relaciones y gestiones con las empresas de suministro eléctrico, agua y telefonía. Y las relaciones y gestiones con las administraciones locales: Ayuntamiento de La Laguna y Cabildo de Tenerife en las Áreas de su competencia.

- La Gerencia Operacional también colabora puntualmente con las demás sedes en la definición y ejecución de algunas de sus infraestructuras y servicios generales.

A pesar de lo difícil que fue el año 2020 por razones derivadas de la pandemia por Covid-19, en la sede central del IAC se realizaron varias actuaciones relacionadas con obras nuevas e instalaciones, entre ellas:

- Proyecto para la remodelación de despachos en el departamento de recursos humanos.
- Ejecución de dos marquesinas para el aparcamiento de motos y bicicletas.
- Obras generales tales como: impermeabilizaciones de cubierta, canalizaciones e imbornales en el exterior y cierre del anillo de agua de abasto.
- Sustitución del equipo de climatización del laboratorio de metrología
- Instalación de pantalla acústica para la minimización de molestias por ruido en los despachos del servicio de informática.
- Mejoras en el sistema de protección contra incendios.

En el área medioambiental, durante 2020 se realizaron las siguientes actuaciones:

- Instalación de sistema de climatización con apoyo energético de energía solar fotovoltaica en módulo MOB.
- Proyecto y dirección climatización con energía solar fotovoltaica para módulo MOC
- Gestión de residuos del centro.
- Compra de 4 vehículos Mitsubishi Outlander PHEV (híbridos enchufables).

PRESUPUESTO Y FONDOS

EJECUCIÓN DEL PRESUPUESTO
CUENTAS FORMULADAS 2020

FINANCIACIÓN GENERADA		
ORIGEN FONDOS PRESUPUESTARIOS	(Miles de €)	
DE LAS ADMINISTRACIONES CONSORCIADAS		15.510,00
- Administración del Estado	10.950,00	
- Comunidad Autónoma	4.560,00	
OTROS **		23.054,64
- Otros Ministerios		
- Contratos, acuerdos, etc., con financiación externa	21.243,96	
- Venta de servicios y otros	1.810,68	
TOTAL FINANCIACION		38.564,64

GASTOS REALIZADOS		
DESTINO FONDOS	(Miles de €)	
- Personal	18.048,63	
- Funcionamiento (suministros y m. fungible)	3.860,68	
- Financieros	121,32	
- Transferencias corrientes	828,97	
- Inversiones reales	5.719,15	
- Activos financieros	34,00	
- Pasivos financieros	0,00	
- Compras	2.058,17	
TOTAL GASTOS		30.670,92
FONDO DE MANIOBRA POSITIVO *		7.893,72

* El "FONDO DE MANIOBRA POSITIVO" contempla el remanente que sufragará gastos de anualidades futuras

** En "OTROS" se recogen derechos reconocidos tanto para el ejercicio presente como para ejercicios futuros.

FONDOS ESTRUCTURALES Y FONDO SOCIAL EUROPEO

A lo largo del año 2020 la actividad del centro ha contado con cofinanciación procedente de Fondos Europeos.

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL (FEDER)

Estos fondos se han recibido en el marco de diferentes programas de financiación.

- Correspondiente al Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2017-2020, procedente del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, se han recibido las siguientes ayudas pertenecientes a la convocatoria del año 2019 cofinanciadas por el FEDER, del Programa Estatal de Generación del Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema de I+D+i., Subprograma de Infraestructuras de Investigación y Equipamiento Científico Técnico.

Referencia de las ayudas	Título de la actuación
EQC2019-006662-P	METRO-OPTICA
EQC2019-006692-P	LIFEM OPTO-ELECTRONI
EQC2019-006690-P	LIFEM OPTO-FOTONICA
EQC2019-006624-P	CRIOGENIA
EQC2019-006594-P	EQUIPAMIENTO EMIAC
EQC2019-006548-P	EQUIP. INF. LISA
EQC2019-005827-P	LIFEM OPTO-MECANICA
EQC2019-006713-P	DIAGNÓSTIC LASER LGS

- En el marco del Programa Operativo FEDER Canarias 2014-2020, de la convocatoria de expresiones de interés, se ha concedido un préstamo reembolsable al proyecto del IAC de Equipamiento e Infraestructura de I+D Públicas denominado "Centro de Óptica Avanzada y Laboratorio Fotónico (COALF)".

FONDO SOCIAL EUROPEO (FSE)

En el marco del Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2017-2020, se le ha concedido al IAC, ayudas cofinanciación por el Fondo Social Europeo, del Programa Estatal de Promoción del Talento y su Empleabilidad, Subprograma Estatal de Formación, convocatoria de 2019. En concreto las Ayudas para contratos predoctorales para la formación de doctores, siguientes

Referencia predoctoral	Título de la actuación
PRE2019-090534	VICENTE ARÉVALO, ANDRÉS
PRE2019-088629	MASSARO ACHA, ALEX
PRE2019-089992	TEROL CALVO JORGE
PRE2019-088573	SCHOLZ DÍAZ, LAURA ELIZABETH
PRE2019-090276	ORELL MIQUEL, JAUME
PRE2019-090464	GARCÍA BROOK, ELENA

OTRAS ACTUACIONES DESDE SERVICIOS GENERALES

GESTIÓN Y TRAMITACIÓN DE CONVENIOS Y OTROS ACUERDOS

Desde Administración de Servicios Generales se ofrece asesoramiento para la elaboración y tramitación de convenios, de forma que cumplan con lo previsto por toda la normativa que es de aplicación (especialmente la Ley 40/2015 de Régimen Jurídico del Sector Público), y que tengan los contenidos mínimos como para adquirir la naturaleza jurídica que se desea. Asimismo, se ofrece el asesoramiento necesario para garantizar que los derechos y obligaciones del IAC en el acuerdo se corresponden con el propósito a perseguir. Posteriormente, con la conformidad del CD, o una vez se han implementado las propuestas de mejora pertinentes, se tramita el documento para la obtención de las correspondientes autorizaciones previas a su firma, y posterior publicación.

Como novedad en 2020, se ha tramitado el primer convenio por parte del IAC bajo la Ley 25/2014, de 27 de noviembre, de Tratados y otros Acuerdos Internacionales. Se trata del convenio con la Universidad de Turku para la operación del telescopio NOT en el ORM. Este convenio se ha tramitado como Acuerdo Internacional administrativo, al amparo de la citada Ley y de los Acuerdos Internacionales de Cooperación en materia de Astrofísica de 1979, y se publicó en el BOE el 3 de octubre.

En este último año además se han tramitado también otros acuerdos, como Acuerdos Marco o Conciertos Específicos de cooperación educativa y formación.

A fecha de 31 de diciembre se habían firmado 20 acuerdos de diferente tipología.

Ámbito de colaboración	Ley 40/2015 Régimen Jurídico del Sector Público	Ley 25/2014 Tratados y Otros Acuerdos Internacionales	Otros (Acuerdo Marco, etc)
Internacional	2	1	6
Nacional	4	0	7

Además, se han tramitado una decena más de convenios que han supuesto un mayor volumen de trabajo, pero que no se ha visto reflejado en números por no culminar el proceso en el año 2020 (firma o publicación).

Con el objeto de que cualquier ciudadano pueda acceder a la información de los convenios firmados, y dar cumplimiento a lo establecido en la Ley 19/2013, de Transparencia, Acceso a la Información Pública y Buen Gobierno se ha publicado en la página web del IAC, la información detallada sobre los firmantes del acuerdo, propósito del mismo, periodo de vigencia y otros detalles de interés. A nivel interno, se publican en la sección Solicitudes y Servicios los siguientes documentos: procedimiento para la tramitación de convenios, flujograma, memoria justificativa y formulario de propuesta de inicio, con el fin de facilitar la tramitación por parte de los interesados.

A finales de 2020 se publicaban varias modificaciones de la Ley 40/2015 que afectan a la tramitación de los convenios, dando nueva redacción a varios artículos de la misma, en los que se acotan los plazos de la emisión de los informes preceptivos y la entrada en vigor de los convenios, lo que se espera que ayude a agilizar la tramitación de los expedientes.



PLAN DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL

Las actuaciones del IAC en materia de administración digital no se limitan sólo a la puesta en marcha de herramientas como la web, la sede electrónica o el propio registro. En febrero de 2019 se arrancó el proyecto Plan de Transformación Digital (PTD). Se están llevando a cabo los estudios y planteamientos necesarios para abordar esa transformación digital en el IAC. Para ello, se están siguiendo en todo momento las indicaciones dispuestas por la AGE, y el documento de directrices publicado por la Secretaría General de Administración Digital para elaborar un plan de acción específico.

Se ha realizado un análisis del estado actual del IAC en relación con las medidas propuestas en el PTD para identificar el punto de partida. Esto se ha llevado a cabo principalmente a través de encuestas y reuniones con las distintas unidades, y haciendo un análisis de las distintas herramientas y servicios de los que disponemos actualmente.

También se están estudiando las condiciones para el Teletrabajo y para la definición de los requisitos del puesto de trabajo digital, atendiendo siempre a las regulaciones dictadas por la AGE. Además, se quiere promover el uso de herramientas colaborativas.

El documento “Plan de Acción para la Transformación Digital del IAC” fue aprobado a finales de 2020, y contempla sub-proyectos y actuaciones por un periodo de dos años. El proceso de Transformación Digital conlleva muchos cambios que se irán incorporando de forma progresiva a lo largo de los próximos años.

Fases del Proyecto PTD



TRANSPARENCIA

Se sigue actualizando y ampliando la sección de “Portal de Transparencia”. Con la nueva web se rediseñó este portal, mejorando alguna de las secciones para poder aportar un contenido más claro y, sobretodo, accesible. Además, se ha creado la versión en inglés del portal.

A mediados de 2019 el IAC destacaba en transparencia, ocupando el 3er puesto en el ranking elaborado por DYNTRA.ORG, que ha medido la transparencia en los 90 Organismos Públicos dependientes de la AGE, a través de un índice adaptado a las particularidades de estas organizaciones. En los últimos meses, no decayendo la puntuación asociada al IAC, sí que ha bajado a un sexto puesto, al avanzar en la lista Salvamento Marítimo, ICEX y la Autoridad Independiente de Responsabilidad Fiscal (AIReF).

Durante 2020, independiente de la situación en la lista, estaba previsto mejorar en 10 puntos el grado de cumplimiento, lo que nos situaría en un segundo puesto. Si bien, como consecuencia de tener que dedicar un mayor número de recursos a las necesidades por la alarma sanitaria, se ha tenido que posponer esta mejora a 2021. En concreto, estos recursos fueron destinados a la creación y actualización de la web interna sobre coronavirus, documentación, informes, etc. Sobre esta actividad se habla en otro apartado de este informe.

BIBLIOTECA

El cometido principal de la Biblioteca del IAC es ofrecer servicios de información científica de soporte para la actividad investigadora y de desarrollo tecnológico del centro. Además desde 2019, tiene un cometido adicional relacionado con la gestión documental y de archivos.

Para cubrir las necesidades de información de sus usuarios, la Biblioteca gestiona los servicios de adquisición de bibliografía, de préstamo de libros y visitantes invitados así como el de préstamo interbibliotecario. El acceso a los recursos de la Biblioteca se facilita a través de la Web externa que permite consultar el catálogo de libros y revistas online así como las bases de datos bibliográficas especializadas suscritas.

Durante este año 2020, todas las actividades se han visto condicionadas y alteradas por la crisis sanitaria debida a la pandemia COVID-19. En marzo, cuando se decretó el confinamiento, la Biblioteca física cerró, el personal empezó a teletrabajar y tuvo que organizar sus puestos de trabajo y la prestación de servicios minimizando los inconvenientes para los usuarios.

Aprovechando el lanzamiento de la nueva intranet del IAC, se crearon contenidos sobre los servicios de la Biblioteca para que los usuarios supieran cómo acceder a los recursos electrónicos remotamente, y facilitarles las solicitudes de servicios. Además se les informó directamente a través de mensajes de correo.

A pesar de las circunstancias, en 2020, la Biblioteca ha seguido ofreciendo todos sus servicios realizando las siguientes actividades:

ADQUISICIÓN DE BIBLIOGRAFÍA Y PRÉSTAMO

La política de adquisiciones se ha centrado como en años anteriores en las adquisiciones de libros de astrofísica y materias relacionadas con el desarrollo de instrumentación astronómica. Se han comprado en formato electrónico las series de libros más relevantes para el campo de la astrofísica: Proceedings of the International Astronomical Union Symposia and Colloquia, Proceedings of the Astronomical Society of the Pacific, SPIE Digital Library así como la colección de libros de Física y As-

tronomía de la editorial Springer de 2020 así como la del periodo 2000-2004, ampliando retrospectivamente el acceso a dicha colección. También se han comprado libros a petición de los usuarios que en muchas ocasiones, prefieren el formato en papel.

En 2020, se cambió la modalidad de acceso a la colección completa de normas de AENOR: se sigue accediendo en modo lectura, facilitando la selección de normas que interesan sobre todo en el Área de Instrumentación y Gerencia Operacional pero además, el personal de la Biblioteca puede bajar los ficheros pdf de cualquier norma que requiera un usuario. Es decir, no hay un límite en cantidad como en años anteriores.

Las revistas científicas y técnicas han sido renovadas suscribiendo la mayoría a la versión online y sólo se han renovado en papel aquellas revistas que no ofrecen versión digital o que la ofrecen a un precio demasiado alto. Éstas últimas representan una décima parte del total de suscripciones.

Se ha continuado con la colaboración con la biblioteca del Isaac Newton Group of Telescopes (ING) renovando las suscripciones conjuntas IAC-ING a varias revistas de Astrofísica.

El servicio de préstamo de libros en papel ha sido el más afectado por la situación de pandemia ya que tuvo que ser suspendido desde marzo hasta junio. No obstante, cuando un usuario lo ha necesitado se han buscado alternativas para obtener la publicación en formato electrónico. A partir de finales de junio, al establecerse días presenciales de trabajo, se restauró el préstamo de libros en papel, estableciéndose un sistema de reserva previa ya que solo el personal de la Biblioteca puede acceder a la sala de libros.

Este año, se han recibido más solicitudes de artículos por parte de los usuarios bien porque no se podía acceder a las colecciones online al trabajar remotamente, bien porque no se tenía acceso a lo que necesitaban. En ambos casos, el personal ha gestionado las solicitudes descargando los artículos requeridos o solicitándolos a través del préstamo interbibliotecario. Se ha renovado la participación del IAC en la licencia nacional gestionada por la Funda-

ción Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), para el acceso a las bases de datos bibliográficos de ISI Web of Science.

Gracias a esas bases de datos, la Biblioteca colabora con otras áreas o departamentos del IAC en temas bibliográficos y bibliométricos, recopilando, los indicadores de calidad de la producción del IAC, diferentes informes de evaluación de la producción científica del IAC y ayuda en la actualización de la base de datos de dicha producción científica, IACPub que mantiene el Área de Investigación.

FORMACIÓN DEL PERSONAL

Toda la formación realizada por el personal este año ha sido en modalidad online con la asistencia a 5 webinars de Web of Science para ampliar el conocimiento y uso de los diferentes servicios, uno de Crossref sobre registro de contenido y metadatos, así como a actividades formativas sobre teletrabajo, seguridad informática, prevención de riesgos laborales relacionados con la COVID-19 y protección contra incendios. También, se ha profundizado en la formación en igualdad de género con la realización de dos cursos, uno básico y otro avanzado organizados por el Ministerio de Investigación e Innovación.

COMITÉ DE BIBLIOTECA

El Comité de Biblioteca se reunió por videoconferencia durante el confinamiento para evaluar la organización de los servicios en relación a las necesidades de los usuarios que no siempre podían acceder a los recursos online a través de la conexión VPN. Se valoraron positivamente los contenidos elaborados para informar a los usuarios y se acordó seguir trabajando para facilitar el acceso a las publicaciones online privilegiando las colecciones digitales frente a las de papel.

PARTICIPACIÓN EN OTROS PROYECTOS, COMISIONES O GRUPOS DE TRABAJO

Por otro lado, el personal ha continuado participando en grupos de trabajo como el Grupo de Evaluación del Desempeño y el de Estudio del Convenio Único así como en proyectos transversales del IAC relacionadas con la aplicación de la Ley de Transparencia, la Igualdad de Género, el nuevo portal Web del IAC interno y externo, la protección de datos personales y el Plan de Transformación Digital.

OFICINA DE PROYECTOS INSTITUCIONALES Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN (OTRI)

La OTRI del IAC desarrolla su actividad desde hace más de 30 años, y se centra actualmente en el fortalecimiento institucional del IAC a través del impulso y gestión de proyectos estratégicos que el IAC mantiene con el entorno nacional e internacional para el desarrollo de grandes infraestructuras científicas, la potenciación de los Observatorios, la financiación de la actividad investigadora del centro, la explotación industrial de los desarrollos tecnológicos y una mayor coordinación con la comunidad científica y tecnológica.

Las actuaciones más relevantes llevadas a cabo durante el 2020 se muestran a continuación.

Línea de actuación y tipo de servicio	Actuaciones más relevantes a resaltar en el 2020
1.- Financiación I+D+i. Información, gestión y coordinación de solicitudes de financiación externa	<ul style="list-style-type: none"> - Web de la OTRI del IAC y envío semanal de información. - Asesoramiento especializado sobre propuestas de I+D enviadas a una decena de programas de financiación externa. - 48 nuevas propuestas en 2020 (26,5 M€): 9 concedidas, 2 renunciadas, 15 en evaluación y 22 denegadas. Entre las actuaciones aprobadas se incluyen: el programa de Capacitación Tecnológica del Cabildo de Tenerife, el proyecto PILAR IAC Europa Redes gestores, H2020 ORP - Opticon RadioNet Pilot, o el Erasmus+ ECAPS:E-C-S - European Collaborating Astronomer ProjectS: España-Czechia-Slovakia, entre otros. - Participación en reuniones virtuales a nivel nacional y europeo en relación con programas presentes y futuros de financiación de I+D+i. - Organización de seminario sobre Programas de financiación y actividad de la Oficina.
2.- Actividad de I+D+i del IAC y sus capacidades tecnológicas	<ul style="list-style-type: none"> - Memoria de Actividades de I+D+i e información específica para distintas entidades regionales, (Cabildos, Clúster empresariales), nacionales (CDTI, MCIU, ICTS) e internacionales (consorcios de proyectos y CE). - Participación en foros nacionales e internacionales (SOMMA, Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, Debate sobre el papel de la RUPs en la I+D comunitaria) y otros encuentros en relación con las capacidades tecnológicas del IAC.
3.- Proyectos Institucionales. Infraestructuras I+D+i y otras actuaciones de carácter internacional	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión del Proyecto "IAC - Centro de Excelencia Severo Ochoa 2020-2023". - EST (PRE-EST, Oficina de Proyecto, SOLARNET); Cherenkov Telescope Array (CTA); New Robotic Telescope, Equipamiento científico y tecnológico FEDER; WEAVE; 4LST, 5MST, GTCAL-LS; OPTICON-H2020; FORWARD, POLMAG, PI2FA, WUROCC, COALF, WHOLESUN, SUNDIAL, MICAL, MNLPRES, DIGESTIVO, etc. - Apoyo en la elaboración del Plan Estratégico IAC 2018-2021 y del Plan Estratégico de Observatorios de Canarias 2017-2020, incluyendo la coordinación del grupo de trabajo para las infraestructuras científico-técnicas y servicios institucionales para el Desarrollo Estratégico de los Observatorios de Canarias (INSIDE OOC). - Centro de Sistemas Ópticos Avanzados (CSOA).
4.- Transferencia de Tecnología	<ul style="list-style-type: none"> - IACTEC. Apoyo a la actividad del centro de colaboración tecnológico-empresarial del IAC. - Apoyo a la participación del IAC en el CIDIHUB. - Tramitación del NDAs.
5.- Otras	<ul style="list-style-type: none"> - Representación institucional en diversos eventos. - Actuaciones de formación del personal de la Oficina.

HITOS Y RESUMEN DE ACTIVIDADES

1.- PROYECTOS DE I+D+I DE FINANCIACIÓN EXTERNA. INFORMACIÓN, ASESORAMIENTO Y GESTIÓN

Durante el 2020, se presentaron un total de 48 actuaciones, por una cuantía global de algo más de 26,50 millones de euros. Del total, 25 se han presentado al programa H2020 y otras 2 a convocatorias de otros programas de la Comisión Europea e Internacionales. Las otras 21 se han presentado de forma distribuida a la Agencia Estatal de Investigación y Subdirecciones Generales del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, al Gobierno de Canarias y Cabildo Insular de Tenerife, así como a otros programas específicos de financiación. Hasta la fecha, un total de 9 propuestas han sido concedidas y gran parte de éstas han comenzado a ejecutarse.

En el ámbito comunitario cabe destacar el apoyo continuado de la OTRI a la preparación de propuestas en H2020 y otros programas Europeos, y el apoyo específico prestado a la negociación de contratos y gestión de diversos proyectos colaborativos de H2020: FORWARD, MACARONIGHT, SOLARNET, OPTICON, PRE-EST, POLMAG, DIGESTIVO, NEOROCKS, NEO-MAPP, BID4BEST, SUNDIAL, GALSIZ, RDA y ExoMAC, entre otros. Asimismo, la OTRI del IAC ha participado también muy activamente en diversas actividades organizadas por la Comisión Europea y por nuestros representantes nacionales en relación con el Programa Marco H2020.

En el ámbito nacional destaca, por su relevancia para el centro, la concesión del nuevo programa Severo Ochoa para el periodo 2020-2023 que se gestiona directamente desde la OTRI. Por otra parte, la OTRI ha realizado labores de gestión e intermediación con el MCIU en la ejecución del proyecto de equipamiento científico y técnico aprobado al IAC con un total de 8 actuaciones por un importe superior a dos millones de euros. Asimismo, hay que destacar el apoyo de la OTRI en el seguimiento de los convenios ICTS a favor de los proyectos CTA, WEAVE, EST, Nodo de Supercomputación La Palma y servicios comunes en el ORM por un valor próximo a 28M€ (con FEDER de 23,67 M€).

La OTRI ha conseguido además financiación para ejecutar el proyecto estratégico PILAR-IAC-Europa, que permitirá la consolidación y capacitación de una estructura de

apoyo especializada en financiación Europea dentro de la Oficina de Proyectos Institucionales del IAC, y con ello el aumento significativo de la participación del IAC y de sus entidades asociadas (IACTEC/ Fundación Starlight/Gran Telescopio de CANARIAS) en proyectos y programas europeos, con especial énfasis en Horizonte Europa.

En el ámbito regional, se continúa prestando el seguimiento al convenio de colaboración entre GTC, IAC y ACIISI, para financiar el desarrollo del Sistema de Estrella Láser Guía para la Óptica Adaptativa del telescopio GTC. La financiación representa alrededor de los 2,7 M€, con una cofinanciación al 85% de Fondos Estructurales de la Unión Europea. Igualmente se está prestando el asesoramiento para la gestión de las dos subvenciones directas aprobadas para el establecimiento de la Oficina del Proyecto EST (4,5 M€), y la construcción del Nuevo Telescopio Robótico de 4 m (2 M€). Por otra parte, se han aprobado 2 solicitudes de Expresiones de Interés para la convocatoria de Infraestructuras del Gobierno de Canarias, también financiados con fondos FEDER.

Asimismo, la OTRI se encargó de la organización de sesiones virtuales informativas y talleres prácticos sobre oportunidades de financiación. Igualmente mantuvo diversas reuniones de trabajo con el personal investigador interesado en presentar propuestas de financiación y procedió a realizar revisiones técnicas y administrativas de las propuestas presentadas.

Por último, ha de remarcarse la labor de asesoramiento y coordinación realizada desde la OTRI para la participación del IAC en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de España, en el que se incluye la I+D+i como elemento clave. En este sentido, el IAC ha conseguido financiación para dos medidas estratégicas con una inversión de 22 M€: "Tecnologías de vanguardia para la instrumentación astrofísica" y "Nuevas Tecnologías para Sistemas Ópticos Avanzados".

2.- ACTIVIDADES DE I+D+I Y SUS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS

En relación con la difusión de las capacidades científicas y tecnológicas del IAC, buena parte de las actividades de este tipo se han llevado a cabo en el marco de los proyectos institucionales que se exponen más adelante.

Por otra parte, se han preparado más de una decena de informes sobre la actividad del IAC y sus capacidades, para entidades de diversa naturaleza.

3.- PROYECTOS INSTITUCIONALES. PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA CIENTÍFICA Y TÉCNICA Y ACTUACIONES SIMILARES DE CARÁCTER INTERNACIONAL

Durante el 2020 cabe destacar las siguientes actividades de carácter institucional gestionadas desde la OTRI del IAC o en las que se ha participado muy activamente.

3.a. IAC - Centro de Excelencia (SEVERO OCHO y SOMMa)

En 2020, se ha tramitado el cierre técnico y económico del Programa Severo Ochoa anterior, a la espera de que sea auditado. Asimismo, se ha obtenido la resolución de concesión favorable para el periodo 2020-2023, comenzando la ejecución en junio de 2020. Para este nuevo periodo todas las actuaciones de investigación se estructurarán en seis grandes líneas: "Física Solar", "Exoplanetas y Sistema Solar", "Física Estelar e Interestelar", "Vía Láctea y Grupo Local", "Formación y Evolución de Galaxias" y "Cosmología y Astropartículas".

Durante el 2020, el IAC ha ejecutado la primera anualidad del proyecto dirigida fundamentalmente a la contratación de personal de investigación y a sendas convocatorias de proyectos tecnológicos y de grandes Surveys por valor superior 1 M€.

El Programa Severo Ochoa dará apoyo a una decena de desarrollos instrumentales llevados a cabo en el IAC de especial relevancia para alcanzar los objetivos fijados en el Programa de Investigación. Los fondos asignados se han destinado tanto a contratación de tecnólogos como a financiación de equipamiento, hardware y software de relevancia para las actuaciones. Además se han seleccionado 2 proyectos de gran impacto vinculado a Surveys internacionales, a los que se dotará con personal de investigación para su exitosa implementación.

Por otra parte, con objeto de reforzar los grupos de investigación dentro de las líneas prioritarias antes mencionadas, se han seleccionado 5 candidatos en formación dentro de las convocatorias de contratos pre-doctorales Severo Ochoa.

Dentro del programa de movilidad, se ha iniciado la difusión de oportunidades de estancias cortas de profesores senior en el IAC, con una duración cada una de entre uno y tres meses, condicionadas a la evolución de la situación adversa ocasionada por el COVID-19.

Durante el año 2020, el IAC ha continuado su participación en la Alianza de Centros Severo

Ochoa y Unidades María de Maeztu (SOMMa), participando en los grupos de transferencia de tecnología y gestión.

3.b. Telescopio Solar Europeo (EST): PRE-EST, SOLARNET, MICAL y Oficina EST

EST será el mayor telescopio solar jamás construido en Europa. Con un espejo primario de 4,2 m y la más moderna tecnología, proporcionará a los astrónomos una herramienta única para entender el Sol y cómo éste determina las condiciones meteorológicas del espacio.



Representación artística del Telescopio Solar Europeo (EST) en las cumbres de los Observatorios de Canarias.

Se trata de un proyecto ESFRI desde 2016. El EST está liderado por el IAC en colaboración con la Asociación Europea de Telescopios Solares (EAST), con el objetivo principal de culminar su diseño, construcción y operación de EST.

La OTRI presta apoyo y asesoramiento continuo a este Proyecto de infraestructura científica, que busca su viabilidad financiera en el ámbito nacional e internacional, de manera que sea factible culminar su fase de diseño y construcción.

EST supone una inversión de unos 200 M€. Diversos proyectos vinculados a esta iniciativa transnacional están propiciando la consecución de las fases previas a la construcción del telescopio, la cual se espera que comience en 2023 y que dure 6 años. Se estima una vida útil de 30 años con un coste de operación anual de 12 M€.

PRE-EST. En el marco del Proyecto H2020 PRE-EST "Fase preparatoria para EST", desde la OTRI se han llevado a cabo tareas técnicas y estratégicas propias de esta fase en una infraestructura estratégica como es EST, con el fin de facilitar a su consorcio internacional y a las agencias financiadoras un plan detallado para la puesta en marcha.

En 2020 la oficina ha preparado toda la documentación para abordar con éxito la evaluación de medio plazo realizada por ESFRI a EST. Además, se ha representado al proyecto en

los foros relaciones como ESFRI Forum, ERIC Forum y grupos de trabajo asociados a los mismos, dando respuesta a las distintas peticiones de información sobre el Proyecto.

En paralelo a PRE-EST se desarrollaron los proyectos MICAL (ICTS-OOCC), SOLARNET (H2020) y Oficina del Proyecto (FEDER-GOB-CAN).

La OTRI continua desempeñado un papel decisivo en la gestión de los proyectos asociados al Telescopio Solar Europeo, contando para ello con dos personas a tiempo completo, contribuyendo no solo al control sistemático de los mismos sino incidiendo también en acciones estratégicas en relación con la futura implementación de EST.

3.c. Cherenkov Telescope Array (CTA)



El Proyecto Cherenkov Telescope Array (CTA) es la apuesta europea para la investigación de fuentes cósmicas de rayos gamma de las próximas décadas, con participación también de terceros países, para el estudio del Universo a muy altas energías. Con un presupuesto para construcción estimado en unos 300 M€, CTA constará de dos observatorios, uno en el Hemisferio Norte y otro en el Hemisferio Sur, que albergarán en su conjunto alrededor de 100 telescopios de tres diferentes tamaños. Un total de de 9 telescopios será la configuración actual conocida como Pathfinder para el CTA-Norte y el resto en el Hemisferio Sur.

La OTRI del IAC ha colaborado activamente para la gestión, seguimiento y control, y justificación de las financiaciones recibidas tanto de fondos FEDER como del Gobierno de Canarias. Asimismo ha prestado asesoramiento en las labores de comunicación y publicidad del Proyecto, y ha colaborado en la preparación de nuevas solicitudes de financiación para garantizar las inversiones necesarias que configurarán CTA-Norte.

3.d. New Robotic Telescope (NRT)

El NRT será un nuevo telescopio robótico de clase 4 m en el Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM), diseñado para sacar el máximo provecho de casos científicos que necesiten un seguimiento en el tiempo a gran escala y respuesta rápida de observación ante el aviso de otros telescopios, convirtiéndolo en una infraestructura clave a nivel mundial para el estudio de fenómenos astronómicos de transición (explosiones, atenuaciones rápidas, etc.).

Actualmente, el equipo de trabajo está formado por 5 ingenieros y un gestor. Durante este año se ha llevado a cabo una actividad muy intensa con la mirada puesta en el Preliminary Design Review (PDR) del telescopio previsto para septiembre de 2021. De forma paralela se están adelantando pasos en cuanto a la ubicación del telescopio en el ORM, en La Palma.

Desde la OTRI se continúa prestando asesoramiento al IP y a la Dirección del IAC en relación con la gestión y justificación de la financiación recibida del Gobierno de Canarias, y de acciones vinculadas a la puesta en marcha del NRT, así como en las posibles estructuras de gestión y gobernanza previstas para el Proyecto NRT. Durante 2020 se han celebrado 5 reuniones de coordinación por parte de los socios del Proyecto.



3.e. FORWARD - Fomento de la excelencia investigadora en las regiones ultraperiféricas de la UE

El objetivo general del Proyecto FORWARD es mejorar la excelencia de RUP en la investigación y su potencial de innovación para mejorar su participación en proyectos de investigación e innovación financiados por la UE y vincular las actividades de investigación con el desarrollo territorial.

FORWARD realizará un análisis inicial de los ecosistemas I+i y, basándose en estos resul-

tados, pondrá en práctica acciones personalizadas incluyendo la definición de la estrategia conjunta y los planes de acción temáticos, la creación de capacidades y actividades de networking, y enfoques para conectar a investigadores y legisladores.

Durante este año, se han continuado los progresos planificados en los distintos paquetes de trabajo. La aparición de la pandemia ralentizó durante algún tiempo la actividad planificada, aunque el equipo de trabajo se ha sobrepuesto sin incidencias destacables a considerar.

3.f. Apoyo al establecimiento del Centro de Sistema Ópticos Avanzados (CSOA)

El CSOA se concibe con el objetivo de atender la demanda de elementos ópticos de calidad como valor en alza para las próximas décadas. Desde la OTRI se ha dado el apoyo técnico al área de Instrumentación e IACTEC para la captación de financiación, la elaboración de propuestas, la realización de un dossier y otro material promocional para la difusión de este nuevo centro. El CSOA será un aval clave en la participación relevante en cualquier proyecto que requiera la fabricación de elementos ópticos al disponer de las capacidades necesarias para su fabricación y por tanto asegurar un retorno científico y tecnológico de primer orden.



3.g. Plan Estratégico IAC 2018 – 2021

Desde la OTRI se ha continuado prestando el apoyo que requieren las áreas del IAC en la implementación de las acciones prioritarias del Plan Estratégico del IAC 2018-2021, articulado en torno a tres objetivos fundamentales, relacionados con la excelencia en I+D+i y nuestro potencial, la colaboración internacional como marco de trabajo y el compromiso con la sociedad. Se ha contribuido a la preparación de informes específicos y presentaciones para la Comisión Asesora de Investigación, el Consejo Rector y su Comisión Delegada.

3.h. Plan Estratégico de los OCCC 2017 – 2021

El vigente Plan Estratégico de los Observatorios de Canarias (OCCC) incluye tres grandes objetivos desglosados en 33 acciones específicas con un presupuesto total de 92 millones de euros y una financiación necesaria de unos 40 millones de euros. Estas acciones se centran en torno a 5 estrategias que se complementan entre sí para proporcionar y apoyar instalaciones de vanguardia para realizar investigaciones de frontera en Astrofísica y Espacio, fomentando un marco fructífero de colaboración internacional.

El Ministerio de Ciencia e Innovación y el IAC han firmado un total de 4 convenios FEDER (MICAL, SC-WHT, 4LST e INSIDE) como medio para la ejecución de actuaciones prioritarias contempladas en el plan. En particular, la OTRI cuenta con una persona a tiempo completo para la gestión del convenio INSIDE-OCCC (presupuesto total de 8.139 keuros) para garantizar la realización de 11 de 33 acciones de alta prioridad dentro del Plan Estratégico. Asimismo, cuenta con la supervisión del Gerente de la Oficina para el seguimiento de todos los convenios y acciones relacionadas con la operación de los OCCC. Se ha mantenido reuniones periódicas con el grupo de seguimiento de los OCCC y se ha propuesto una actualización del Plan Estratégico para incluir nuevas acciones prioritarias a finales de marzo 2020, a las que se dio luz verde para solicitar financiación a finales de 2020.

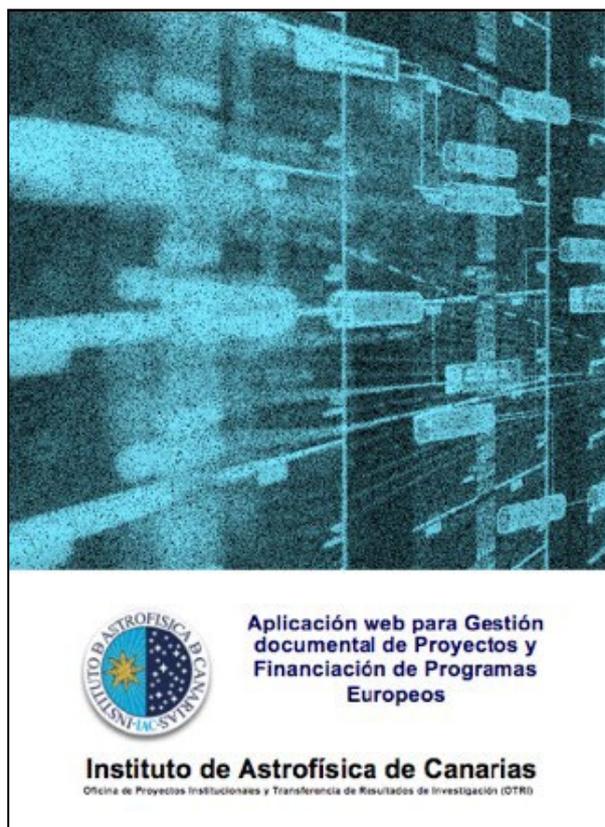


3.i. Equipamiento científico-tecnológico cofinanciado por FEDER. IACA18, IACA19

La OTRI ha continuado la labor de seguimiento y control de las 5 actuaciones de equipamiento científico-técnico financiado con FEDER (85%) con periodo de ejecución 2018-2020, y ha comenzado la labor de asesoramiento en la implementación de 8 nuevas actuaciones para el periodo 2019-2021. Estas diferentes actuaciones tienen como objetivo la incorporación de equipamiento científico-tecnológico que refuerce las instalaciones técnicas tanto del IAC como de IACTEC (equipamiento LI-FEM), lo que permitirá incrementar la participación del centro en actuaciones tecnológicas con un papel determinante. alguna de estas actuaciones está orientada al fortalecimiento y consolidación del CSOA.

3.j. Otras actuaciones de carácter institucional destacadas

- Se ha coordinado la realización de un documento institucional sobre la proyección internacional del IAC donde se detalla su papel como polo atractor de talento internacional en materia de Astrofísica y Espacio, así como su potencial contribución a elementos clave relacionados con la transformación digital y la transición verde, ambos altamente priorizados por la Comisión Europea.
- Se ha prestado asesoramiento técnico a la veintena de proyectos de I+D financiados con una cantidad total superior a 1500K€ a través de la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI).
- Se ha realizado la labor de gestión en apoyo a los grupos del IAC responsables de los proyectos NEOROCKS, NEOMPAS, BID4BEST, OPTICON, PI2FA, WEAVE, GTCAL, MACBIOIDI, ERASMUS+ ROCKSTAR, POLMAG, GENERA, WHOLE SUN, SOLARNET, HPC TECHNIQUES, entre otros, en lo que concierne a las condiciones técnicas y económicas que implica la cofinanciación de estas actividades.
- La OTRI ha priorizado el desarrollo de una nueva herramienta para la gestión documental de expedientes y, especialmente, de financiación externa, basada en DRUPAL y habilitada a través de la Intranet de la Web del IAC. Su presentación oficial tendrá lugar en el primer semestre de 2021.



4.- TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

4.a. IACTEC. Apoyo a la actividad del centro de colaboración tecnológico - empresarial del IAC

La OTRI del IAC ha continuado prestando apoyo a la Dirección del centro en la implementación de los proyectos en IACTEC, actuando el gerente como Secretario del Comité de coordinación de IACTEC. Durante 2020 la OTRI ha colaborado específicamente en la apertura oficial de IACTEC en julio de 2020, con la preparación de contenidos específicos para las nuevas instalaciones y capacidades con las que contará el edificio y sus laboratorios. Además, se ha continuado con el respaldo institucional para potenciar la colaboración con la industria de la ciencia, el fomento de la innovación y la diversificación de la economía.

4.b. Tramitación de acuerdos de confidencialidad sobre intercambio de información tecnológica para dinamizar la colaboración con las empresas

El IAC promueve la cooperación científica y tecnológica a través de la tramitación de acuerdos para el intercambio de información confidencial, incluidas ideas para la explotación de resultados de investigación, llevar a cabo contactos con personas de otras organizaciones para desarrollar nuevas ideas o proyectos, valorar futuras colaboraciones en relación a un

determinado objetivo, o con carácter general, la preservación en el ámbito confidencial de determinada información que se comparta en el marco de un proyecto de colaboración, entre otros. La OTRI es la responsable del procedimiento asociado a la firma de los NDAs, intermediando entre la Unidad Organizativa o proyecto del IAC y la otra parte o partes, para perfilar los términos y condiciones del mismo.

Durante el año 2020, la OTRI ha tramitado exitosamente 10 nuevos acuerdos de confidencialidad, a los que hay que añadir otros 8 que se iniciaron en 2020, y que, o bien se firmaron a principios de 2021, o bien se encuentran actualmente en proceso de revisión. Hay que resaltar que la puesta en marcha de IACTEC ha propiciado un aumento importante de los acuerdos de confidencialidad firmados (4 en total hasta 2020), debido esencialmente a la propia misión de IACTEC de colaborar con el tejido empresarial para el desarrollo de tecnología.

RECURSOS HUMANOS

Bajo este Departamento se encuentran las unidades y servicios de Personal, de Selección y Contratación y Prevención de Riesgos Laborales.

Las novedades y actividad más destacadas durante 2020 son las siguientes:

PERSONAL

PERSONAL FUNCIONARIO

La Oferta de Empleo Público 2020 fue la siguiente:

- 4 plazas ordinarias en la Escala de Científicos Titulares de los OPI's.

PERSONAL LABORAL

La Tasa de Reposición autorizada en 2020 fue de cuatro plazas: 1 Titulado/a Superior (FC), 2 administrativos/as (DC) y 1 jefe de taller (DC).

En aplicación de lo dispuesto en la Ley 6/2018, de Presupuestos Generales del Estado para el año 2018, las Direcciones Generales de Costes de Personal y Pensiones Públicas y de la Función Pública autorizaron 16 contrataciones en el marco de los procesos de estabilización del personal laboral temporal, se contrataron a 11 Titulados/as Superiores, quedando cinco plazas pendientes de finalización de sus respectivos procesos selectivos.

Se procedió a la contratación como laboral fijo y correspondiente a la Tasa de Reposición 2018, de una plaza de administrativo, cuya primera convocatoria en 2019 resultó desierta por lo que fue preciso proceder a la convocatoria de un nuevo proceso selectivo.

A finales de 2020 se procedió a la contratación como personal laboral fijo de una Titulada Superior contratación (Tasa Reposición 2019).

ALTA DIRECCIÓN	1 (1H/0M)
DIRECTIVOS	1 (1H/0M)
FUNCIONARIOS	41 (34H/7M)
LABORALES	368 (246H/122M)
Personal laboral fijo:	147 (96H/51M)
• Convenio	72 (46H/26M)
• Fuera de Convenio	75 (50H/25M)
Personal laboral temporal:	219 (148H/71M)
• Convenio	20 (8H/12M)
• Fuera de Convenio	199 (140H/59M)

PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

En materia de prevención de riesgos laborales, podemos destacar durante 2020 lo siguiente:

FORMACIÓN			
Título de los cursos	Matrículas	Nº alumnos	Duración horas
Aspectos generales del SARS-CoV-2	400	375	1
Capacitación para el desempeño de funciones de nivel básico	4	4	50
Medidas de prevención y protección para la reincorporación a la actividad laboral Post COVID-19	28	26	2
Overview of SARS-COV-2	1	1	2
Prevención de riesgos en puestos de oficina	1	1	2
Prevención de riesgos en PVD y dispositivos TIC portátiles	3	3	2
Prevención incendios y normas de actuación ante emergencias	179	111	4
Prevention and protection measures for the return to work Post COVID-19	6	6	2
Primeros auxilios	2	1	4
Risk prevention in office workplaces	4	3	2
Seguridad y salud en oficinas	186	123	4

El hecho más destacable sin lugar a dudas del año 2020, fue la respuesta del IAC a la situación de emergencia sanitaria a nivel mundial provocada por el SARSscov2.

La aparición de este nuevo riesgo provocó la paralización de los servicios normales que ofrece esta unidad de prevención, para volcarnos en la gestión en lo que se refiere a prevención, de los riesgos y medidas preventivas a proponer a la Dirección.

El servicio de prevención ajeno, con nuestra colaboración, realizó la evaluación de riesgos COVID de aplicación y obligado cumplimiento en los centros de trabajo.

Se tuvieron que crear protocolos de uso de equipos de protección individual para los grupos vulnerables y bajas COVID para los más vulnerables. Indicaciones de uso de gel hidroalcohólico, lavado de manos y participamos en el resto de medidas de apoyo para la prevención del contagio en los centros de trabajo. Se colaboró en la elección de equipos de protección individual y su reparto en los centros de trabajo y distribución.

Se colaboró en la revisión de protocolos de otras instituciones y colaboradores. También se preparó un modelo para la coordinación de

actividades empresariales donde se incluían las medidas preventivas.

Durante todo este periodo, además se mantuvieron reuniones con los representantes de los trabajadores del Comité de Empresa como de Delegados de Prevención, para mantenerles informados de las actuaciones y recoger de ellos las necesidades que se fueran presentando.

Con la vuelta a la nueva normalidad, las actuaciones han ido dirigidas a recuperar las revisiones médicas periódicas, formación de puesto y personal de nuevo ingreso, sin dejar de lado las actuaciones COVID, que se incluyen en todas ellas.

También se están tramitando por parte de esta unidad, las citas para las pruebas PCR al personal que por motivo de viaje o desplazamientos a instalaciones telescópicas donde son requeridas.

Por otra parte, se reciben las notificaciones de casos sospechosos, o contactos estrechos y se hace el rastreo oportuno para evitar la propagación, en caso de contagio en el resto de trabajadores del centro. Por este motivo, desde la UPRL se toman las medidas oportunas según el caso que notificamos a los trabajadores y mandos oportunos.

Cabe destacar también como trabajo del año 2020, el seguimiento de las actualizaciones de

la información facilitada por el Ministerio de Sanidad y su distribución en función de la importancia a la Subcomisión para su posterior divulgación si se estima oportuno.

FORMACIÓN

Durante 2020 se convocaron las siguientes becas de formación:

- 6 becas de verano dirigidas a estudiantes universitarios, que estén cursando los últimos cursos de la carrera para su formación en la investigación astrofísica.
- 10 becas de verano para la formación en desarrollo tecnológico dirigidas a estudiantes universitarios de titulaciones superiores, que estén cursando los últimos cursos de la carrera o sean recién titulados.

Por otra parte, se han organizado en el IAC 70 cursos de muy diversa índole, por un importe económico de 120 k€.

ACCIÓN SOCIAL

El Plan de Acción Social ha sido elaborado por la Comisión de Acción Social (CAS) del IAC, partiendo de los planes establecidos en años anteriores, y los criterios marcados por la Comisión Paritaria del IAC, Convenio Colectivo del IAC, Plan de Igualdad del Ministerio de Política Territorial y de la Administración Pública, Plan de Igualdad del IAC y Resolución de 28 de julio de 2011, de la Secretaria de Estado para la Función Pública, sobre el acuerdo para los criterios comunes aplicables a los Planes de Acción Social en la Administración General del Estado (AGE).

El presupuesto para 2020 ascendió a 20.200 € y se ejecutó en su totalidad.

Tipo de ayuda	Nº solicitudes
1. Social por descendiente	85 (43M-42H)
2. Estudios oficiales postobligatorios para descendientes	21(7M-14H)
3. Estudios del personal empleado	8 (1M-7H)
4. Fomento de la vida saludable del personal	170 (62M-108H)
5. Cuidado de familiares dependientes mayores de 70 años y/o personas con discapacidad	1(1M-0H)
6. Víctimas de violencia de género	0 (0M-0H)
TOTAL	285 (114M-171H)

IGUALDAD

III PLAN DE IGUALDAD PARA EL PERIODO 2021-2023

A lo largo de 2020, la Comisión de Igualdad ha completado la elaboración y redacción del III Plan de Igualdad del IAC. Para lograrlo, se hizo por un lado, el seguimiento final de la implementación del II Plan de Igualdad redactando el informe correspondiente y por otro, se actualizó el informe de diagnóstico, haciendo un esfuerzo importante para recopilar y analizar, por primera vez, datos sobre los procesos selectivos. Basándose en esos 2 informes así como en el estudio cualitativo sobre la situación de las mujeres investigadoras en el IAC realizado en 2018 y en las propuestas de acciones planteadas por el Grupo de Trabajo de diseño del III Plan, la Comisión de Igualdad seleccionó las medidas que podían incorporarse y redactó el III Plan de Igualdad. Además, elaboró un plan de actuación detallado con propuesta del cronograma y estimación de medios materiales y personales necesarios para llevar a cabo la implementación de las medidas.

En diciembre 2020, el Comité de Dirección aprobó el III Plan de Igualdad del IAC, después de solicitar al Comité de Empresa valoración del mismo. Posteriormente, se dotó de presupuesto.

COORDINACIÓN CON EL MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN (MICINN) A TRAVÉS DE SU UNIDAD DE MUJERES Y CIENCIA (UMYC) Y SU UNIDAD DE IGUALDAD (UI)

En 2020, se ha reanudado la coordinación de los planes de igualdad de los OPIs por parte del MICINN. Además de organizar las reuniones con todos los OPIs, organizaron 2 cursos de formación en igualdad, uno básico de 15 horas y otro avanzado de 25 horas, que se impartieron por videoconferencia. Asistieron al básico, 6 personas (4 mujeres y 2 hombres) y al avanzado 6 personas (5 mujeres y 1 hombre). En ambos cursos, participaron personas de la Comisión de igualdad (CI) y otras que no son de la CI.

COLABORACIONES

La Comisión de Igualdad sigue involucrada en la Red Tenerife Violeta del Cabildo de Tenerife que coordina las políticas de igualdad en la isla de Tenerife, así como en la Red GENERA, "Gender Equality Network in the European Research Area" (H2020) asistiendo a las reuniones periódicas que este año han sido virtuales.

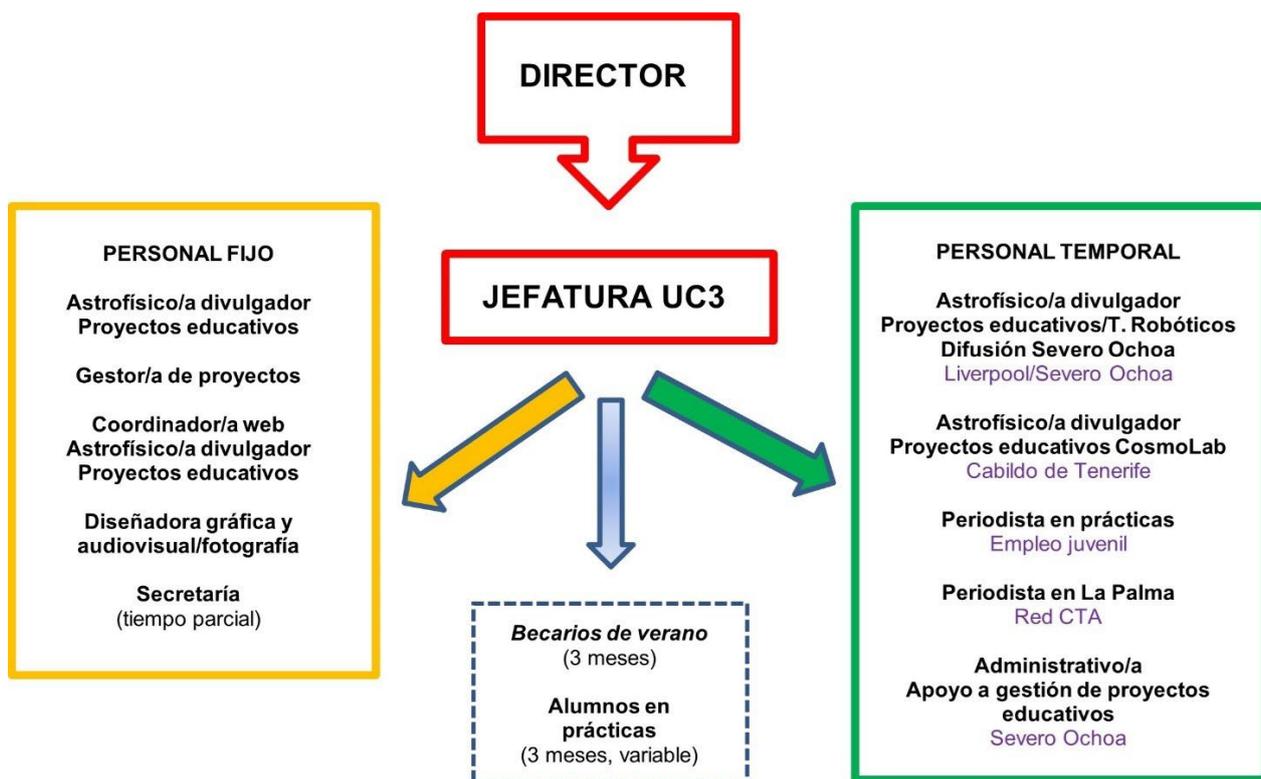
UNIDAD DE COMUNICACIÓN Y CULTURA CIENTÍFICA (UC3)



La Unidad de Comunicación y Cultura Científica (UC3), bajo la dependencia directa del director del IAC, es un departamento que tiene como meta situar al IAC y a los Observatorios de Canarias como referentes locales, nacionales e internacionales en materia de comunicación y divulgación de la Astronomía, estableciendo y ejecutando la estrategia y acciones de extensión cultural del IAC.

Sus objetivos concretos son: promoción nacional e internacional de los Observatorios de Canarias; comunicación de resultados científicos y técnicos; cobertura de eventos especiales (astronómicos, institucionales...); comunicación interna; imagen corporativa y merchandising; divulgación científica y técnica (exposiciones, ferias, charlas...); formación de comunicadores periodistas especializados; formación de profesorado de Enseñanzas Medias; consolidación de las relaciones con la sociedad canaria; colaboraciones específicas con el Museo de la Ciencia y el Cosmos y otros museos e instituciones así como proyectos transversales de cultura científica.

La UC3 también da apoyo a otros departamentos y personal del IAC que hacen difusión y divulgación científica y de cuya actividad se informa en estas páginas.



Tras la emergencia sanitaria global generada por la COVID-19, que obligó a adoptar durante todo el año 2020 medidas excepcionales como el teletrabajo y a intensificar esfuerzos en crear iniciativas culturales y educativas frente a la pandemia como las que se desarrollaron a través de la campaña #IACUniversoEnCasa, incluyendo 10 proyectos mas de astronomía ciudadana y divulgación científica con participación del IAC y sumándose así a las iniciativas culturales y educativas frene a la pandemia.



Desde la Unidad de Comunicación y Cultura Científica (UC3) se ha seguido ofreciendo formación y apoyo a la comunidad educativa a través de cursos online, se han realizado retransmisiones de divulgación, se ha dado apoyo a la organización y cobertura informativa de eventos, y se ha mantenido un volumen de ediciones y comunicaciones externas y en redes sociales.

COMUNICACIÓN EXTERNA Y REDES SOCIALES

Durante este año, la UC3 ha continuado desarrollando las acciones de comunicación (externa e interna) habituales, que incluyen la cobertura informativa y gráfica de: resultados científicos y tecnológicos, reuniones y congresos, eventos astronómicos, actos y visitas institucionales, así como actividades educativas y de divulgación. Muchas de ellas, adaptadas a formatos virtuales e introduciendo innovaciones, algunas a través de la web y de las redes sociales del IAC.



LA PRODUCCIÓN de 2020 (a 14/11/2020) se resume en:

- 97 Notas de prensa (en español e inglés)
- 1 Rueda de prensa
- 5 Entrevistas publicadas (en español e inglés)
- 5 Videoentrevistas
- 35 publicaciones en el Blog "Vía Láctea, S/N" (143 en total)
- 5 entrevistas "Palmeros en el ORM"
- 3 entrevistas para Radio Luz Garafía/Magazine "Café a las 12"
- Comunicación del Proyecto CTA y la Física de Partículas, así como del Gran Telescopio Canarias (GTC)
- Incorporación de una periodista para el proyecto EELabs (Energy Efficiency Laboratories)
- Colaboración con la Fundación Starlight
- Continuación del Plan de Comunicación sobre el TMT



REDES SOCIALES (a 14/11/2020)

Campaña especial durante el confinamiento: #IACUniversoEnCasa. Se incorporaron 5 audiocuentos astronómicos, 10 sopas de letras "cósmicas", rescates del blog del IAC, vídeos y stories y preguntas de quiz para Instagram.

Número de seguidores:

- Facebook: 22.864
- YouTube: 4.680
- Twitter: 73.285
- Vimeo: 46
- Instagram: 8.576
- Dailymotion: 58
- LinkedIn: 4.863
- Flickr: 171

ATENCIÓN A MEDIOS DE COMUNICACIÓN

Más de 150 solicitudes de medios de comunicación. Se ha proporcionado material fotográfico y audiovisual a numerosas televisiones y productoras, y se han atendido unas 20 solicitudes de grabaciones en los Observatorios de Canarias: "El Cazador de Cerebros" de RTVE, "Conciencia Canarias" de TVC, etc.

- Cobertura fotográfica de eventos: Jornadas Starlight
- Cobertura fotográfica de visitas: Roger Davies, embajador de Japón...
- Seguimiento de prensa.

- Colaboración semanal con las tertulias radiofónicas de "Coffee Break".
- Colaboraciones con la revista "Astronomía" y otros medios.

Cobertura de Congresos y reuniones online

Se dio cobertura al congreso "Dark Skies for Science and Society"



WEB

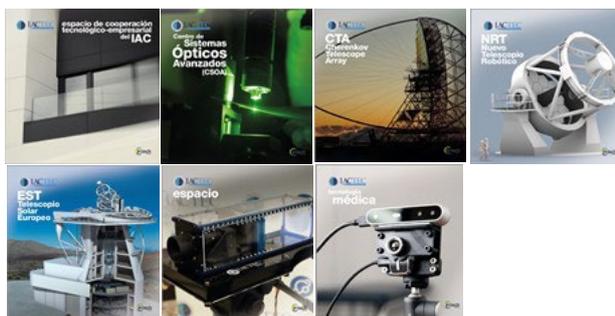
- Estructura web Severo Ochoa, integrada en la web institucional.
- Manual de Identidad Corporativa y Protocolo de Gestión de Redes Sociales.

EDICIONES Y VÍDEOS

- Memoria del IAC 2019 (versión extensa y versión gráfica simplificada)
- 2 Calendarios astronómicos 2021 (formato póster y libro)



- 7 volanderas de proyectos IACTEC



- 1 folleto de NRT-LJMU
- 7 roll-ups de proyectos: IACTEC

- Cartelería: Becas de instrumentación, 11 FEB, cursos, congresos, pósters de La Luna, banners, gráficos e ilustraciones
- 2 Calendarios astronómicos 2021 (formato póster y libro)
- Nuevos carteles para retroiluminar de 100 Lunas Cuadradas
- Libro "En un lugar del Universo...", con las contribuciones y el reportaje gráfico de la visita de los escritores que han participado en el proyecto del mismo título
- Revista Paralajes sobre "Astrofísica en La Palma"
- Apoyo a ediciones de otros departamentos y personal del IAC
- 2 nuevos vídeos de la serie "Niñas que rompieron un techo de cristal mirando al cielo", dentro del proyecto "El regreso de Henrietta Leavitt", de la FECYT. (Total 7)



- 2 vídeos corporativos sobre IACTEC, sus líneas de actividad y el Centro Avanzado de Nuevas Tecnologías Ópticas (CSOA)
- 1 vídeo corporativo sobre las políticas de medioambiente en los Observatorios de Canarias
- 2 nuevos vídeos de VOCES: Sir John Houghton y José Lull
- Adaptación del vídeo POLMAG
- 1 vídeo divulgativo "¿Cuánto sabes sobre la Luna?"
- 21 nuevos vídeos "TMT La Palma, yo sí quiero" (Total: 42)



- 3 vídeos didácticos para el proyecto educativo “De Garafía a la Luna”
- Visita virtual a los Observatorios de Canarias para el Curso “Astronomy Adventure in the Canary Islands” (AACI)
- 1 Vídeo corporativo sobre la cámara infrarroja DRAGO (IACTEC)
- 1 Vídeo sobre la Historia de la Astronomía de Altas Energías (CTA)



EDUCACIÓN Y DIVULGACIÓN

Proyecto “100 Lunas cuadradas”

Formación de profesorado en Gran Canaria, Fuerteventura, La Gomera y Tenerife. 80 profesores.

Proyecto Educativo con Telescopios Robóticos (PETeR)

110 nuevos usuarios con acceso a 4 telescopios robóticos de los Observatorios de Canarias y otros en ambos hemisferios. Se han impartido los cursos de formación “Introducción a la Astronomía” (3 sesiones de 3 horas) y “PETeR: investigar el Universo con telescopios robóticos” (5 sesiones de 2 horas) para profesorado de Canarias, en colaboración con la Consejería de Educación del Gobierno regional: 135 docentes. También online para profesorado de la Península: 80 docentes de 11 Comunidades Autónomas. Se han elaborado nuevos contenidos para la web del proyecto (<https://www.iac.es/peter>). Se mantienen colaboraciones y reuniones periódicas con representantes de otros programas e instituciones educativas.



VI edición del curso internacional para profesorado “Astronomy Education Adventure in the Canary Islands”

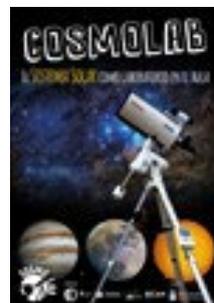
Organizado por el IAC, en el marco del proyecto PETeR, en colaboración con NUCLIO y los proyectos NSO (LJMU), FTP (LCO), CESAR



(ESA) y CosmoLab (IAC). Curso en línea, del 20 al 24 de julio, y consistió en 5 días (25 horas) de ponencias, talleres y visitas virtuales a las instalaciones del IAC. Alcance: 300 docentes (170 de los cuales participaron en la en directo y el resto a través del campus virtual y accediendo a las grabaciones de las sesiones), de 54 países.

Proyecto “CosmoLAB: el Sistema Solar como Laboratorio en el Aula”

Se ofrece formación del profesorado de Tenerife en temas de Astrofísica. En 2020 se han realizado 4 cursos de montaje y uso de telescopios (desde marzo, de forma telemática): 38 docentes. También, un curso de Astrofotografía para profesorado, con sesiones online y una práctica en el Observatorio del Teide: 8 docentes. Se han elaborado nuevos contenidos para la web del proyecto <https://outreach.iac.es/cosmolab/>.



II Edición de “CosmoEducando y Descubriendo el Universo”

II Edición de “CosmoEducando y Descubriendo el Universo” (de enero a junio 2020), para profesorado de Infantil a Bachillerato de todas las disciplinas. 45 docentes, 11 sesiones. Comenzó en forma presencial y continuó en formato online. Colaboran el Museo de la Ciencia y el Cosmos, del Cabildo de Tenerife, y la Con-



sejería de Educación, Universidades, Cultura y Deporte. En noviembre ha dado comienzo la III Edición en formato virtual y, esta vez, abierto a todo el profesorado de Canarias.

Colaboración en Proyecto “e-AMANAR”

Colaboración en Proyecto “e-AMANAR”, programas de formación de profesorado en formato virtual: 20 profesores. La coordinadora del proyecto ha sido uno de los diez ganadores del premio Engage Remote 2020 de la Fundación internacional Falling Walls.

Proyecto “De Garafía a la Luna”

Proyecto para Infantil y Primaria en colaboración con el CEIP Santo Domingo (15 mayo-16 junio): actividades, observación remota, videoconferencias, vídeos, cesión de un telescopio y fiesta de las estrellas en Ayuntamiento con charla y observación de la Luna: 39 alumnos y 5 profesores de Garafía.



Proyecto “Allande Stars”

Acercó la Astronomía a más de 300 personas del concejo de Allande, en Asturias, bajo rigurosas medidas de seguridad y en un espíritu de unidad bajo el mismo cielo.

EXPOSICIONES

“100 Lunas cuadradas”, la muestra de nueve imágenes astronómicas con fines educativos obtenidas desde el Observatorio del Teide, ha estado presente en el Museo del Plátano de Tazacorte (La Palma) y en el municipio de El Paso, en el marco de ASTROFEST 2020. Sigue itinerando por Japón, que adquirió esta exposición.

ORGANIZACIÓN Y COBERTURA DE EVENTOS

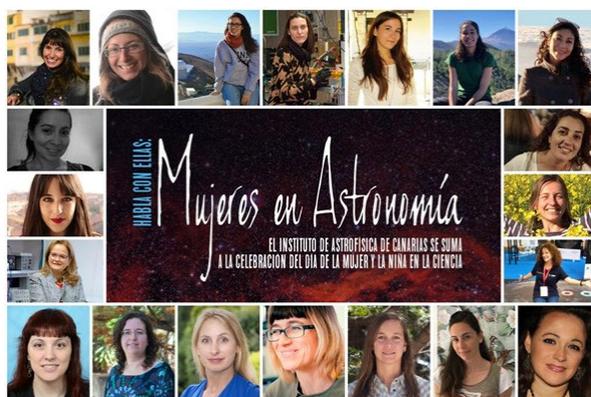
La UC3 ha colaborado en la organización, gestión y cobertura de eventos especiales que se relacionan a continuación:

Presentación del Informe sobre el Impacto Socio-Económico del TMT en La Palma.

- Presentación del libro “Observando el Sol desde Tenerife. Una aventura sobre el mar de nubes”, de Manuel Vázquez Abeledo, en el Museo de la Ciencia y el Cosmos.
- Apertura oficial de IACTEC.



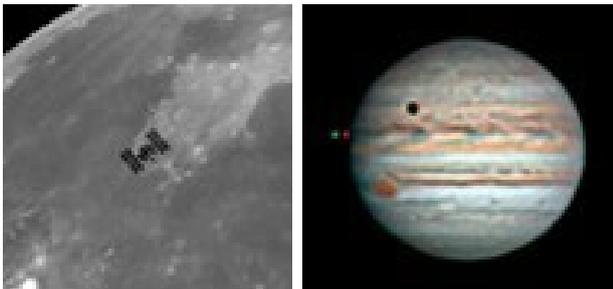
- Día Internacional de las Mujeres y las Niñas en la Ciencia (11 de febrero) y el Día Internacional de la Mujer (8 de marzo). Charlas online y chats con escuelas de Primaria e institutos de Secundaria.
- Il edición del Proyecto “Habla con Ellas: Mujeres en Astronomía” (de enero a junio). 27 videoconferencias con centros educativos por parte de 20 astrofísicas e ingenieras del IAC y de otras 8 de instituciones relacionadas con los Observatorios de Canarias. Alcance: 750 estudiantes de 7 Comunidades Autónomas, más 2 actividades con centros de Latinoamérica.



- III Festival Hispanoamericano de Escritores en Los Llanos de Aridane (La Palma). Visita al ORM de algunos de sus participantes y mesa redonda “Mirar lo que ya no existe.”



- Seguimiento de efemérides astronómicas: Tránsitos de la ISS sobre el Sol y sobre la Luna, observación de fases de Venus, ocultaciones de Venus y de Marte por la Luna, doble tránsito de sombras de satélites sobre Júpiter, cometa Neowise, lluvias de estrellas, superlunas y otros.



OTRAS COLABORACIONES

- A través del canal sky-live.tv, y organizado por Miquel Serra-Ricart, con la colaboración de la UC3 e intervención de sus astrofísicos divulgadores, se realizaron 35 retransmisiones diarias en directo durante cinco semanas para tratar diferentes temas de actualidad astronómica y en las que podían interactuar con el público. Alcance: 62.281 personas.

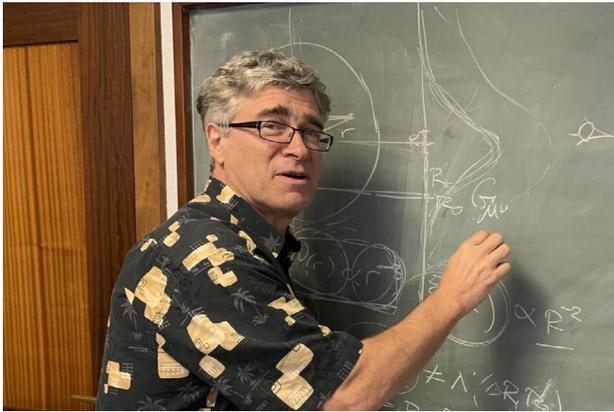


- Con la Fundación Juan March para los conciertos de Música Cósmica.
- “Muestra de Documental Científico”, organizada por la Universidad de La Laguna (Cienciaull) y como parte de las actividades de #MacaroNightEU2020.
- El Festivalito La Palma 2020.
- ASTROFEST 2020, organizado por el Cabildo de La Palma.

Y ADEMÁS...

El astrónomo Jeffrey R. Kuhn visita el IAC

Jeffrey R. Kuhn, doctor en Física por la Universidad de Princeton y actualmente profesor del Instituto de Astronomía de la Universidad de Hawái, dio una charla en el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) sobre las observaciones de la corona solar que hará el Telescopio Solar Daniel K. Inouye (DKIST), previsto en Hawai (EEUU).



Jeffrey R. Kuhn, de la Universidad de Hawái, durante su visita al IAC. Crédito: Carmen del Puerto (IAC).

Kuhn manifestó que “el Sol ya no es la piedra al rojo vivo que describiera Anaxágoras. Imaginamos un infierno en su interior y reconocemos la presencia en su superficie de manchas oscuras, que en su momento fueron incompatibles con el principio aristotélico de la perfección de los cuerpos celestes. Se ha aprendido mucho de nuestra estrella desde entonces, pero aún ignoramos cuestiones importantes de la fuente energética del Sistema Solar, nuestra principal fuente de vida”.

Este astrónomo es el responsable del instrumento de este telescopio que medirá el campo magnético de la corona solar. Además de alcanzar un mayor conocimiento sobre el Sol, Kuhn también piensa, como expuso en un coloquio con investigadores del IAC, que deberíamos encontrar vida más allá del Sistema Solar dentro de una década, aunque ello requerirá instrumentos ópticos que puedan realizar imágenes directas de exoplanetas, como los telescopios especiales de la clase 20-100 m.

Durante su visita al IAC concedió una entrevista (<https://www.iac.es/es/divulgacion/noticias/jeffrey-r-kuhn-lo-largo-de-nuestra-propia-vida-una-manana-nos-despertaremos-con-la-noticia-de-que-hemos>).

Roger Davies visita el IAC



Roger Davies, presidente de la European Astronomical Society. Crédito: Inés Bonet (IAC).

Fue uno de los “Siete Samuráis” que en 1986 anunció el desplazamiento de la Vía Láctea, junto con otras galaxias, cúmulos y supercúmulos, hacia una descomunal concentración de materia llamada “Gran Atractor”.

En la actualidad, el Prof. Roger Davies, preside la European Astronomical Society (EAS), cuyo Consejo Directivo se reunió en el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). Este astrofísico, catedrático de la Universidad de Oxford, trabajó durante muchos años con los telescopios William Herschel e Isaac Newton, en el Observatorio del Roque de los Muchachos.

Davies defiende, sin ninguna duda, la necesidad de un superteloscopo en el Hemisferio Norte y la idoneidad de La Palma para albergar el Telescopio de Treinta Metros (TMT), si finalmente no pudiera instalarse en Mauna Kea. Considera que habría un “potencial para la participación europea” que no se tendría en Hawái, y no ve inconveniente alguno en poder abordar toda la ciencia prevista con este telescopio, incluso en las longitudes de onda más largas, si funcionara por colas, como lo hace el Gran Telescopio Canarias.

Durante su visita al IAC concedió una amplia entrevista. (<https://www.iac.es/es/divulgacion/noticias/roger-davies-seria-maravilloso-tener-el-tmt-en-la-palma-en-el-roque-y-por-supuesto-habria-potencial>).

Visita de la Corporación Municipal de Tegueste

Ana Rosa Mena, alcaldesa de Tegueste, visitó el pasado 7 de febrero la sede central del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), en La Laguna, y el Observatorio del Teide (OT), en Tenerife, junto a varios concejales del municipio: Ricardo Chico Marrero, concejal de Nuevas Tecnologías y Servicios; Antonio López González; concejal de Cultura, Deportes y Protección



(De izquierda a derecha) Antonia María Varela, Antonio López González, Ana Rosa Mena, Ricardo Chico Marrero, Candelaria de la Rosa González, Eladía Mª López Lutzardo, Julián Rodríguez Pérez y Campbell Warden. Crédito: Inés Bonet (IAC).

Civil; Julián Rodríguez Pérez, concejal de Agricultura; Eladía M. López Lutzardo, concejala de Fiestas y Etnografía; y Candelaria de la Rosa González, concejala de Servicios Sociales.

La Corporación fue recibida por Campbell Warden, secretario ejecutivo del IAC, y Antonia María Varela, astrofísica y directora de la Fundación Starlight, quienes hicieron un recorrido por las instalaciones del IAC. Posteriormente, se trasladaron al Observatorio del Teide, donde acompañó la visita Miquel Serra Ricart, administrador del OT.



Eladía Mª López Lutzardo, Ana Rosa Mena, Julián Rodríguez Pérez, Candelaria de la Rosa González, Antonio López González y Miquel Serra Ricart en el Observatorio del Teide. Crédito: IAC.

El embajador de Japón en España visita el IAC y los Observatorios de Canarias

El embajador de Japón en España, Kenji Hiramatsu, visitó el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y los Observatorios de Canarias, junto con Masahiro Aoki, secretario de la Embajada, Yoshihiro Miwa, cónsul de Japón en Las Palmas de Gran Canaria, y Josep Piqué Camps, presidente de la Fundación Consejo España Japón. Fueron recibidos por el direc-



Arriba: El embajador de Japón en la sede central del IAC atendiendo las explicaciones del director. Abajo: El embajador junto a varios acompañantes durante la visita.

tor, Rafael Rebolo y Jesús Burgos, administrador de Servicios Generales.

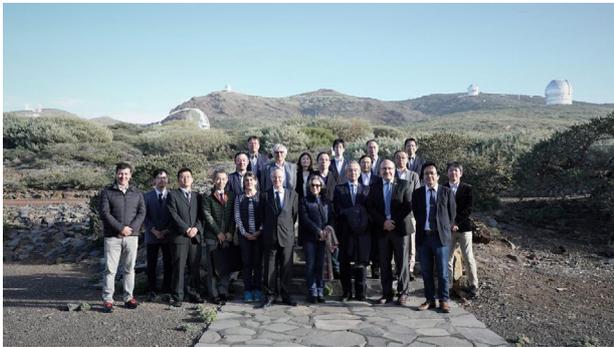
Tras una breve visita, la delegación se desplazó al Observatorio del Teide (OT), donde conocieron los telescopios y principales experimentos en los que participa Japón: el telescopio Carlos Sánchez, que cuenta con el instrumento MUSCAT2 desarrollado por el Centro de Astrobiología de la Universidad de Tokio en colaboración con el IAC; el Experimento GroundBIRD, un radiotelescopio de fabricación japonesa ins-



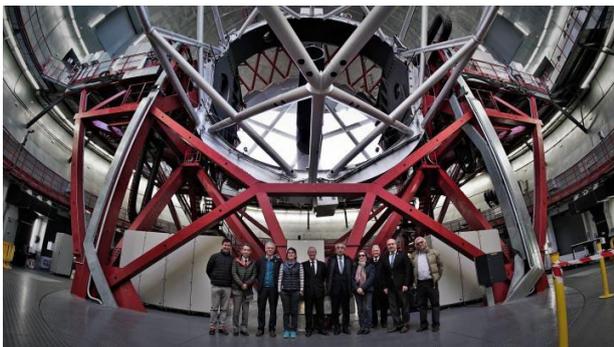
El embajador de Japón en el Observatorio del Teide junto a varios acompañantes.

talado en Tenerife para la detección del Fondo Cósmico de Microondas; y el Experimento QUIJOTE, también dedicado al estudio del Fondo Cósmico de Microondas y a otros procesos de emisión galáctica y extragaláctica.

Posteriormente, se trasladaron a Santa Cruz de La Palma y visitaron el Observatorio del Roque de los Muchachos, en el municipio de Garafía. Allí conocieron el GTC (Gran Telescopio Canarias) de la mano de su director, Romano Corradi, y el LST1 (Large Size Telescope), junto al profesor Masahiro Teshima, director de este telescopio, y varios representantes de la Universidad de Tokio. El LST1 constituye el primer prototipo de telescopio de gran tamaño construido por el consorcio LST, en el que participa Japón junto a España y Alemania, y que pertenece a la Red CTA (Cherenkov Telescope Array).



Arriba: Delegación japonesa en el Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma). Abajo: El embajador de Japón en el Observatorio junto a varios acompañantes. Crédito: Iván Jiménez (IAC).



El embajador de Japón en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en el telescopio GTC, junto a varios acompañantes. Crédito: Iván Jiménez (IAC).



Imágenes del embajador de Japón en Santa Cruz de La Palma junto a varios acompañantes.

La visita del embajador concluyó esta mañana con un encuentro con el presidente del Cabildo de La Palma, Mariano Hernández Zapata, y el alcalde de Santa Cruz de La Palma, Juan José Cabrera Guelmes. En rueda de prensa, Hernández Zapata destacó que la posible instalación del TMT (Telescopio de Treinta Metros) es “un tema vital y trascendental para la Isla y para el desarrollo astronómico del Roque de los Muchachos”. A continuación, Kenji Hiramatsu dijo estar muy impresionado por los estudios y facilidades de los Observatorios de Canarias: “Voy a hablar con el Gobierno de Japón y también con los expertos para ver qué tipo de colaboración se puede hacer en el futuro”. Por su parte, Josep Piqué celebró la posible contribución de los japoneses al proyecto TMT. “Estamos hablando de la ciencia, pero también del futuro. Estamos hablando de avances sustanciales en lo que es esta revolución tecnológica”. Y añadió: “Creo que estamos ante una magnífica oportunidad, desde luego La Palma se lo merece”.

El alcalde de Güímar visita el Observatorio del Teide

La visita del alcalde de la población güimarrera, Airam Puerta, a las instalaciones del Observatorio del Teide, refleja el compromiso de colaboración entre ambas instituciones para avanzar en una investigación que busca la protección del medio ambiente a través de la eficiencia energética.

El municipio tinerfeño de Güímar albergará una de las redes de fotómetros con la que se elaborarán mapas de luz desde la costa hasta el Observatorio del Teide. Su extensión y orografía lo convierten en un lugar idóneo para realizar estudios sobre el impacto de la Luz Artificial Nocturna sobre ecosistemas nocturnos.



De izquierda a derecha, el administrador del Observatorio del Teide, el alcalde de Güímar y la subdirectora del IAC en el Observatorio del Teide.



El administrador del Observatorio del Teide, la subdirectora del IAC, el alcalde de Güímar y el responsable Asuntos Económicos y Jurídicos de IACTEC en la cúpula del telescopio Carlos Sánchez



Arriba: La subdirectora del IAC, el responsable de asuntos económicos y jurídicos de IACTEC, el alcalde de Güímar y el administrador del Observatorio delante de la OGS. Abajo: dentro de la cúpula de la OGS.

El egiptólogo José Lull visita el IAC



El egiptólogo José Lull. Crédito: Inés Bonet (IAC).

José Lull sabe mucho de tumbas reales egipcias del Tercer Período Intermedio y de Época Tardía. De hecho fue el tema de la tesis doctoral –publicada como monografía en Oxford– de este egiptólogo formado en la Universidad de Tübingen (Alemania) y doctorado por la Universidad de Valencia. Pero este historiador, actualmente profesor de la Universidad Autónoma de Barcelona, es también un experto en la antigua astronomía egipcia. Así lo demostró recientemente en el Instituto de Astrofísica de

Canarias (IAC), donde ha estado colaborando con el investigador Juan Antonio Belmonte, arqueoastrónomo de este centro, y donde dio la conferencia titulada “Desvelando a los astrónomos del antiguo Egipto”. Y es que la Astronomía fue una de las herramientas más poderosas de la que se sirvieron los antiguos egipcios en su búsqueda continua de la Ma’at, el orden cósmico en la Tierra.

Durante su estancia en el IAC concedió una entrevista (<https://www.iac.es/es/divulgacion/noticias/jose-lull-los-astronomos-egipcios-observaban-desde-las-terrazas-de-los-templos-y-palacios>).

Visita de la consejera de Economía, Conocimiento y Empleo del Gobierno de Canarias

Elena Máñez Rodríguez, consejera de Economía, Conocimiento y Empleo del Gobierno de Canarias, visitó esta mañana la sede central del IAC en La Laguna, junto con Carlos Andrés Navarro Martínez, director de la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI), acompañados de Rafael Rebolo López, Casiana Muñoz-Tuñón y Jesús Burgos, director, subdirectora y administrador general del Instituto de Astrofísica de Canarias.



Imágenes de la visita, durante el recorrido y en la reunión.

Durante su recorrido por las instalaciones del IAC, fueron informados de la situación del IAC y los Observatorios de Canarias. Máñez estará presente también en la reunión anual del Consejo Rector del IAC, que tendrá lugar en La Laguna.

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA



ARTÍCULOS EN REVISTAS INTERNACIONALES CON ÁRBITRO

The bivariate gas-stellar mass distributions and the mass functions of early- and late-type galaxies at $z \sim 0$

Rodríguez-Puebla, Aldo; Calette, A. R.; Avila-Reese, Vladimir; Rodríguez-Gomez, Vicente; Huertas-Company, Marc

[2020PASA...37...24R](#)

Understanding galaxy formation and evolution through an all-sky submillimetre spectroscopic survey

Negrello, Mattia; Bonato, Matteo; Cai, Zhen-Yi; Dannerbauer, Helmut; De Zotti, Gianfranco; Delabrouille, Jacques; Scott, Douglas

[2020PASA...37...25N](#)

A chromospheric resonance cavity in a sunspot mapped with seismology

Jess, David B.etal. (incluye a Asensio Ramos, Andrés)

[2020NatAs...4..220J](#)

A CO molecular gas wind 340 pc away from the Seyfert 2 nucleus in ESO 420-G13 probes an elusive radio jet

Fernández-Ontiveros, J. A.etal

[2020A&A...633A.127F](#)

Age dating of an early Milky Way merger via asteroseismology of the naked-eye star ν Indi

Chaplin, William J.etal. (incluye a Beck, Paul G.;González-Cuesta, Lucía;Jiménez, Antonio;Mathur, Savita)

[2020NatAs...4...382C](#)

An ultra-short period rocky super-Earth orbiting the G2-star HD 80653

Frustagli, G.etal. (incluye a Lorenzi, V.)

[2020A&A...633A.133F](#)

Are ultra-diffuse galaxies Milky Way-sized?

Chamba, N.; Trujillo, I.; Knapen, J. H

[2020A&A...633L...3C](#)

Carbon, nitrogen, and oxygen abundance gradients in M101 and M31

Esteban, C.; Bresolin, F.; García-Rojas, J.;

Toribio San Cipriano, L

[2020MNRAS.491.2137E](#)

Chemical Evolution in the Milky Way: Rotation-based Ages for APOGEE-Kepler Cool Dwarf Stars

Claytor, Zachary R.; van Saders, Jennifer L.; Santos, Ângela R. G.; García, Rafael A.;Mathur, Savita; Tayar, Jamie; Pinsonneault, Marc H.;

Shetrone, Matthew

[2020ApJ...888...43C](#)

Detection of Ionized Calcium in the Atmosphere of the Ultra-hot Jupiter KELT-9b

Turner, Jake D.; de Mooij, Ernst J. W.; Jayawardhana, Ray; Young, Mitchell E.;

Fossati, Luca; Koskinen, Tommi; Lothringer,

Joshua D.;Karjalainen, Raine;Karjalainen, Marie

[2020ApJ...888L..13T](#)

Discovery of Two Pulsating Extremely Low-mass Pre-white Dwarf Candidates in the TESS Eclipsing Binaries

Wang, Kun; Zhang, Xiaobin; Dai, Min

[2020ApJ...888...49W](#)

Dynamical Structure of Small Bulges Reveals Their Early Formation in Λ CDM Paradigm

Costantin, Luca; Méndez-Abreu, J.; Corsini, Enrico M.; Morelli, Lorenzo; de Lorenzo-Cáceres, A.; Pagotto, Ilaria; Cuomo, Virginia;

Aguerri, J. A. L.; Rubino, Michela

[2020ApJ...889L...3C](#)

ESPRESSO highlights the binary nature of the ultra-metal-poor giant HE 0107-5240

Bonifacio, P.etal. (incluye a Allende Prieto, C.; Genova, R.; González Hernández, J. I.; Rebolo, R.;Suarez-Mascaño, A.)

[2020A&A...633A.129B](#)

Fast quasi-periodic oscillations in the eclipsing polar VV Puppis from VLT and XMM-Newton observations

Bonnet-Bidaud, J. M.; Mouchet, M.; Falize, E.; Van Box Som, L.; Busschaert, C.; Buckley, D. A. H.; Breytenbach, H.; Marsh, T. R.; Ashley, R. P.; Dhillon, V. S

[2020A&A...633A.145B](#)

Full orbital solution for the binary system in the northern Galactic disc microlensing event Gaia16aye

Wyrzykowski, Ł.et.al. (incluye a Britavskiy, N.; Dhillon, V. S.)

[2020A&A...633A..98W](#)

Have we seen all the galaxies that comprise the cosmic infrared background at $250 \mu\text{m} \leq \lambda \leq 500 \mu\text{m}$?

Duivenvoorden, S.et.al. (incluye a Shirley, R.)

[2020MNRAS.491.1355D](#)

Improving baryon acoustic oscillation measurement with the combination of cosmic voids and galaxies

Zhao, Cheng; Chuang, Chia-Hsun; Kitaura, Francisco-Shu; Liang, Yu; Pellejero-Ibanez, Marcos; Tao, Charling; Vargas-Magaña, Mariana; Variu, Andrei; Yepes, Gustavo

[2020MNRAS.491.4554Z](#)

Insights into formation scenarios of massive early-type galaxies from spatially resolved stellar population analysis in CALIFA

Zibetti, Stefano; Gallazzi, Anna R.; Hirschmann, Michaela; Consolandi, Guido; Falcón-Barroso, Jesús; van de Ven, Glenn; Lyubenova, Mariya

[2020MNRAS.491.3562Z](#)

Mapping the Galactic disc with the LAMOST and Gaia red clump sample: II. 3D asymmetrical kinematics of mono-age populations in the disc between 6-14 kpc

Wang, H. -F.et.al. (incluye a López-Corredoira, M.)

[2020MNRAS.491.2104W](#)

Mega-Archive and the EURONEAR tools for data mining world astronomical images

Vaduvescu, O.; Curelaru, L.; Popescu, M

[2020A&C....3000356V](#)

Metallicity and α -Element Abundance Gradients along the Sagittarius Stream as Seen by APOGEE

Hayes, Christian R.et.al. (incluye a Allende Prieto, C.; Battaglia, G.; García-Hernández, D. A.)

[2020ApJ...889...63H](#)

MuSCAT2 multicolour validation of TESS candidates: an ultra-short-period substellar object around an M dwarf

Parviainen, H.et.al. (incluye a Palle, E.; Montañes Rodriguez, P.; Murgas, F.; Hidalgo Soto, D.; Béjar, V. J. S.; Monelli, M.; Casasayas Barris, N.; Hernandez, A.; Klagyivik, P.; Luque, R.; Prieto-Arranz, J.)

[2020A&A...633A..28P](#)

Near-infrared spectroscopy of the Klio primitive inner-belt asteroid family

Arredondo, A.; Lorenzi, V.; Pinilla-Alonso, Noemi; Campins, Humberto; Malfavon, Andrew; de León, J.; Morate, David

[2020Icar..33513427A](#)

NGC 6240: A triple nucleus system in the advanced or final state of merging

Kollatschny, W.; Weilbacher, P. M.; Ochmann, M. W.; Chelouche, D.; Monreal-Ibero, A.; Bacon, R.; Contini, T

[2020A&A...633A..79K](#)

Nonequilibrium ionization and ambipolar diffusion in solar magnetic flux emergence processes

Nóbrega-Siverio, D.; Moreno-Insertis, F.; Martínez-Sykora, J.; Carlsson, M.; Szydlarski, M.

[2020A&A...633A..66N](#)

One simulation to have them all: performance of the Bias Assignment Method against N-body simulations

Balaguera-Antolínez, A.; Kitaura, Francisco-Shu; Pellejero-Ibáñez, M.; Lippich, Martha; Zhao, Cheng; Sánchez, Ariel G.; Dalla Vecchia, Claudio; Angulo, Raúl E.; Croce, Martín

[2020MNRAS.491.2565B](#)

Optical intensity interferometry observations using the MAGIC Imaging Atmospheric Cherenkov Telescopes

Acciari, V. A.et.al.

[2020MNRAS.491.1540A](#)

Photometry of high-redshift blended galaxies using deep learning

Boucaud, Alexandre.et.al. (incluye a Huertas-Company, Marc)

[2020MNRAS.491.2481B](#)

SDSS-IV MaNGA: bar pattern speed estimates with the Tremaine-Weinberg method and their error sources

Garma-Oehmichen, L.; Cano-Díaz, M.; Hernández-Toledo, H.; Aquino-Ortíz, E.; Valenzuela, O.; Aguerri, J. A. L.; Sánchez, S. F.; Merrifield, M.

[2020MNRAS.491.3655G](#)

Simultaneous longitudinal and transverse oscillations in filament threads after a failed eruption

Mazumder, Rakesh; Pant, Vaibhav; Luna, Manuel; Banerjee, Dipankar

[2020A&A...633A..12M](#)

The Extreme CNO-enhanced Composition of the Primitive Iron-poor Dwarf Star J0815+4729

González Hernández, J. I.; Aguado, David S.; Prieto, Carlos Allende; Burgasser, Adam J.; Rebolo, Rafael
[2020ApJ...889L..13H](#)

The Extreme CNO-enhanced Composition of the Primitive Iron-poor Dwarf Star J0815+4729

González Hernández, Jonay I.; Aguado, David S.; Allende Prieto, Carlos; Burgasser, Adam J.; Rebolo, Rafael
[2020ApJ...889L..13C](#)

The Fornax Deep Survey (FDS) with VST. VI. Optical properties of the dwarf galaxies in the Fornax cluster (Corrigendum)

Venhola, Aku et.al. (incluye a Falcón-Barroso, Jesús)
[2020A&A...633C...2V](#)

The highly inflated giant planet WASP-174b

Mancini, L. et.al. (incluye a Chen, G.)
[2020A&A...633A..30M](#)

The Pre-He White Dwarf in the Post-mass Transfer Binary EL CVn

Wang, Luqian et.al. (incluye a Dhillon, Vik S.)
[2020AJ....159....4W](#)

The Pristine Dwarf-Galaxy survey - II. In-depth observational study of the faint Milky Way satellite Sagittarius II

Longeard, Nicolas et.al. (incluye a González Hernández, J. I.)
[2020MNRAS.491..356L](#)

The Pristine Inner Galaxy Survey (PIGS) I: tracing the kinematics of metal-poor stars in the Galactic bulge

Arentsen, A.et.al. (incluye a González Hernández, J. I.)
[2020MNRAS.491L..11A](#)

The Vanishing and Appearing Sources during a Century of Observations Project. I. USNO Objects Missing in Modern Sky Surveys and Follow-up Observations of a “Missing Star”

Villarroel, B. et.al. (incluye a López-Corredoira, Martín; Prieto, M. A.)
[2020AJ....159....8V](#)

The velocity field of the Lyra complex

Girardi, M.; Boschin, W.; De Grandi, S.; Longhetti, M.; Clavico, S.; Eckert, D.; Gastaldello, F.; Ghizzardi, S.; Nonino, M.; Rossetti, M.
[2020A&A...633A.108G](#)

Uncovering a 260 pc wide, 35-Myr-old filamentary relic of star formation

Beccari, Giacomo; Boffin, Henri M. J.; Jerabkova, Tereza
[2020MNRAS.491.2205B](#)

USco1621 B and USco1556 B: Two wide companions at the deuterium-burning mass limit in Upper Scorpius

Chinchilla, Patricia; Béjar, Víctor J. S.; Lodieu, Nicolas; Gauza, Bartosz; Zapatero Osorio, Maria Rosa; Rebolo, Rafael; Garrido, Antonio Pérez; Alvarez, Carlos; Manjavacas, Elena
[2020A&A...633A.152C](#)

A crucial test for astronomical spectrograph calibration with frequency combs

Probst, Rafael A. et.al. (incluye a Toledo-Padrón, Borja; Esposito, Massimiliano; González Hernández, Jonay I.; Rebolo, Rafael; Suárez Mascareño, Alejandro)
[2020NatAs...4..603P](#)

A DECam view of the diffuse dwarf galaxy Crater II - Variable stars

Vivas, A. Katherina et.al. (incluye a Monelli, Matteo; Dorta, Antonio; Gallart, Carme)
[2020MNRAS.492.1061V](#)

A detailed non-LTE analysis of LB-1: Revised parameters and surface abundances

Simón-Díaz, S.et.al. (incluye a Lennon, D. J.; González Hernández, J. I.; Allende Prieto, C.; Herrero, A.; Toledo-Padrón, B.)
[2020A&A...634L...7S](#)

A spectroscopic survey of Abell 1703: is it a rare relaxed cluster hosting a radio halo or a usual merging system?

Boschin, W.; Girardi, M.; Gastaldello, F.
[2020MNRAS.492.2405B](#)

An empirical, Bayesian approach to modelling crop yield: Maize in USA

Shirley, Raphael et.al
[2020ERCom...2b5002S](#)

An image of the dust sublimation region in the nucleus of NGC 1068

Gravity Collaboration et.al. (incluye a Prieto, M. A.)
[2020A&A...634A...1G](#)

Capabilities of bisector analysis of the Si I 10 827 Å line for estimating line-of-sight velocities in the quiet Sun

González Manrique, S. J.; Quintero Noda, C.; Kuckein, C.; Ruiz Cobo, B.; Carlsson, M
[2020A&A...634A..19G](#)

Cosmology with galaxy-galaxy lensing on non-perturbative scales: emulation method and application to BOSS LOWZ

Wibking, Benjamin D.; Weinberg, David H.; Salcedo, Andrés N.; Wu, Hao-Yi; Singh, Sukhdeep; Rodríguez-Torres, Sergio; Garrison, Lehman H.; Eisenstein, Daniel J
[2020MNRAS.492.2872W](#)

Detection and Characterization of Oscillating Red Giants: First Results from the TESS Satellite

Aguirre, Víctor Silva et.al. (incluye a Mathur, Savita; Beck, Paul G.; Jiménez, Antonio)
[2020ApJ...889L..34A](#)

Distribution and spectrophotometric classification of basaltic asteroids

Mansour, J. -A.; Popescu, M.; de León, J.; Licandro, J
[2020MNRAS.491.5966M](#)

Evidence for Spin–Orbit Alignment in the TRAPPIST-1 System

Hirano, Teruyuki et.al. (incluye a Fukui, Akihiko)
[2020ApJ...890L..27H](#)

Evolution of Stokes V area asymmetry related to a quiet Sun cancellation observed with GRIS/IFU

Kaithakkal, A. J.; Borrero, J. M.; Fischer, C. E.; Dominguez-Tagle, C.; Collados, M
[2020A&A...634A.131K](#)

First discovery of an ultra-cool white dwarf benchmark in common proper motion with an M dwarf

Lam, M. C.; Hambly, N. C.; Lodieu, N.; Blouin, S.; Harvey, E. J.; Smith, R. J.; Gálvez-Ortiz, M. C.; Zhang, Z. H
[2020MNRAS.493.6001L](#)

Gaia-assisted discovery of a detached low-ionisation BAL quasar with very large ejection velocities

Fynbo, J. P. U. et.al. (incluye a Geier, S. J.)
[2020A&A...634A.111F](#)

Gaia-DR2 extended kinematical maps. II. Dynamics in the Galactic disk explaining radial and vertical velocities

López-Corredoira, M.; Garzón, F.; Wang, H. -F.; Sylos Labini, F.; Nagy, R.; Chrobáková, Ž.; Chang, J.; Villarroel, B
[2020A&A...634A..66L](#)

Galaxy sizes and the galaxy-halo connection - I. The remarkable tightness of the size distributions

Zanisi, Lorenzo; Shankar, Francesco; Lapi, Andrea; Menci, Nicola; Bernardi, Mariangela; Duckworth, Christopher; Huertas-Company, Marc; Grylls, Philip; Salucci, Paolo
[2020MNRAS.492.1671Z](#)

GJ 1252 b: A 1.2 R_J Planet Transiting an M3 Dwarf at 20.4 pc

Shporer, Avi et.al. (incluye a Palle, Enric)
[2020ApJ...890L...7S](#)

Homogeneous analysis of globular clusters from the APOGEE survey with the BACCHUS code - II. The Southern clusters and overview

Mészáros, Szabolcs et.al. (incluye a Masseron, Thomas; García-Hernández, D. A.; Allende Prieto, Carlos; Dell'Agli, Flavia; Zamora, Olga)
[2020MNRAS.492.1641M](#)

Ionization correction factors for sodium, potassium, and calcium in planetary nebulae

Amayo, A.; Delgado-Inglada, G.; García-Rojas, J
[2020MNRAS.492..950A](#)

Kinematic and metallicity properties of the Aquarius dwarf galaxy from FORS2 MXU spectroscopy

Hermosa Muñoz, L. et.al. (incluye a Taibi, S.; Battaglia, G.)
[2020A&A...634A..10H](#)

Microlensing Analysis for the Gravitational Lens Systems SDSS0924+0219, Q1355-2257, and SDSS1029+2623

Rojas, K.; Motta, V.; Mediavilla, E.; Jiménez-Vicente, J.; Falco, E.; Fian, C
[2020ApJ...890....3R](#)

Modeling the Strongest Silicate Emission Features of Local Type 1 AGNs

Martínez-Paredes, M. et.al. (incluye a Ramos Almeida, C.)
[2020ApJ...890..152M](#)

New constraints on the structure of the nuclear stellar cluster of the Milky Way from star counts and MIR imaging

Gallego-Cano, E.; Schödel, R.; Nogueras-Lara, F.; Dong, H.; Shahzamanian, B.; Fritz, T. K.; Gallego-Calvente, A. T.; Neumayer, N
[2020A&A...634A..71G](#)

OGLE-2013-BLG-0911Lb: A Secondary on the Brown-dwarf Planet Boundary around an M Dwarf

Miyazaki, Shota et.al. (incluye a Fukui, Akihiko)
[2020AJ....159...76M](#)

OGLE-2018-BLG-1700L: Microlensing Planet in Binary Stellar System

Han, Cheongho et.al. (incluye a Fukui, Akihiko)
[2020AJ....159...48H](#)

Peculiar emission line spectra of core extremely red BOSS quasars at z 2-3: orientation and/or evolution?

Villar Martín, M.; Perna, M.; Humphrey, A.; Castro Rodríguez, N.; Binette, L.; Pérez González, P. G.; Mateos, S.; Cabrera Lavers, A
[2020A&A...634A.116V](#)

Rest-frame UV properties of luminous strong gravitationally lensed Ly α emitters from the BELLS GALLERY Survey

Marques-Chaves, R. et.al. (incluye a Pérez-Fournon, I.; Geier, S.; Jiménez-Ángel, C.; Poidevin, F.; Shirley, R.)
[2020MNRAS.492.1257M](#)

SCUBA-2 Ultra Deep Imaging EAO Survey (Studies). III. Multiwavelength Properties, Luminosity Functions, and Preliminary Source Catalog of 450 μ m Selected Galaxies

Lim, Chen-Fatt et.al. (incluye aDannerbauer, Helmut)
[2020ApJ...889...80L](#)

Searching for optical companions to four binary millisecond pulsars with the Gran Telescopio Canarias

Kirichenko, A. Yu; Karpova, A. V.; Zyuzin, D. A.; Zharikov, S. V.; López, E. A.; Shibanov, Yu A.; Freire, P. C. C.; Fonseca, E.; Cabrera-Lavers, A
[2020MNRAS.492.3032K](#)

Signatures of the Galactic bar in high-order moments of proper motions measured by Gaia

Palicio, Pedro A.; Martinez-Valpuesta, Inma; Allende Prieto, Carlos; Dalla Vecchia, Claudio
[2020A&A...634A..90P](#)

Spectral library of age-benchmark low-mass stars and brown dwarfs

Manjavacas, E.; Lodieu, N.; Béjar, V. J. S.; Zapatero-Osorio, M. R.; Boudreault, S.; Bonnefoy,
[2020MNRAS.491.5925M](#)

Spectroscopy and polarimetry of the gravitationally lensed quasar SDSS J1004+4112 with the 6m SAO RAS telescope

Popović, L. Č.; Afanasiev, V. L.; Moiseev, A.; Smirnova, A.; Simić, S.; Savić, Dj.; Mediavilla, E. G.; Fian
[2020A&A...634A..27P](#)

Statistics of VHE γ -rays in temporal association with radio giant pulses from the Crab pulsar

MAGIC Collaboration et.al. (incluye a Becerra González, J.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; Vanzo, G.; Vazquez Acosta, M.)
[2020A&A...634A..25M](#)

Stellar Characterization of M Dwarfs from the APOGEE Survey: A Calibrator Sample for M-dwarf Metallicities

Souto, Diogo et.al. (incluye a Allende Prieto, C.; García-Hernández, D. A.; Masseron, Thomas; Zamora, Olga)
[2020ApJ...890..133S](#)

Sub one per cent mass fractions of young stars in red massive galaxies

Salvador-Rusiñol, Núria; Vazdekis, Alexandre; La Barbera, Francesco; Beasley, Michael A.; Ferreras, Ignacio; Negri, Andrea; Dalla Vecchia, Claudio
[2020NatAs...4..252S](#)

The CARMENES search for exoplanets around M dwarfs. Photospheric parameters of target stars from high-resolution spectroscopy. II. Simultaneous multi-wavelength range modeling of activity insensitive lines (Corrigendum)

Passegger, V. M. et.al. (incluye a Béjar, V. J. S.)
[2020A&A...634C...2P](#)

The Formation of a 70 M_{\odot} Black Hole at High Metallicity

Belczynski, K.; Hirschi, R.; Kaiser, E. A.; Liu, Jifeng; Casares, J.; Lu, Youjun; O'Shaughnessy, R.; Heger, A.; Justham, S.; Soria, R
[2020ApJ...890..113B](#)

The Great Markarian 421 Flare of 2010 February: Multiwavelength Variability and Correlation Studies

Abeysekara, A. U. et.al. (incluye a Acciari, V. A.; Bednarek, W.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; López-Oramas, A.; Vanzo, G.(Inst. de Astrofísica de Canarias, E-38200 La Laguna, and Universidad de La Laguna, Dpto. Astrofísica, E-38206 La Lagun; Vazquez Acosta, M.)
[2020ApJ...890...97A](#)

The MUSE view of the planetary nebula NGC 3132

Monreal-Ibero, Ana; Walsh, Jeremy R
[2020A&A...634A..47M](#)

The NGC 346 massive star census. Nitrogen abundances for apparently single, narrow lined, hydrogen core burning B-type stars

Dufton, P. L.; Evans, C. J.; Lennon, D. J.; Hunter, I
[2020A&A...634A...6D](#)

The Pristine survey - X. A large population of low-metallicity stars permeates the Galactic disc

Sestito, Federico et.al. (incluye a González Hernández, Jonay I.; Palicio, Pedro A.; Garcia-Dias, Rafael; Osorio, Yeisson; Patrick, Lee R.)
[2020MNRAS.497L...7S](#)

The Properties of the Interstellar Medium of Galaxies across Time as Traced by the Neutral Atomic Carbon [C I]

Valentino, Francesco et.al. (incluye a Jin, Shuowen)
[2020ApJ...890...24V](#)

The Role of Environment in Galaxy Evolution in the SERVS Survey. I. Density Maps and Cluster Candidates

Krefting, Nick et.al. (incluye a Shirley, Raphael)
[2020ApJ...889..185K](#)

The Sloan Digital Sky Survey extended point spread functions

Infante-Sainz, Raúl; Trujillo, Ignacio; Román, Javier
[2020MNRAS.491.5317I](#)

The Tarantula Massive Binary Monitoring. III. Atmosphere analysis of double-lined spectroscopic systems

Mahy, L. et.al. (incluye a Lennon, D. J.)
[2020A&A...634A.118M](#)

The VLT-FLAMES Tarantula Survey. XXXII. Low-luminosity late O-type stars: classification, main physical parameters, and silicon abundances

Markova, N.; Puls, J.; Dufton, P. L.; Lennon, D. J.; Evans, C. J.; de Koter, A.; Ramírez-Agudelo, O. H.; Sana, H.; Vink, J. S
[2020A&A...634A..16M](#)

The X-shooter Spectral Library (XSL): Data release 2

Gonneau, A.et.al. (incluye a Falcón-Barroso, J.;Vazdekis, A.)
[2020A&A...634A.133G](#)

The young massive SMC cluster NGC 330 seen by MUSE. I. Observations and stellar content

Bodensteiner, J. et.al. (incluye a Patrick, L. R.;Lennon, D. J.)
[2020A&A...634A..51B](#)

Thermal emission from the amorphous dust: An alternative possibility of the origin of the anomalous microwave emission

Nashimoto, Masashi; Hattori, Makoto; Génova-Santos, Ricardo;Poidevin, Frédéric
[2020PASJ...72...6N](#)

Tracking Downflows from the Chromosphere to the Photosphere in a Solar Arch Filament System

González Manrique, Sergio Javier; Kuckein, Christoph; Pastor Yabar, Adur; Diercke, Andrea; Collados, M.; Gömöry, Peter; Zhong, Sihui; Hou, Yijun; Denker, Carsten
[2020ApJ...890...82G](#)

Trojans in the Solar Neighborhood

D'Onghia, Elena; Aguerri, J. A. L
[2020ApJ...890..117D](#)

Two Ultra-faint Milky Way Stellar Systems Discovered in Early Data from the DECam Local Volume Exploration Survey

Mau, S. et.al. (incluye a Gallart, C.)
[2020ApJ...890..136M](#)

Two-dimensional simulations of coronal rain dynamics. I. Model consisting of a vertical magnetic field and an unbounded atmosphere

Martínez-Gómez, D.; Oliver, R.; Khomenko, E.; Collados, M
[2020A&A...634A..36M](#)

XO-7 b: A Transiting Hot Jupiter with a Massive Companion on a Wide Orbit

Crouzet, Nicolas et.al. (incluye a MontaÑés-Rodríguez, Pilar)
[2020AJ....159...44C](#)

A dwarf-dwarf merger and dark matter core as a solution to the globular cluster problems in the Fornax dSph

Leung, Gigi Y. C.; Leaman, Ryan; van de Ven, Glenn; Battaglia, Giuseppina
[2020MNRAS.493..320L](#)

A hydrodynamical study of outflows in starburst galaxies with different driving mechanisms

Yu, B. P. Brian; Owen, Ellis R.; Wu, Kinwah; Ferreras, Ignacio
[2020MNRAS.492.3179Y](#)

A physically motivated definition for the size of galaxies in an era of ultradeep imaging

Trujillo, Ignacio; Chamba, Nushkia; Knapen, Johan H
[2020MNRAS.493..87T](#)

A pulsating white dwarf in an eclipsing binary

Parsons, Steven G. et.al. (incluye a Dhillon, Vikram S.)
[2020NatAs...4..690P](#)

An eclipsing substellar binary in a young triple system discovered by SPECULOOS

Triaud, Amaury H. M. J. et.al. (incluye a Alonso, Roi)
[2020NatAs...4..650T](#)

An ionized superbubble powered by a protocluster at $z = 6.5$

Rodríguez Espinosa, J. M.; Mas-Hesse, J. M.; Salvador-Solé, E.; Calvi, R.; Manrique, A.; Chanchaiworawit, K.; Guzman, R.; Gallego, J.; Herrero, A.; Marín Franch, A
[2020MNRAS.495L..17R](#)

An ultra-massive white dwarf with a mixed hydrogen-carbon atmosphere as a likely merger remnant

Hollands, M. A. et.al. (incluye a Dhillon, V. S.; Izquierdo, P.)
[2020NatAs...4..663H](#)

Analysis in the visible range of NASA Lucy mission targets: Eurybates, Polymele, Orus and Donaldjohanson

Souza-Feliciano, A. C.; De Prá, M.; Pinilla-Alonso, N.; Alvarez-Candal, A.; Fernández-Valenzuela, E.; De León, J.; Binzel, R.; Arcoverde, P.; Rondón, E.; Evangelista, M. S
[2020Icar..33813463S](#)

Analysis of absorption lines in the high-resolution spectra of five hot post-AGB candidates

Herrero, A.; Parthasarathy, M.; Simón-Díaz, S.; Hubrig, S.; Sarkar, G.; Muneer, S
[2020MNRAS.494.2117H](#)

Arm-interarm gas abundance variations explored with MUSE: the role of spiral structure in the chemical enrichment of galaxie

Sánchez-Menguiano, L.; Sánchez, Sebastián F.; Pérez, Isabel; Ruiz-Lara, T.; Galbany, Lluís; Anderson, Joseph P.; Kuncarayakti, Hanindyo
[2020MNRAS.492.4149S](#)

Arp 70: an interacting galaxy with extreme outflows

Camps-Fariña, A.; Beckman, J. E.; Font, J.; del Moral-Castro, I.; Sanchez, S. F.; Borlaff, A
[2020MNRAS.493.1434C](#)

Can we detect the stellar differential rotation of WASP-7 through the Rossiter-McLaughlin observations?

Serrano, L. M.; Oshagh, M.; Cegla, H. M.; Barros, S. C. C.; Santos, N. C.; Faria, J. P.; Akisanmi, B
[2020MNRAS.493.5928S](#)

Characterizing the companion AGBs using surface chemical composition of barium stars

Shejeelammal, J.; Goswami, Aruna; Goswami, Partha Pratim; Rathour, Rajeev Singh; Masseron, T
[2020MNRAS.492.3708S](#)

Deconstructing double-bared galaxies in 2D and 3D - II. Two distinct groups of inner bars

de Lorenzo-Cáceres, A.; Méndez-Abreu, J.; Thorne, B.; Costantin, L
[2020MNRAS.494.1826D](#)

Deep spectroscopy in nearby galaxy clusters - V. The Perseus cluster

Aguerri, J. A. L.; Girardi, M.; Agulli, I.; Negri, A.; Dalla Vecchia, C.; Domínguez Palmero, L
[2020MNRAS.494.1681A](#)

Detection of Na, K, and H α absorption in the atmosphere of WASP-52b using ESPRESSO

Chen, G.; Casasayas-Barris, N.; Pallé, E.; Yan, F.; Stangret, M.; Cegla, H. M.; Allart, R.; Lovis, C
[2020A&A...635A.171C](#)

Discovery of long-period magnetic field oscillations and motions in isolated sunspots

Griñón-Marín, A. B.; Pastor Yabar, A.; Socas-Navarro, H.; Centeno, R
[2020A&A...635A..64G](#)

Early Optical Observations of Gamma-Ray Bursts Compared with Their Gamma- and X-Ray Characteristics Using a MASTER Global Network of Robotic Telescopes from Lomonosov Moscow State University

Ershova, O. A. et.al. (incluye a Rebolo, R.; Serra-Ricart, M.)
[2020ARep...64..126E](#)

Euclid preparation. VI. Verifying the performance of cosmic shear experiments

Euclid Collaboration et.al. (incluye a Colodro-Conde, C.)
[2020A&A...635A.139E](#)

Extended H α over compact far-infrared continuum in dusty submillimeter galaxies. Insights into dust distributions and star-formation rates at $z \sim 2$

Chen, Chian-Chou et.al. (incluye a Dannerbauer, H.)
[2020A&A...635A.119C](#)

Fermi Large Area Telescope Fourth Source Catalog

Abdollahi, S.et. al. (incluye a Becerra Gonzalez, J.)
[2020ApJS..247...33A](#)

Gas fractions and depletion times in galaxies with different degrees of interaction

Díaz-García, S.; Knapen, J. H
[2020A&A...635A.197D](#)

Globular cluster ejection, infall, and the host dark matter halo of the Pegasus dwarf galaxy

Leaman, Ryan et.al. (incluye a Ruiz-Lara, Tomás; Beasley, Michael A.; Falcón-Barroso, Jesús)
[2020MNRAS.492.5102L](#)

Highly porous nature of a primitive asteroid revealed by thermal imaging

Okada, Tatsuaki et. al. (incluye a Tatsumi, Eri)
[2020Natur.579..518O](#)

Hot Exoplanet Atmospheres Resolved with Transit Spectroscopy (HEARTS). III. Atmospheric structure of the misaligned ultra-hot Jupiter WASP-121b

Bourrier, V.et. al. (incluye a Suárez-Masareño, A.; Heng, K.; Murgas, F.)
[2020A&A...635A.205B](#)

Is there Na I in the atmosphere of HD 209458b?. Effect of the centre-to-limb variation and Rossiter-McLaughlin effect in transmission spectroscopy studies

Casasayas-Barris, N. et.al. (incluye a Pallé, E.; Luque, R.; Stangret, M.; Nortmann, L.)
[2020A&A...635A.206C](#)

It Takes Two Planets in Resonance to Tango around K2-146

Lam, Kristine W. F. et.al. (incluye a Luque, Rafael; Sobrino Alonso, Roi; Deeg, Hans J.; Gonzalez Cuesta, Lucia; Hidalgo, Diego; Mathur, Savita; Rodríguez, Pilar Montañes; Murgas, Felipe; Narita, Norio; Nespral, David; Palle, Enric; Prieto-Arranz, Jorge)
[2020AJ....159..120L](#)

Jansky VLA observations of synchrotron emitting optical hotspots of 3C 227 and 3C 445 radio galaxies

Orienti, M.; Migliori, G.; Brunetti, G.; Nagai, H.; D'Ammando, F.; Mack, K. -H.; Prieto, M. A
[2020MNRAS.494.2244O](#)

Lunar Standstills or Lunistics, Reality or Myth?

González-García, A. C.; Belmonte, J. A
[10.1558/jsa.39036](#)

MAGIC very large zenith angle observations of the Crab Nebula up to 100 TeV

MAGIC Collaboration et.al. (incluye a Acciari, V. A.; Becerra González, J.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; López-Oramas, A.; Somero, A.; Vanzo, G.; Vazquez Acosta, M.)
[2020A&A...635A.158M](#)

Mass determinations of the three mini-Neptunes transiting TOI-125

Nielsen, L. D. et.al. (incluye a Luque, R.; Murgas, F.; González-Cuesta, L.; Mathur, S.; Narita, N.; Palle, E.)
[2020MNRAS.492.5399N](#)

Measurement of Atmospheric Scintillation during a Period of Saharan Dust (Calima) at Observatorio del Teide, Izaña, Tenerife, and the Impact on Photometric Exposure Times

Hale, S. J.; Chaplin, W. J.; Davies, G. R.; Elsworth, Y. P.; Howe, R.; Pallé, P. L
[2020PASP..132c4501H](#)

MEGARA-GTC stellar spectral library: I

García-Vargas, M. L. et.al. (incluye a Berlanas, S. R.)

[2020MNRAS.493..871G](#)

Monitoring of the radio galaxy M 87 during a low-emission state from 2012 to 2015 with MAGIC

MAGIC Collaboration et.al. (incluye a Acciari, V. A.; Becerra González, J.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; López-Oramas, A.; Somero, A.; Vanzo, G.; Vazquez Acosta, M.)

[2020MNRAS.492.5354M](#)

Multiplicity of the red supergiant population in the young massive cluster NGC 330

Patrick, L. R.; Lennon, D. J.; Evans, C. J.; Sana, H.; Bodensteiner, J.; Britavskiy, N.; Dorda, R.; Herrera, A.; Negueruela, I.; de Koter, A

[2020A&A...635A..29P](#)

Multiwavelength behaviour of the blazar 3C 279: decade-long study from γ -ray to radio

Larionov, V. M. et.al. (incluye a Acosta-Pulido, J. A.; González-Morales, P.; Lázaro, C.; Sola, P.)

[2020MNRAS.492.3829L](#)

New Hard-TeV Extreme Blazars Detected with the MAGIC Telescopes

Acciari, V. A. et.al. (incluye a Becerra González, J.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; López-Oramas, A.; Somero, A.; Vanzo, G.; Vazquez Acosta, M.)

[2020ApJS...247...16A](#)

Nightside condensation of iron in an ultrahot giant exoplanet

Ehrenreich, David et.al. (incluye a Rebolo, Rafael; González Hernández, Jonay I.; Casasayas-Barris, Núria; Allende Prieto, Carlos; Amate, Manuel; Pallé, Enric; Fragoso, Ana; Génova Santos, Ricardo; Rasilla, José Luis; Suárez Mascareño, Alejandro; Tenegi, Fabio)

[2020Natur.580..597E](#)

NOEMA redshift measurements of bright Herschel galaxies

Neri, R. et.al. (incluye a Dannerbauer, H.; Jin, S.; Perez-Fournon, I.)

[2020A&A...635A...7N](#)

On the origin of magnetic driven winds and the structure of the galactic dynamo in isolated galaxies

Steinwandel, Ulrich P.; Dolag, Klaus; Lesch, Harald; Moster, Benjamin P.; Burkert, Andreas; Prieto, Almudena

[2020MNRAS.494.4393S](#)

Ondřejov Echelle Spectrograph, Ground Based Support Facility for Exoplanet Missions

Kabáth, P. et.al. (incluye a Jones, D.)

[2020PASP...132c5002K](#)

Photospheric magnetic topology of a north polar region

Pastor Yabar, A.; Martínez González, M. J. Collados, M

[2020A&A...635A.210P](#)

Planetary nebulae seen with TESS: Discovery of new binary central star candidates from Cycle 1

Aller, A.; Lillo-Box, J.; Jones, D.; Miranda, L. F.; Barceló Forteza, S

[2020A&A...635A.128A](#)

Quasi-periodic behaviour in the optical and γ -ray light curves of blazars 3C 66A and B2 1633+38

Otero-Santos, J. et.al. (incluye a Acosta-Pulido, J. A.; Becerra González, J.)

[2020MNRAS.492.5524O](#)

RedDots: a temperate 1.5 Earth-mass planet candidate in a compact multiterrestrial planet system around GJ 1061

Dreizler, S. et.al. (incluye a Hidalgo Soto, D.; Pallé, E

[2020MNRAS.493..536D](#)

Serendipitous Discovery of a Physical Binary Quasar at $z = 1.76$

Altamura, E.; Brennan, S.; Leśniewska, A.; Pintér, V.; Reis, S. N. dos; Pursimo, T.; Fynbo, J. P. U.; Geier, S.; Heintz, K. E.; Møller, P

[2020AJ...159..122A](#)

Stellar activity consequence on the retrieved transmission spectra through chromatic Rossiter-McLaughlin observations

Boldt, S.; Oshagh, M.; Dreizler, S.; Mallonn, M.; Santos, N. C.; Claret, A.; Reiners, A.; Sedaghati, E.

[2020A&A...635A.123B](#)

Stellar atmospheric parameters of FGK-type stars from high-resolution optical and near-infrared CARMENES spectra

Marfil, E. et.al. (incluye a González Hernández, J. I.)

[2020MNRAS.492.5470M](#)

TESS Spots a Hot Jupiter with a Inner Transiting Neptune

Huang, Chelsea X. et.al. (incluye a Mathur, Savita; Palle, Enric)
[2020ApJ...892L...7H](#)

The bias of dark matter tracers: assessing the accuracy of mapping techniques

Pellejero-Ibañez, Marcos; Balaguera-Antolínez, Andres; Kitaura, Francisco-Shu; Angulo, Raúl E.; Yepes, Gustavo; Chuang, Chia-Hsun; Reyes-Peraza, Guillermo; Autefage, Mathieu; Vakili, Mohammadjavad; Zhao, Cheng
[2020MNRAS.493..586P](#)

The evolution of rest-frame UV properties, Ly α EWs, and the SFR-stellar mass relation at $z \sim 2-6$ for SC4K LAEs

Santos, S.; Sobral, D.; Matthee, J.; Calhau, J.; da Cunha, E.; Ribeiro, B.; Paulino-Afonso, A.; Arrabal Haro, P.; Butterworth, J
[2020MNRAS.493..141S](#)

The First Ultracompact Roche Lobe-Filling Hot Subdwarf Binary

Kupfer, Thomas et.al. (incluye a Dhillon, Vik S.)
[2020ApJ...891...45K](#)

The Hubble Space Telescope UV Legacy Survey of Galactic Globular Clusters. XX. Ages of Single and Multiple Stellar Populations in Seven Bulge Globular Clusters

Oliveira, R. A. P. et.al. (incluye a Aparicio, A.)
[2020ApJ...891...37O](#)

The Magnetic Sensitivity of the Resonance and Subordinate Lines of Mg II in the Solar Chromosphere

del Pino Alemán, T.; Trujillo Bueno, J.; Casini, R.; Manso Sainz, R
[2020ApJ...891...91D](#)

The OTELO survey. A case study of [O III] $\lambda 4959, 5007$ emitters at $(z) = 0.83$

Bongiovanni, Ángel et.al. (incluye a Ramón-Pérez, Marina; Cerviño, Miguel; Cepa, Jordi; Nadolny, Jakub; Cedrés, Bernabé)
[2020A&A...635A..35B](#)

The Pristine survey - IX. CFHT ESPaDOnS spectroscopic analysis of 115 bright metal-poor candidate stars

Venn, Kim A. et.al. (incluye a González-Hernández, Jonay I.)
[2020MNRAS.492.3241V](#)

The Pristine Survey - VIII. The metallicity distribution function of the Milky Way halo down to the extremely metal-poor regime

Youakim, K. et.al. (incluye a Allende Prieto, C.; González Hernández, J. I.)
[2020MNRAS.492.4986Y](#)

The resolved size and structure of hot dust in the immediate vicinity of AGN

Gravity Collaboration et.al. (incluye a Prieto, M. A.)
[2020A&A...635A..92G](#)

The spatial distribution of impact craters on Ryugu

Hirata, Naoyuki et.al. (incluye a Tatsumi, Eri)
[2020Icar..33813527H](#)

The spectroscopic properties of the Lixiaohua family, cradle of Main Belt Comets

De Prá, M. N.; Licandro, J.; Pinilla-Alonso, N.; Lorenzi, V.; Rondón, E.; Carvano, J.; Morate, D.; De León, Julia
[2020Icar..33813473D](#)

The Tucana dwarf spheroidal galaxy: not such a massive failure after all

Taibi, S.; Battaglia, G.; Rejkuba, M.; Leaman, R.; Kacharov, N.; Iorio, G.; Jablonka, P.; Zoccali, M
[2020A&A...635A.152T](#)

The Typical Massive Quiescent Galaxy at $z \sim 3$ is a Post-starburst

D'Eugenio, C. et.al. (incluye a Jin, S.)
[2020ApJ...892L...2D](#)

Tidally trapped pulsations in a close binary star system discovered by TESS

Handler, G. et.al. (incluye a Jones, D.)
[2020NatAs...4..684H](#)

Time-domain Study of the Young Massive Cluster Westerlund 2 with the Hubble Space Telescope. I

Sabbi, E. et.al. (incluye a Lennon, D. J.)
[2020ApJ...891..182S](#)

TOI-132 b: A short-period planet in the Neptune desert transiting a $V = 11.3$ G-type star

Díaz, Matías R. et.al. (incluye a Murgas, Felipe; Narita, Norio; González-Cuesta, Lucía; Mathur, Savita; Pallé, Enric)
[2020MNRAS.493..973D](#)

Transiting exoplanets from the CoRoT space mission. XXIX. The hot Jupiters CoRoT-30 b and CoRoT-31 b

Bordé, P. et.al. (incluye a Deeg, H.; Klagyivik, P.; Alonso, R.)
[2020A&A...635A.122B](#)

Under the same sky with Amanar

Benítez Herrera, Sandra; Rivero González, Jorge
[2020NatAs...4..434B](#)

When the disc's away, the stars will play: dynamical masses in the nova-like variable KR Aur with a pinch of accretion

Rodríguez-Gil, P. et.al. (incluye a Shahbaz, T.; Torres, M. A. P.; Izquierdo, P.; Álvarez-Hernández, A.)
[2020MNRAS.494..425R](#)

A new spectroscopic analysis of the massive O + O type binary HD 54662 AB

Barbá, R. H. et.al. (incluye a Simón Díaz, S.)
[2020MNRAS.494.3937B](#)

An artificial impact on the asteroid (162173) Ryugu formed a crater in the gravity-dominated regime

Arakawa, M. et.al. (incluye a Tatsumi, E.)
[2020Sci...368...67A](#)

Analysis of the galaxy size versus stellar mass relation

Sánchez Almeida, J
[2020MNRAS.495...78S](#)

Candidate Brown-dwarf Microlensing Events with Very Short Timescales and Small Angular Einstein Radii

Han, Cheongho et.al. (incluye a Fukui, Akihiko)
[2020AJ...159..134H](#)

Candidate LV stars in galaxy NGC 7793 found via HST photometry + MUSE spectroscopy

Wofford, Aida et.al. (incluye a Herrero, Artemio)
[2020MNRAS.493.2410W](#)

Characterization of M-stars in the LMC in the JWST era

Marini, E.eta I. (incluye a Dell'Agli, F.; García-Hernández, D. A.)
[2020MNRAS.493.2996M](#)

Characterization of the June epsilon Ophiuchids meteoroid stream and the comet 300P/Catalina

Matlovič, Pavol; Kornoš, Leonard; Kováčová, Martina; Tóth, Juraj; Licandro, Javier
[2020A&A...636A.122M](#)

Cluster membership for the long-period Cepheid calibrator SV Vul

Negueruela, I.; Dorda, R.; Marco, A
[2020MNRAS.494.3028N](#)

Quando la ortodoxia no es lo más relevante: El paisaje de La Gomera y la orientación de sus iglesias

Di Paolo, A.; Gangui, A.; Belmonte, J. A.; Perera Betancort, M

Discovery of a pre-cataclysmic binary with unusual chromaticity of the eclipsed white dwarf by the GPX survey

Krushinsky, Vadim et.al. (incluye a Burdanov, Artem)
[2020MNRAS.493.5208K](#)

Doppler Imaging and Differential Rotation of $\sigma 2$ Coronae Borealis Using SONG

Xiang, Yue; Gu, Shenghong; Cameron, A. Collier; Barnes, J. R.; Christensen-Dalsgaard, J.; Grundahl, F.; Antoci, V.; Andersen, M. F.; Pallé, P. L
[2020ApJ...893..164X](#)

Doppler tomographic measurement of the nodal precession of WASP-33b

Watanabe, Noriharu; Narita, Norio; Johnson, Marshall C
[2020PASJ...72...19W](#)

Dust Environment Model of the Interstellar Comet 2I/Borisov

Cremonese, G. et.al. (incluye a Boschin, W.)
[2020ApJ...893L..12C](#)

EX draconis: using eclipses to separate outside-in and inside-out outbursts

Court, J. M. C. et.al. (incluye a Shahbaz, T.)
[2020MNRAS.494.4656C](#)

Explaining the chemical trajectories of accreted and in-situ halo stars of the Milky Way

Brook, Chris B.; Kawata, Daisuke; Gibson, Brad K.; Gallart, Carme; Vicente, Andrés
[2020MNRAS.495.2645B](#)

First measurement of the total gravitational quadrupole moment of a black widow companion

Voisin, Guillaume; Clark, C. J.; Breton, R. P.; Dhillon, V. S.; Kennedy, M. R.; Mata-Sánchez, D
[2020MNRAS.494.4448V](#)

Inflection point in the power spectrum of stellar brightness variations. II. The Sun

Amazo-Gómez, E. M.; Shapiro, A. I.; Solanki, S. K.; Krivova, N. A.; Kopp, G.; Reinhold, T.; Oshagh, M.; Reiners, A
[2020A&A...636A..69A](#)

LHS 1815b: The First Thick-disk Planet Detected by TESS

Gan, Tianjun et.al. (incluye a Luque, Rafael)
[2020AJ....159..160G](#)

LOFAR 144-MHz follow-up observations of GW170817

Broderick, J. W. et.al. (incluye a Muñoz-Darias, T.)
[2020MNRAS.494.5110B](#)

Lowly Polarized Light from a Highly Magnetized Jet of GRB 190114C

Jordana-Mitjans, N. et.al. (incluye a Rebolo, R.)
[2020ApJ...892...97J](#)

Modelling the He I triplet absorption at 10 830 Å in the atmosphere of HD 209458 b

Lampón, M. et.al. (incluye a Nortmann, L.; Pallé, E.)
[2020A&A...636A..13L](#)

Near optimal angular quadratures for polarised radiative transfer

Štěpán, Jiří; Jaume Bestard, Jaume; Trujillo Bueno, Javier
[2020A&A...636A..24S](#)

NGC 6712: the variable star population of a tidally disrupted globular cluster

Deras, D.; Arellano Ferro, A.; Lázaro, C.; Bustos Fierro, I. H.; Calderón, J. H.; Muneer, S.; Giridhar, Sunetra
[2020MNRAS.493.1996D](#)

On ageing star clusters using red supergiants independent of the fraction of interacting binary stars

Eldridge, J. J.; Beasor, Emma R.; Britavskiy, N
[2020MNRAS.495L.102E](#)

Optical spectral characterization of the TeV extreme blazar 2WHSP J073326.7+515354

Becerra González, J.; Acosta-Pulido, J. A.; Clavero, R
[2020MNRAS.494.6036B](#)

Optical, X-ray, and γ -ray observations of the candidate transitional millisecond pulsar 4FGL J0427.8-6704

Kennedy, M. R.; Breton, R. P.; Clark, C. J.; Dhillon, V. S.; Kerr, M.; Buckley, D. A. H.; Potter, S. B.; Mata Sánchez, D.; Stringer, J. G.; Marsh, T. R
[2020MNRAS.494.3912K](#)

Physics of Eclipsing Binaries. IV. The Impact of Interstellar Extinction on the Light Curves of Eclipsing Binaries

Jones, David; Conroy, Kyle E.; Horvat, Martin; Giammarco, Joseph; Kochoska, Angela; Pablo, Herbert; Brown, Alex J.; Sowicka, Paulina; Prša, Andrej
[2020ApJS..247..63J](#)

Revealing the tidal scars of the Small Magellanic Cloud

De Leo, Michele; Carrera, Ricardo; Noël, Noelia E. D.; Read, Justin I.; Erkal, Denis; Gallart, Carme
[2020MNRAS.495...98D](#)

SCUBA-2 overdensities associated with candidate protoclusters selected from Planck data

Cheng, T. et.al. (incluye a Dannerbauer, H.)
[2020MNRAS.494.5985C](#)

Statistical analysis of Galactic globular cluster type properties

Simioni, M.; Aparicio, A.; Piotto, G
[2020MNRAS.495.3981S](#)

Surface brightness fluctuation spectra to constrain stellar population properties

Vazdekis, A.; Cerviño, M.; Montes, M.; Martín-Navarro, I.; Beasley, M. A
[2020MNRAS.493.5131V](#)

The age-chemical abundance structure of the Galaxy I: evidence for a late-accretion event in the outer disc at $z \approx 0.6$

Lian, Jianhui; Thomas, Daniel; Maraston, Claudia; Zamora, Olga; Tayar, Jamie; Pan, Kaike; Tissera, Patricia; Fernández-Trincado, José G.; Garcia-Hernandez, D. A
[2020MNRAS.494.2561L](#)

The AMUSING++ Nearby Galaxy Compilation. I. Full Sample Characterization and Galactic-scale Outflow Selection

López-Cobá, Carlos; Sánchez, Sebastián F.; Anderson, Joseph P.; Cruz-González, Irene; Galbany, Lluís; Ruiz-Lara, Tomás; Barrera-Ballesteros, Jorge K.; Prieto, José L.; Kuncarayakti, Hanindyo
[2020AJ....159..167L](#)

The Binary Mass Ratio in the Black Hole Transient MAXI J1820+070

Torres, M. A. P.; Casares, J.; Jiménez-Ibarra, F.; Álvarez-Hernández, A.; Muñoz-Darias, T.; Armas Padilla, M.; Jonker, P. G.; Heida, M
[2020ApJ...893L..37T](#)

The CARMENES search for exoplanets around M dwarfs. Characterization of the nearby ultra-compact multiplanetary system YZ Ceti

Stock, S. et.al. (incluye a Béjar, V. J. S.; Pallé, E.)
[2020A&A...636A.119S](#)

The CARMENES search for exoplanets around M dwarfs. Radial velocities and activity indicators from cross-correlation functions with weighted binary masks

Lafarga, M. et.al. (incluye a Béjar, V. J. S.)
[2020A&A...636A..36L](#)

The Changing-look Optical Wind of the Flaring X-Ray Transient Swift J1858.6-0814

Muñoz-Darias, T. et.al. (incluye a Armas Padilla, M.; Jiménez-Ibarra, F.; Panizo-Espinar, G.; Casares, J.; Cúneo, V. A.; Sánchez-Sierras, J.; Torres, M. A. P.)
[2020ApJ...893L..19M](#)

The chemical compositions of accreted and in situ galactic globular clusters according to SDSS/APOGEE

Horta, Danny et.al. (incluye a García-Hernández, D. A.)
[2020MNRAS.493.3363H](#)

The Continuing Search for Evidence of Tidal Orbital Decay of Hot Jupiters

Patra, Kishore C. et.al. (incluye a Narita, Norio; Fukui, Akihiko)
[2020AJ....159..150P](#)

The effect of the environment-dependent IMF on the formation and metallicities of stars over the cosmic history

Chruślińska, M.; Jeřábková, T.; Nelemans, G.; Yan, Z
[2020A&A...636A..10C](#)

The Fourth Catalog of Active Galactic Nuclei Detected by the Fermi Large Area Telescope

Ajello, M. et.al. (incluye a Becerra Gonzalez, J.)
[2020ApJ...892..105A](#)

The frequency of gaseous debris discs around white dwarfs

Manser, Christopher J.; Gänsicke, Boris T.; Gentile Fusillo, Nicola Pietro; Ashley, Richard; Breedt, Elmé; Hollands, Mark; Izquierdo, Paula; Pelisoli, Ingrid
[2020MNRAS.493.2127M](#)

The intracluster light as a tracer of the total matter density distribution: a view from simulations

Alonso Asensio, Isaac; Dalla Vecchia, Claudio; Bahé, Yannick M.; Barnes, David J.; Kay, Scott T.
[2020MNRAS.494.1859A](#)

The KISS Experiment

Fasano, A. et.al. (incluye a Aguiar, M.; de Taoro, A. P.; Gomez Reñasco, M. F.; Hoyland, R.; Rubiño Martín, J. A.; Rebolo, R.)
[2020JLTP..199..529F](#)

The mass of our Galaxy from satellite proper motions in the Gaia era

Fritz, T. K.; Di Cintio, A.; Battaglia, G.; Brook, C.; Taibi, S
[2020MNRAS.494.5178F](#)

The OTELO survey. Nature and mass-metallicity relation for H α emitters at $z \sim 0.4$

Nadolny, Jakub et.al. (incluye a Bongiovanni, Ángel; Cepa, Jordi; Padilla Torres, Carmen P.)
[2020A&A...636A..84N](#)

The Pristine survey XI: the FORS2 sample

Caffau, E. et.al. (incluye a González-Hernández, J. I.)
[2020MNRAS.493.4677C](#)

The single-sided pulsator CO Camelopardalis

Kurtz, D. W. et.al. (incluye a Jones, D.)
[2020MNRAS.494.5118K](#)

Three planets transiting the evolved star EPIC 249893012: a hot 8.8-M \oplus super-Earth and two warm 14.7 and 10.2-M \oplus sub-Neptunes

Hidalgo, D. et.al. (incluye a Pallé, E.; Alonso, R.; Nowak, G.; Luque, R.; Deeg, H. J.; Mathur, S.; Montañes-Rodriguez, P.; Murgas, F.; Narita, N.; Prieto-Arranz, J.)
[2020A&A...636A..89H](#)

TOI-503: The First Known Brown-dwarf Amstar Binary from the TESS Mission

Šubjak, Ján et.al. (incluye a Mathur, Savita; Alonso Sobrino, Roi; Beck, Paul; Deeg, Hans J.; Fukui, Akihiko; González-Cuesta, Lucía; Hidalgo, Diego; Luque, Rafael; Montañes Rodríguez, Pilar; Murgas, Felipe; Narita, Norio; Nespral, David; Nowak, Grzegorz; Pallé, Enric; Prieto-Arranz, Jorge)
[2020AJ....159..151S](#)

Unveiling the monster heart: unbeamed properties of blazar 4C 71.07

Raiteri, C. M.; Acosta Pulido, J. A.; Villata, M.; Carnerero, M. I.; Romano, P.; Vercellone, S
[2020MNRAS.493.2793R](#)

Visible and near-infrared observations of interstellar comet 2I/Borisov with the 10.4-m GTC and the 3.6-m TNG telescopes

de León, J. et.al. (incluye a Licandro, J.; Serra-Ricart, M.; Scarpa, R.; Font Serra, J.; Geier, S.; Lorenzi, V.; Cabrera-Lavers, A.)
[2020MNRAS.495.2053D](#)

A detailed look at the stellar populations in green valley galaxies

Angthopo, James; Ferreras, Ignacio; Silk, Joseph
[2020MNRAS.495.2720A](#)

A global view on the colliding-wind binary WR 147

Zhekov, Svetozar A.; Petrov, Blagovest V.; Tomov, Toma V.; Pessev, Peter
[2020MNRAS.494.4525Z](#)

A Novel Design and Optimization Approach for Low Noise Amplifiers (LNA) Based on MOST Scattering Parameters and the gm/ID Ratio

Juan L. Castagnola; Fortunato C. Dualibe; Agustín M. Laprovitta; Hugo García-Vázquez
[10.3390/electronics9050785](#)

A search for dark matter in Triangulum II with the MAGIC telescopes

Acciari, V. A. et.al. (incluye a Becerra González, J.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; López-Oramas, A.; Somero, A.; Vanzo, G.; Vázquez Acosta, M.)
[2020PDU....2800529A](#)

Astrometric orbits of spectral binary brown dwarfs - I. Massive T dwarf companions to 2M1059-21 and 2M0805+48

Sahlmann, J.; Burgasser, A. J.; Bardalez Cagliuffi, D. C.; Lazorenko, P. F.; Ségransan, D.; Zapatero Osorio, M. R.; Blake, C. H.; Gelino, C. R.; Martín, E. L.; Bouy, H
[2020MNRAS.495.1136S](#)

AT 2019abn: multi-wavelength observations over the first 200 days

Williams, S. C. et.al. (incluye a Jones, D.; Pessev, P.; Geier, S.; Corradi, R. L. M.; Núñez, A.)
[2020A&A...637A..20W](#)

Broad-band spectral energy distribution of the X-ray transient Swift J1745-26 from outburst to quiescence

Chaty, Sylvain; Fortin, Francis; López-Oramas, Alicia
[2020A&A...637A...2C](#)

Chemical evolution of ultra-faint dwarf galaxies in the self-consistently calculated integrated galactic IMF theory

Yan, Zhiqiang; Jerabkova, Tereza; Kroupa, Pavel
[2020A&A...637A..68Y](#)

Close Binary Companions to APOGEE DR16 Stars: 20,000 Binary-star Systems across the Color-Magnitude Diagram

Price-Whelan, Adrian M. et.al. (incluye a García-Hernández, D. A.)
[2020ApJ...895....2P](#)

Detailed Abundances in the Galactic Center: Evidence of a Metal-rich Alpha-enhanced Stellar Population

Thorsbro, B. et.al. (incluye a Fritz, T. K.)
[2020ApJ...894...26T](#)

Differences and similarities of stellar populations in LAEs and LBGs at $z \sim 3.4-6.8$

Arrabal Haro, P.; Rodríguez Espinosa, J. M.; Muñoz-Tuñón, C.; Sobral, D.; Lumbreras-Calle, A.; Boquien, M.; Hernán-Caballero, A.; Rodríguez-Muñoz, L.; Alcalde Pampliega, B
[2020MNRAS.495.1807A](#)

Examining supernova events in Type I active galactic nuclei

Villarroel, Beatriz; Imaz, Iñigo; Lusso, Elisabeta; Comerón, Sébastien; Prieto, M. Almudena; Marziani, Paola; Mattsson, Lars
[2020MNRAS.495.4419V](#)

Fornax 3D project: Automated detection of planetary nebulae in the centres of early-type galaxies and first results

Spriggs, T. W. et.al. (incluye a Falcón-Barroso, J.; Pinna, F.)

[2020A&A...637A..62S](#)**Identification of a Group III CEMP-no Star in the Dwarf Spheroidal Galaxy Canes Venatici I**

Yoon, Jinmi; Whitten, Devin D.; Beers, Timothy C.; Lee, Young Sun; Masseron, Thomas; Placco, Vinicius M

[2020ApJ...894....7Y](#)**Kinematic analysis of eagle simulations: evolution of λ Re and its connection with mergers and gas accretion**

Walo-Martín, D.; Falcón-Barroso, J.; Dalla Vecchia, C.; Pérez, I.; Negri, A

[2020MNRAS.494.5652W](#)**MUSEQuBES: calibrating the redshifts of Ly α emitters using stacked circumgalactic medium absorption profiles**

Muzahid, Sowgat et.al. (incluye a Akhlaghi, Mohammad)

[2020MNRAS.496.1013M](#)**NLTE for APOGEE: simultaneous multi-element NLTE radiative transfer**

Osorio, Y.; Allende Prieto, C.; Hubeny, I.; Mészáros, Sz.; Shetrone, M

[2020A&A...637A..80O](#)**Numerical simulations of large-amplitude oscillations in flux rope solar prominences**

Liakh, V.; Luna, M.; Khomenko, E.

[2020A&A...637A..75L](#)**Optical phase curve of the ultra-hot Jupiter WASP-121b**

Bourrier, V. et.al. (incluye a Murgas, F.; Suárez-Mascareño, A.)

[2020A&A...637A..36B](#)**Particle acceleration in low-power hotspots: modelling the broad-band spectral energy distribution**

Migliori, G.; Orienti, M.; Coccato, L.; Brunetti, G.; D'Ammando, F.; Mack, K. -H.; Prieto, M. A

[2020MNRAS.495.1593M](#)**Petroleum, coal and other organics in space**

Cataldo, Franco; García-Hernández, D. A.; Manchado, Arturo

[2020Ap&SS.365...81C](#)**Properties of Neon, Magnesium, and Silicon Primary Cosmic Rays Results from the Alpha Magnetic Spectrometer**

Aguilar, M. et.al. (incluye a García-López, R. J.; Reina Conde, A.; Vázquez Acosta, M.)

[2020PhRvL.124u1102A](#)**Resolved observations at 31 GHz of spinning dust emissivity variations in ρ Oph**

Arce-Tord, Carla et.al. (incluye a Génova-Santos, Ricardo)

[2020MNRAS.495.3482A](#)**Sample collection from asteroid (162173) Ryugu by Hayabusa2: Implications for surface evolution**

Morota, T. et.al. (incluye a Tatsumi, E.)

[2020Sci...368..654M](#)**SDSS-IV MaNGA: Excavating the fossil record of stellar populations in spiral galaxies**

Peterken, Thomas; Merrifield, Michael; Aragón-Salamanca, Alfonso; Fraser-McKelvie, Amelia; Avila-Reese, Vladimir; Riffel, Rogério; Knapen, Johan; Drory, Niv

[2020MNRAS.495.3387P](#)**Spectral Classification of B Stars: The Empirical Sequence Using SDSS-IV/APOGEE Near-IR Data**

Ramírez-Preciado, Valeria G.; Roman-Lopes, Alexandre; Román-Zúñiga, Carlos G.; Hernández, Jesús; García-Hernández, D. A.; Stassun, Keivan; Stringfellow, Guy S.; Kim, Jinyoung Serena

[2020ApJ...894....5R](#)**Spectroscopic and Asteroseismic Analysis of the Secondary Clump Red Giant HD 226808**

De Moura, Bruno Lustosa; Beck, Paul G.; de Almeida, Leandro; Duarte, Tharcisyo S. S.; Coelho, Hugo R.; da Costa, Jefferson S.; Castro, Matthieu; do Nascimento, José-Dias, Jr

[2020ApJ...894...67D](#)**Stellar populations across galaxy bars in the MUSE TIMER project**

Neumann, Justus et.al. (incluye a Falcón-Barroso, Jesús; de Lorenzo-Cáceres, Adriana; Méndez-Abreu, Jairo)

[2020A&A...637A..56N](#)**Structure of the outer Galactic disc with Gaia DR2**

Chrobáková, Ž.; Nagy, R.; López-Corredoira, M

[2020A&A...637A..96C](#)

Study of the variable broadband emission of Markarian 501 during the most extreme Swift X-ray activity

MAGIC Collaboration et.al. (incluye a Acciari, V. A.; Becerra González, J.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; López-Oramas, A.; Somero, A.; Vanzo, G.; Vazquez Acosta, M.; Armas Padilla, M.)
[2020A&A...637A..86M](#)

The CARMENES search for exoplanets around M dwarfs. A super-Earth planet orbiting HD 79211 (GJ 338 B)

González-Álvarez, E. et.al. (incluye a Béjar, V. J. S.; González-Cuesta, L.; Pallé, E.)
[2020A&A...637A..93G](#)

The curious activity in the nucleus of NGC 4151: jet interaction causing variability?

Williams, D. R. A. et.al. (incluye a Knapen, J. H.)
[2020MNRAS.495.3079W](#)

The Fornax 3D project: Globular clusters tracing kinematics and metallicities

Fahrion, K. et.al. (incluye a Falcón-Barroso, J.; Martín-Navarro, I.)
[2020A&A...637A..26F](#)

The Fornax 3D project: Non-linear colour-metallicity relation of globular clusters

Fahrion, K. et.al. (incluye a Falcón-Barroso, J.; Martín-Navarro, I.)
[2020A&A...637A..27F](#)

The Isaac Newton Telescope Monitoring Survey of Local Group Dwarf Galaxies.

I. Survey Overview and First Results for Andromeda I

Saremi, Elham et.al. (incluye a Molaeinezhad, Alireza; Clavero, Rosa)
[2020ApJ...894..135S](#)

The Open Cluster Chemical Abundances and Mapping Survey. IV. Abundances for 128 Open Clusters Using SDSS/APOGEE DR16

Donor, John et.al. (incluye a Allende Prieto, Carlos; García-Hernández, D. A.)
[2020AJ...159..199D](#)

The recurrent impact of the Sagittarius dwarf on the star formation history of the Milky Way

Ruiz-Lara, Tomás; Gallart, Carme; Bernard, Edouard J.; Cassisi, Santi
[2020NatAs...4..965R](#)

The TESS-Keck Survey. I. A Warm Sub-Saturn-mass Planet and a Caution about Stray Light in TESS Cameras

Dalba, Paul A. et.al. (incluye a Palle, Enric)
[2020AJ...159..241D](#)

VLA and ALMA observations of the lensed radio-quiet quasar SDSS J0924+0219: a molecular structure in a 3 μ Jy radio source

Badole, Shruti; Jackson, Neal; Hartley, Philippa; Sluse, Dominique; Stacey, Hannah; Vives-Arias, Héctor
[2020MNRAS.496..138B](#)

VVV WIN 1733-3349: a low extinction window to probe the far side of the Milky Way bulge

Saito, R. K.; Minniti, D.; Benjamin, R. A.; Navarro, M. G.; Alonso-García, J.; Gonzalez, O. A.; Kammers, R.; Surot, F
[2020MNRAS.494L..32S](#)

What future awaits the Sun?

Santos, Ângela R. G.; Mathur, Savita
[2020Sci...368..466S](#)

Equinox in Petra: Land- and Skyscape in the Nabataean Capital

Belmonte, J. A.; Gonzalez-Garcia, A. C.; Rodriguez-Anton, A.; Perera Betancor, M. A
[10.1007/s00004-019-00464-1](#)

[Li@C60]PF6: Infrared spectra from 90K to 523K; Determination of the molar extinction coefficients and integrated molar absorptivity

García-Hernández, D. A.; Manchado, Arturo; Cataldo, Franco
[2020FNCN...28..474G](#)

A He I upper atmosphere around the warm Neptune GJ 3470 b

Palle, E. et.al. (incluye a Nortmann, L.; Casasayas-Barris, N.; Chen, G.; Stangret, M.)
[2020A&A...638A..61P](#)

A multiplanet system of super-Earths orbiting the brightest red dwarf star GJ 887

Jeffers, S. V. et.al. (incluye a Luque, R.; Palle, E.)
[2020Sci...368.1477J](#)

A NICER look at the state transitions of the black hole candidate MAXI J1535-571 during its reflare

Cúneo, V. A. et.al. (incluye a Armas Padilla, M.; Muñoz-Darias, T.)
[2020MNRAS.496.1001C](#)

A plague of magnetic spots among the hot stars of globular clusters

Momany, Y. et.al. (incluye a Jones, D.)
[2020NatAs...4.1092M](#)

A planet within the debris disk around the pre-main-sequence star AU Microscopii

Plavchan, Peter et.al. (incluye a Narita, Norio;
 Palle, Enric)
[2020Natur.582..497P](#)

A Second-order Moment of Microlensing Variability as a Novel Tool to Constrain Source Emission Size or Discrete Lens Demographics in Extragalactic Research

Guerras, Eduardo; Dai, Xinyu; Mediavilla, Evencio
[2020ApJ...896..111G](#)

A Wide-orbit Exoplanet OGLE-2012-BLG-0838Lb

Poleski, R. et.al. (incluye a Fukui, Akihiko)
[2020AJ...159..261P](#)

Ambipolar diffusion in the Bifrost code

Nóbrega-Siverio, D.; Martínez-Sykora, J.;
 Moreno-Insertis, F.; Carlsson, M
[2020A&A...638A..79N](#)

An intermittent extreme BL Lac: MWL study of 1ES 2344+514 in an enhanced state

MAGIC Collaboration et.al. (incluye a Becerra
 González, J.; Colombo, E.; García López, R. J.;
 Herrera, J.; López-Oramas, A.; Otero-Santos, J.;
 Vanzo, G.; Vazquez Acosta, M.; Acosta Pulido,
 J.)
[2020MNRAS.496.3912M](#)

Asteroseismic masses of four evolved planet-hosting stars using SONG and TESS: resolving the retired A-star mass controversy

Malla, Sai Prathyusha et.al. (incluye a Palle,
 Pere L.)
[2020MNRAS.496.5423M](#)

Broadband characterisation of the very intense TeV flares of the blazar 1ES 1959+650 in 2016

MAGIC Collaboration et.al. (incluye a Acciari,
 V. A.; Becerra González, J.; Colombo, E.; García
 López, R. J.; Herrera, J.; López-Oramas, A.;
 Somero, A.; Vanzo, G.; Vazquez Acosta, M.)
[2020A&A...638A..14M](#)

COLDz: A High Space Density of Massive Dusty Starburst Galaxies ~1 Billion Years after the Big Bang

Riechers, Dominik A. et.al. (incluye a
 Dannerbauer, Helmut)
[2020ApJ...895...81R](#)

Constraining the inner density slope of massive galaxy clusters

He, Qiuhan; Li, Hongyu; Li, Ran; Frenk, Carlos
 S.; Schaller, Matthieu; Barnes, David; Bahé,
 Yannick; Kay, Scott T.; Gao, Liang; Dalla
 Vecchia, Claudio
[2020MNRAS.496.4717H](#)

Detection of Fe I and Fe II in the atmosphere of MASCARA-2b using a cross-correlation method

Stangret, M.; Casasayas-Barris, N.; Pallé, E.;
 Yan, F.; Sánchez-López, A.; López-Puertas, M
[2020A&A...638A..26S](#)

Disentangling the formation history of galaxies via population-orbit superposition: method validation

Zhu, Ling et.al. (incluye a Falcón-Barroso,
 Jesús)
[2020MNRAS.496.1579Z](#)

Euclid preparation. VI. Verifying the Performance of Cosmic Shear Experiments (Corrigendum)

Euclid Collaboration et.al. (incluye a Colodro-
 Conde, C.)
[2020A&A...638C...2E](#)

First detection of two superoutbursts during the rebrightening phase of a WZ Sge-type dwarf nova: TCP J21040470+4631129

Tampo, Yusuke et.al. (incluye a Murgas, Felipe;
 Béjar, Víctor J. S.; Casasayas-Barris, Núria;
 Fukui, Akihiko; Narita, Norio; Palle, Enric;
 Alonso, Roi)
[2020PASJ...72...49T](#)

From the bulge to the outer disc: StarHorse stellar parameters, distances, and extinctions for stars in APOGEE DR16 and other spectroscopic surveys

Queiroz, A. B. A. et.al. (incluye a García
 Hernández, D. A.; Zamora, O.)
[2020A&A...638A..76Q](#)

Galaxy classification: deep learning on the OTELO and COSMOS databases

de Diego, José A. et.al. (incluye a Nadolny,
 Jakub; Cepa, Jordi; Padilla Torres, Carmen P.;
 Cedrés, Bernabé; González-Otero, Mauro)
[2020A&A...638A.134D](#)

Helium abundances and its radial gradient from the spectra of H II regions and ring nebulae of the Milky Way

Méndez-Delgado, J. E.; Esteban, C.; García-Rojas, J.; Arellano-Córdova, K. Z.; Valerdi, M
[2020MNRAS.496.2726M](#)

HST Survey of the Orion Nebula Cluster in the H₂O 1.4 μm Absorption Band. III. The Population of Substellar Binary Companions

Strampelli, Giovanni M.; Aguilar, Jonathan; Pueyo, Laurent; Aparicio, Antonio; Gennaro, Mario; Ubeda, Leonardo; Robberto, Massimo
[2020ApJ...896...81S](#)

IGAPS: the merged IPHAS and UVEX optical surveys of the northern Galactic plane

Monguió, M. et.al. (incluye a Casares, J.; Corral-Santana, J. M.; Jones, D.; Rodríguez-Gil, P.; Vaduvescu, O.)
[2020A&A...638A..18M](#)

Individual Estimates of the Virial Factor in 10 Quasars: Implications on the Kinematics of the Broad-line Region

Mediavilla, E.; Jiménez-vicente, J.; Mejía-restrepo, J.; Motta, V.; Falco, E.; Muñoz, J. A.; Fian, C.; Guerras, E
[2020ApJ...895..111M](#)

IRAM 30-m-EMIR redshift search of z = 3–4 lensed dusty starbursts selected from the HerBS sample

Bakx, T. J. L. C. et.al. (incluye a Dannerbauer, H.; Pérez-Fournon, I.)
[2020MNRAS.496.2372B](#)

Low optical polarization at the core of the optically thin jet of M87

Fresco, A. Y.; Fernández-Ontiveros, J. A.; Prieto, M. A.; Acosta-Pulido, J. A.; Merloni, A
[2020MNRAS.496.2204F](#)

On the Magnetic Nature of an Exploding Granule as Revealed by Sunrise/IMaX

Guglielmino, Salvo L.; Pillet, Valentín Martínez; Ruiz Cobo, Basilio; Bellot Rubio, Luis R.; del Toro Iniesta, José Carlos; Solanki, Sami K.; Riethmüller, Tino L.; Zuccarello, Francesca
[2020ApJ...896...62C](#)

On the Metamorphosis of the Bailey Diagram for RR Lyrae Stars

Bono, G. et.al. (incluye a Monelli, M.)
[2020ApJ...896L..15B](#)

Optical Observations Reveal Strong Evidence for High-energy Neutrino Progenitor

Lipunov, V. M. et.al. (incluye a Rebolo, R.; Serra-Ricart, M.)
[2020ApJ...896L..19L](#)

Optical spectroscopy of BL Lac objects: TeV candidates

Paiano, Simona; Falomo, Renato; Treves, Aldo; Scarpa, Riccardo
[2020MNRAS.497..94P](#)

Optical validation and characterisation of Planck PSZ1 sources at the Canary Islands observatories. II. Second year of ITP13 observations

Barrena, R. et.al. (incluye a Ferragamo, A.; Rubiño-Martín, J. A.; Streblyanska, A.; Aguado-Barahona, A.; Tramonte, D. Génova-Santos, R. T.)
[2020A&A...638A.146B](#)

Physical characterization of 2020 AV2, the first known asteroid orbiting inside Venus orbit

Popescu, M.et.al. (incluye a de León, J.; Vaduvescu, O.; Licandro, J.; Tatsumi, E.; Zamora, O.; Fariña, C.)
[2020MNRAS.496.3572P](#)

Physical parameters of selected Gaia mass asteroids

Podlewska-Gaca, E. et.al. (incluye a Geier, S.)
[2020A&A...638A..11P](#)

Properties of OB star-black hole systems derived from detailed binary evolution models

Langer, N. et.al. (incluye a Lennon, D. J.; Herrero, A.; Patrick, L.; Simón-Díaz, S.)
[2020A&A...638A..39L](#)

Recovering Age-Metallicity Distributions from Integrated Spectra: Validation with MUSE Data of a Nearby Nuclear Star Cluster

Boecker, Alina; Alfaro-Cuello, Mayte; Neumayer, Nadine; Martín-Navarro, Ignacio; Leaman, Ryan
[2020ApJ...896...13B](#)

Spectroscopic and photometric periods of six ultracompact accreting binaries

Green, Matthew J. et.al. (incluye a Izquierdo, Paula)
[2020MNRAS.496.1243C](#)

Systematic Search for γ -Ray Periodicity in Active Galactic Nuclei Detected by the Fermi Large Area Telescope

Peñil, P. et.al. (incluye a Otero-Santos, J.)
[2020ApJ...896..134P](#)

The C-Band All-Sky Survey: total intensity point-source detection over the northern sky

Grumitt, R. D. P. et.al. (incluye a Peel, M. W.)
[2020MNRAS.496.1941G](#)

The CARMENES search for exoplanets around M dwarfs. Dynamical characterization of the multiple planet system GJ 1148 and prospects of habitable exomoons around GJ 1148 b

Trifonov, T. et.al. (incluye a Béjar, V. J. S.)
[2020A&A...638A..16T](#)

The CARMENES search for exoplanets around M dwarfs. The He I infrared triplet lines in PHOENIX models of M 2-3 V stars

Hintz, D. et.al. (incluye a Béjar, V. J. S.; Guenther, E. W.)
[2020A&A...638A.115H](#)

The Fornax Deep Survey with the VST. IV. A size and magnitude limited catalog of dwarf galaxies in the area of the Fornax cluster (Corrigendum)

Venhola, Aku et.al. (incluye a Falcón-Barroso, Jesús)
[2020A&A...638C...5V](#)

The Galactic radial abundance gradients of C, N, O, Ne, S, Cl, and Ar from deep spectra of H II regions

Arellano-Córdova, K. Z.; Esteban, C.; García-Rojas, J.; Méndez-Delgado, J. E.
[2020MNRAS.496.1051A](#)

The IACOB project. VI. On the elusive detection of massive O-type stars close to the ZAMS

Holgado, G.; Simón-Díaz, S.; Haemmerlé, L.; Lennon, D. J.; Barbá, R. H.; Cerviño, M.; Castro, N.; Herrero, A.; Meynet, G.; Arias, J. I.
[2020A&A...638A.157H](#)

The Lazy Giants: APOGEE Abundances Reveal Low Star Formation Efficiencies in the Magellanic Clouds

Nidever, David L. et.al. (incluye a Garcia-Hernandez, D. A.; Allende Prieto, Carlos; Dell'Agli, Flavia; Gallart, Carme; Machado, Arturo)
[2020ApJ...895...88N](#)

The nature of 500 micron risers I: SMA observations

Greenslade, J.; Clements, D. L.; Petitpas, G.; Asboth, V.; Conley, A.; Pérez-Fournon, I.; Riechers, D.
[2020MNRAS.496.2315G](#)

The SAMI Galaxy Survey: Stellar Population Gradients of Central Galaxies

Santucci, Giulia et.al. (incluye a Ferreras, Ignacio)
[2020ApJ...896...75S](#)

The SDSS/APOGEE catalogue of HgMn stars

Chojnowski, S. Drew; Hubrig, Svetlana; Hasselquist, Sten; Beaton, Rachael L.; Majewski, Steven R.; García-Hernández, D. A.; DeColibus, David
[2020MNRAS.496..832C](#)

The variable radio counterpart of Swift J1858.6-0814

van den Eijnden, J. et.al. (incluye a Armas Padilla, M.; Muñoz-Darias, T.)
[2020MNRAS.496.4127V](#)

Two Transiting Hot Jupiters from the WASP Survey: WASP-150b and WASP-176b

Cooke, Benjamin F. et.al. (incluye a Palle, E.; Prieto-Arranz, J.; Velasco, S.)
[2020AJ...159..255C](#)

Unraveling the Complex Behavior of Mrk 421 with Simultaneous X-Ray and VHE Observations during an Extreme Flaring Activity in 2013 April

Acciari, V. A. et.al. (incluye a Becerra González, J.; Colombo, E.; López, R. J. García; Herrera, J.; López-Oramas, A.; Otero-Santos, J.; Vanzo, G.; Acosta, M. Vazquez)
[2020ApJS..248...29A](#)

A New Class of Roche Lobe-filling Hot Subdwarf Binaries

Kupfer, Thomas et.al. (incluye a Dhillon, Vik S.)
[2020ApJ...898L..25K](#)

A White Dwarf with Transiting Circumstellar Material Far outside the Roche Limit

Vanderbosch, Z. et.al. (incluye a Izquierdo, P.)
[2020ApJ...897..171V](#)

An extensive spectroscopic time series of three Wolf-Rayet stars - II. A search for wind asymmetries in the dust-forming WC7 binary WR137

St-Louis, N. et.al. (incluye a Knapen, J. H.; Simón-Díaz, S.)
[2020MNRAS.497.4448S](#)

Assessing spectra and thermal inversions due to TiO in hot Jupiter atmospheres

Piette, Anjali A. A.; Madhusudhan, Nikku; McKemmish, Laura K.; Gandhi, Siddharth; Masseron, Thomas; Welbanks, Luis
[2020MNRAS.496.3870P](#)

Baryon acoustic oscillations from Integrated Neutral Gas Observations: Broadband corrugated horn construction and testing

Wuensche, C. A. et.al. (incluye a Peel, M. W.)
[2020ExA....50..125W](#)

Bounds on Lorentz Invariance Violation from MAGIC Observation of GRB 190114C

Acciari, V. A. et.al. (incluye a Becerra González, J.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; Karjalainen, M.; López-Oramas, A.; Otero-Santos, J.; Vanzo, G.; Vazquez Acosta, M.)
[2020PhRvL.125b1301A](#)

Case study of multi-temperature coronal jets for emerging flux MHD models

Joshi, Reetika; Chandra, Ramesh; Schmieder, Brigitte; Moreno-Insertis, Fernando; Aulanier, Guillaume; Nóbrega-Siverio, Daniel; Devi, Pooja
[2020A&A...639A..22J](#)

Chromospheric Magnetic Field: A Comparison of He I 10830 Å Observations with Nonlinear Force-free Field Extrapolation

Kawabata, Yusuke; Asensio Ramos, Andrés; Inoue, Satoshi; Shimizu, Toshifumi
[2020ApJ...898...32K](#)

Cold molecular gas and PAH emission in the nuclear and circumnuclear regions of Seyfert galaxies

Alonso-Herrero, A. et.al. (incluye a Ramos Almeida, C.)
[2020A&A...639A..43A](#)

Detection of CH⁺, CH and H₂ Molecules in the Young Planetary Nebula IC 4997

Rao, N. Kameswara; Lambert, David L.; Reddy, Arumalla B. S.; García-Hernández, D. A.; Manchado, Arturo; Díaz-Luis, J. J
[2020PASP..132g4201R](#)

Dissecting the Strong-lensing Galaxy Cluster MS 0440.5+0204. I. The Mass Density Profile

Verdugo, Tomás; Carrasco, Eleazar R.; Foëx, Gael; Motta, Verónica; Gomez, Percy L.; Limousin, Marceau; Magaña, Juan; de Diego, José A
[2020ApJ...897...4V](#)

Feasibility of cosmic microwave background observations using radiometers based on whispering gallery mode resonators

De Miguel-Hernández, Javier; Hoyland, Roger J
[2020NewA...7801367D](#)

Gaia white dwarfs within 40 pc - I. Spectroscopic observations of new candidates

Tremblay, P. E. et.al. (incluye a Izquierdo, P.)
[2020MNRAS.497..130T](#)

Gaia white dwarfs within 40 pc II: the volume-limited Northern hemisphere sample

McCleery, Jack; Tremblay, Pier-Emmanuel; Gentile Fusillo, Nicola Pietro; Hollands, Mark A.; Gänsicke, Boris T.; Izquierdo, Paula; Toonen, Silvia; Cunningham, Tim; Rebassa-Mansergas, Alberto
[2020MNRAS.499.1890M](#)

Gas and dust cooling along the major axis of M 33 (HerM33es). Herschel/PACS [C II] and [O I] observations

Kramer, Carsten et.al. (incluye a Tabatabaei, Fatemeh)
[2020A&A...639A..61K](#)

Global photometric properties of (162173) Ryugu

Tatsumi, E. et.al.
[2020A&A...639A..83T](#)

Helium Enhancement in the Metal-rich Red Giants of ω Centauri

Hema, B. P.; Pandey, Gajendra; Kurucz, R. L.; Allende Prieto, C
[2020ApJ...897...32H](#)

K2-280 b - a low density warm sub-Saturn around a mildly evolved star

Nowak, Grzegorz et.al. (incluye aPalle, Enric; Deeg, Hans J.;Luque, Rafael; Mathur, Savita; Prieto-Arranz, Jorge; Nespral, David; Hidalgo, Diego; Casasayas Barris, Nùria; Alonso Sobrino, Roi; González-Cuesta, Lucía; Montañes Rodríguez, Pilar; Murgas, Felipe; Narita, Norio)
[2020MNRAS.497.4423N](#)

Larger λ R in the disc of isolated active spiral galaxies than in their non-active twins

del Moral-Castro, I.; García-Lorenzo, B.; Ramos Almeida, C.; Ruiz-Lara, T.; Falcón-Barroso, J.; Sánchez, S. F.; Sánchez-Blázquez, P.; Márquez, I.; Masegosa, J
[2020A&A...639L...9D](#)

Mapping the Galactic Disk with the LAMOST and Gaia Red Clump Sample. VI. Evidence for the Long-lived Nonsteady Warp of Nongravitational Scenarios

Wang, H. -F.; López-Corredoira, M.; Huang, Y.; Chang, J.; Zhang, H. -W.; Carlin, J. L.; Chen, X. -D.; Chrobáková, Ž.; Chen, B. -Q
[2020ApJ...897..119W](#)

NIHAO XXIV: rotation- or pressure-supported systems? Simulated Ultra Diffuse Galaxies show a broad distribution in their stellar kinematics

Cardona-Barrero, Salvador; Di Cintio, Arianna; Brook, Christopher B. A.; Ruiz-Lara, Tomas; Beasley, Michael A.; Falcón-Barroso, Jesus; Macciò, Andrea V
[2020MNRAS.497.4282C](#)

Noise from undetected sources in Dark Energy Survey images

Eckert, K. et.al. (incluye a Carnero Rosell, A.)
[2020MNRAS.497.2529E](#)

On the accretion of a new group of galaxies on to Virgo: I. Internal kinematics of nine infalling dEs

Bidaran, Bahar et.al. (incluye a Falcón-Barroso, Jesús)
[2020MNRAS.497.1904B](#)

One Planet or Two Planets? The Ultra-sensitive Extreme-magnification Microlensing Event KMT-2019-BLG-1953

Han, Cheongho et.al. (incluye a Fukui, Akihiko)
[2020AJ....160...17H](#)

Precise mass and radius of a transiting super-Earth planet orbiting the M dwarf TOI-1235: a planet in the radius gap?

Bluhm, P. et.al. (incluye a Luque, R.; Pallé, E.; Mathur, S.; Nowak, G.; Oshagh, M.; Béjar, V. J. S.; González-Cuesta, L.; Hidalgo, D.; Murgas, F.; Narita, N.)
[2020A&A...639A.132B](#)

Quark flavor phenomenology of the QCD axion

Martin Camalich, Jorge; Pospelov, Maxim; Vuong, Pham Ngoc Hoa; Ziegler, Robert; Zupan, Jure
[2020PhRvD.102a5023C](#)

Quenching as a Contest between Galaxy Halos and Their Central Black Holes

Chen, Zhu et.al. (incluye a Huertas-Company, Marc)
[2020ApJ...897..102C](#)

Radio emission during the formation of stellar clusters in M 33

Corbelli, Edvige; Braine, Jonathan; Tabatabaei, Fatemeh S
[2020A&A...639A..27C](#)

Restoring the night sky darkness at Observatorio del Teide: First application of the model Illumina version 2

Aubé, Martin; Simoneau, Alexandre; Muñoz-Tuñón, Casiana; Díaz-Castro, Javier; Serra-Ricart, Miquel
[2020MNRAS.497.2501A](#)

Revisiting Proxima with ESPRESSO

Suárez Mascareño, A. et.al. (incluye a González Hernández, J. I.; Rebolo, R.; Murgas, F.; Allende Prieto, C.; Amate, M.; Fragoso, A.; Génova Santos, R.; Pallé, E.; Rasilla, J. L.; Santana Tschudi, S.; Tenegi, F.)
[2020A&A...639A..77S](#)

Searching for electromagnetic counterparts to gravitational-wave merger events with the prototype Gravitational-Wave Optical Transient Observer (GOTO-4)

Gompertz, B. P. et.al. (incluye a Pallé, E.)
[2020MNRAS.497..726G](#)

Strong chemical tagging with APOGEE: 21 candidate star clusters that have dissolved across the Milky Way disc

Price-Jones, Natalie et.al. (incluye a Allende Prieto, Carlos; García-Hernández, D. A.)
[2020MNRAS.496.5101P](#)

Stuying the nature of the unidentified gamma-ray source HESS J1841-055 with the MAGIC telescopes

MAGIC Collaboration et.al. (incluye a Acciari, V. A.; Becerra González, J.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; Karjalainen, M. López-Oramas, A.; Otero-Santos, J.; Vanzo, G.; Vazquez Acosta, M.)
[2020MNRAS.497.3734M](#)

Swift/XRT, Chandra, and XMM-Newton observations of IGR J17091-3624 as it returns into quiescence

Pereyra, M.; Altamirano, D.; Court, J. M. C.; Degenaar, N.; Wijnands, R.; Parikh, A. S.; Cúneo, V. A
[2020MNRAS.497.1115P](#)

The 16th Data Release of the Sloan Digital Sky Surveys: First Release from the APOGEE-2 Southern Survey and Full Release of eBOSS Spectra

Ahumada, Romina et.al. (incluye a Allende Prieto, Carlos; Dell'Agli, Flavia; García-Hernández, D. A.; Jimenez Angel, Camilo Eduardo; Manchado, Arturo; Masseron, Thomas; Mathur, Savita; Osorio, Yeisson; Palicio, Pedro A.; Perez-Fournon, Ismael; Sánchez-Menguiano, Laura; Shirley, Raphael; Streblyanska, Alina; Zamora, Olga)
[2020ApJS..249....3A](#)

The age-chemical abundance structure of the Galactic disc - II. α -dichotomy and thick disc formation

Lian, Jianhui et.al. (incluye a García-Hernández, D. A.; Zamora, Olga)
[2020MNRAS.497.2371L](#)

The Black Hole Mass-Color Relations for Early- and Late-type Galaxies: Red and Blue Sequences

Dullo, Bililign T.; Bouquin, Alexandre Y. K.; Gil de Paz, Armando; Knapen, Johan H.; Gorgas, Javier
[2020ApJ...898...83D](#)

The correlation between photometric variability and radial velocity jitter. Based on TESS and HARPS observations

Hojjatpanah, S. et.al. (incluye a Oshagh, M.)
[2020A&A...639A..35H](#)

The Fornax Deep Survey with VST. IX. Catalog of sources in the FDS area with an example study for globular clusters and background galaxies

Cantiello, Michele et.al. (incluye a Falcón Barroso, Jesús)
[2020A&A...639A.136C](#)

The Fornax Deep Survey with VST. VIII. Connecting the accretion history with the cluster density

Spavone, M. et.al. (incluye a Falcón-Barroso, J.)
[2020A&A...639A..14S](#)

The GAPS programme at TNG. XXII. The GIARPS view of the extended helium atmosphere of HD 189733 b accounting for stellar activity

Guilluy, G. et.al. (incluye a Boschini, W.)
[2020A&A...639A..49G](#)

The impact of strong recombination on temperature determination in planetary nebulae

Gómez-Llanos, V.; Morisset, C.; García-Rojas, J.; Jones, D.; Wesson, R.; Corradi, R. L. M.; Boffin, H. M. J
[2020MNRAS.498L..82G](#)

The Large Magellanic Cloud stellar content with SMASH. I. Assessing the stability of the Magellanic spiral arms

Ruiz-Lara, T. et.al. (incluye a Gallart, C.; Monelli, M.; Dorta, A.; onteagudo, L.; Surot, F.)
[2020A&A...639L...3R](#)

The Milky Way's bulge star formation history as constrained from its bimodal chemical abundance distribution

Lian, Jianhui et.al. (incluye a Garcia-Hernandez, D. A.)
[2020MNRAS.497.3557L](#)

The Pristine Inner Galaxy Survey (PIGS) II: Uncovering the most metal-poor populations in the inner Milky Way

Arentsen, Anke et.al. (incluye a Allende Prieto, Carlos; González Hernández, Jonay I.)
[2020MNRAS.496.4964A](#)

The SAMI-Fornax Dwarfs Survey I: sample, observations, and the specific stellar angular momentum of dwarf elliptical galaxies

Scott, Nicholas et.al. (incluye a Falcón-Barroso, Jesús)
[2020MNRAS.497.1571S](#)

The Stellar Velocity Distribution Function in the Milky Way Galaxy

Anguiano, Borja; Majewski, Steven R.; Hayes, Christian R.; Allende Prieto, Carlos; Cheng, Xinlun; Bidin, Christian Moni; Beaton, Rachael L.; Beers, Timothy C.; Minniti, Dante
[2020AJ...160...43A](#)

Three short-period Jupiters from TESS. HIP 65Ab, TOI-157b, and TOI-169b

Nielsen, L. D. et.al. (incluye a Narita, N.)
[2020A&A...639A..76N](#)

Variability of OB stars from TESS southern Sectors 1-13 and high-resolution IACOB and OWN spectroscopy

Burssens, S.; Simón-Díaz, S.; Bowman, D. M.; Holgado, G.; Michielsen, M.; de Burgos, A.; Castro, N.; Barbá, R. H.; Aerts, C
[2020A&A...639A..81B](#)

A temperature inversion with atomic iron in the ultra-hot dayside atmosphere of WASP-189b

Yan, F.; Pallé, E.; Reiners, A.; Molaverdikhani, K.; Casasayas-Barris, N.; Nortmann, L.; Chen, G.; Mollière, P.; Stangret, M
[2020A&A...640L...5Y](#)

A theoretical investigation of the possible detection of C24 in space

Sadjadi, SeyedAbdolreza; Kwok, Sun; Cataldo, Franco; García-Hernández, D. A.; Manchado, Arturo
[2020FNCN...28..637S](#)

Abell 30 - A binary central star among the born-again planetary nebulae

Jacoby, George H.; Hillwig, Todd C.; Jones, David
[2020MNRAS.498L.114J](#)

Atmospheric characterization of the ultra-hot Jupiter MASCARA-2b/KELT-20b. Detection of Ca II, Fe II, Na I, and the Balmer series of H ($H\alpha$, $H\beta$, and $H\gamma$) with high-dispersion transit spectroscopy (Corrigendum)

Casasayas-Barris, N. et.al. (incluye a Pallé, E.; Chen, G.; Stangret, M.; Parviainen, H.; Fukui, A.; Montañés-Rodríguez, P.; Narita, N.; Nortmann, L.; Nowak, G.)
[2020A&A...640C...6C](#)

Confirming new white dwarf-ultracool dwarf binary candidates

Hogg, M. A. et.al. (incluye a Lodieu, N.)
[2020MNRAS.498...12H](#)

Detection of young (≤ 20 Myr) stellar populations in apparently quenched low-mass galaxies using red spectral line indices

de Lorenzo-Cáceres, A.; Vazdekis, A.; Falcón-Barroso, J.; Beasley, M. A
[2020MNRAS.498.1002D](#)

Determining the dynamics and magnetic fields in He I 10830 Å during a solar filament eruption

Kuckein, C.; González Manrique, S. J.; Kleint, L.; Asensio Ramos, A
[2020A&A...640A...71K](#)

Discovery and characterization of the exoplanets WASP-148b and c. A transiting system with two interacting giant planets

Hébrard, G. et.al. (incluye a Pallé, E.; Prieto-Arranz, J.)
[2020A&A...640A...32H](#)

Discovery of optical outflows and inflows in the black hole candidate GRS 1716-249

Cúneo, V. A. et.al. (incluye a Muñoz-Darias, T.; Sánchez-Sierras, J.; Jiménez-Ibarra, F.; Armas Padilla, M.; Casares, J.; Panizo-Espinar, G.; orres, M. A. P.)
[2020MNRAS.498...25C](#)

Emergence of an Ultrared, Ultramassive Galaxy Cluster Core at $z = 4$

Long, Arianna S.; Cooray, Asantha; Ma, Jingzhe; Casey, Caitlin M.; Wardlow, Julie L.; Nayyeri, Hooshang; Ivison, R. J.; Farrah, Duncan; Dannerbauer, Helmut
[2020ApJ...898..133L](#)

GroundBIRD: A CMB Polarization Experiment with MKID Arrays

Lee, K. et.al. (incluye a Génova-Santos, R. T.; Peel, M.; Rebolo, R.; Rubiño-Martín, J. A.)
[2020JLTP..200..384L](#)

HORuS transmission spectroscopy of 55 Cnc e

Tabernerero, H. M. et.al. (incluye a Allende Prieto, C.; González Hernández, J. I.; del Burgo, C.; García López, R.; Rebolo, R.; Barreto, R.; Calvo Tovar, J.; Díaz Torres, A.; Fernández Izquierdo, P.; Gómez-Reñasco, M. F.; Gracia-Témich, F.; Joven, E.; Peñate Castro, J.; Santana-Tschudi, S.; Tenegi, F
[2020MNRAS.498.4222T](#)

Limits on the Spin-Orbit Angle and Atmospheric Escape for the 22 Myr Old Planet AU Mic b

Hirano, Teruyuki et.al. (incluye a Narita, Norio)
[2020ApJ...899L..13H](#)

Near-infrared emission lines trace the state-independent accretion disc wind of the black hole transient MAXI J1820+070

Sánchez-Sierras, J.; Muñoz-Darias, T
[2020A&A...640L...3S](#)

Numerical determination of the cutoff frequency in solar models

Felipe, T.; Sangeetha, C. R
[2020A&A...640A...4F](#)

OGLE-2017-BLG-0406: Spitzer Microlens Parallax Reveals Saturn-mass Planet Orbiting M-dwarf Host in the Inner Galactic Disk

Hirao, Yuki et.al. (incluye a Fukui, Akihiko)
[2020AJ...160...74H](#)

Phosphorus-rich stars with unusual abundances are challenging theoretical predictions

Masseron, Thomas; García-Hernández, D. A.; Santoveña, Raúl; Manchado, Arturo; Zamora, Olga; Manteiga, Minia; Dafonte, Carlos
[2020NatCo..11.3759M](#)

Photometric detection of internal gravity waves in upper main-sequence stars. II. Combined TESS photometry and high-resolution spectroscopy

Bowman, D. M.; Burssens, S.; Simón-Díaz, S.; Edelmann, P. V. F.; Rogers, T. M.; Horst, L.; Röpke, F. K.; Aerts, C
[2020A&A...640A..36B](#)

Quantifying the evidence for resonant damping of coronal waves with foot-point wave power asymmetry

Montes-Solís, M.; Arregui, I
[2020A&A...640L..17M](#)

Rotation of Solar Analogs Crossmatching Kepler and Gaia DR2

do Nascimento, J. -D., Jr. et.al. (incluye a Beck, P. G.)
[2020ApJ...898..173D](#)

Search for the sub-stellar lithium depletion boundary in the open star cluster Coma Berenices

Martín, E. L.; Lodieu, N.; Béjar, V. J. S
[2020A&A...640A...9M](#)

Simulations Predicting the Ability of Multi-color Simultaneous Photometry to Distinguish TESS Candidate Exoplanets from False Positives

Louie, Dana R.; Narita, Norio; Fukui, Akihiko; Palle, Enric; Tamura, Motohide; Kusakabe, Nobuhiko; Parviainen, Hannu; Deming, Drake
[2020PASP..132h4403L](#)

SMASHing the low surface brightness SMC

Massana, Pol et.al. (incluye a Gallart, Carme; Ruiz-Lara, Tomás; Monelli, Matteo)
[2020MNRAS.498.1034M](#)

Soft X-ray emission lines in the X-ray binary Swift J1858.6-0814 observed with XMM-Newton Reflection Grating Spectrometer: disc atmosphere or wind?

Buisson, D. J. K. et.al. (incluye a Armas Padilla, M.; Muñoz-Darias, T.)
[2020MNRAS.498...68B](#)

Stellar populations and physical properties of starbursts in the antennae galaxy from self-consistent modelling of MUSE spectra

Cunawardhana, M. L. P.; Brinchmann, J.; Weillbacher, P. M.; Norberg, P.; Monreal-Ibero, A.; Nanayakkara, T.; den Brok, M.; Boogaard, L.; Kollatschny, W
[2020MNRAS.497.3860G](#)

TESS Reveals a Short-period Sub-Neptune Sibling (HD 86226c) to a Known Long-period Giant Planet

Teske, Johanna et.al. (incluye a Luque, Rafael; Pallè, Enric)
[2020AJ...160...96T](#)

Testing two-component models on very high-energy gamma-ray-emitting BL Lac objects

MAGIC Collaboration et.al. (incluye a Acciari, V. A.; Becerra González, J.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; Karjalainen, M.; López-Oramas, A.; Otero-Santos, J.; Vanzo, G.; Vazquez Acosta, M.)
[2020A&A...640A.132M](#)

The absolute proper motions of the Arches and Quintuplet clusters

Libralato, Mattia; Fardal, Mark; Lennon, Daniel; van der Marel, Roeland P.; Bellini, Andrea
[2020MNRAS.497.4733L](#)

The CARMENES search for exoplanets around M dwarfs. Measuring precise radial velocities in the near infrared: The example of the super-Earth CD Cet b

Bauer, F. F. et.al. (incluye a Béjar, V. J. S.)
[2020A&A...640A..50B](#)

The CARMENES search for exoplanets around M dwarfs. Variability of the He I line at 10 830 Å

Fuhrmeister, B. et.al. (incluye a Béjar, V. J. S.)
[2020A&A...640A..52F](#)

The Fornax Deep Survey with VST. X. The assembly history of the bright galaxies and intra-group light in the Fornax A subgroup

Raj, M. A. et.al. (incluye a Falcón-Barroso, J.)
[2020A&A...640A.137R](#)

The Sixth Data Release of the Radial Velocity Experiment (RAVE). I. Survey Description, Spectra, and Radial Velocities

Steinmetz, Matthias et.al. (incluye a Mathur, Savita)
[2020AJ...160...82S](#)

The Sixth Data Release of the Radial Velocity Experiment (RAVE). II. Stellar Atmospheric Parameters, Chemical Abundances, and Distances

Steinmetz, Matthias et.al. (incluye a Mathur, Savita)
[2020AJ....160...83S](#)

The TOI-763 system: sub-Neptunes orbiting a Sun-like star

Fridlund, M. et.al. (incluye a Luque, R.; Deeg, H. J.; González Cuesta, L.; Mathur, S.; Narita, N.; Nowak, G.; Palte, E.)
[2020MNRAS.498.4503F](#)

Two close binaries across the hydrogen-burning limit in the Praesepe open cluster

Lodieu, N.; del Burgo, C.; Manjavacas, E.; Zapatero Osorio, M. R.; Alvarez, C.; Béjar, V. J. S.; Boudreault, S.; Lyke, J.; Rebolo, R.; Chinchilla, P
[2020MNRAS.498.3964L](#)

X-ray spectral and timing evolution of MAXI J1727-203 with NICER

Alabarta, K. et.al. (incluye a Cúneo, V. A.)
[2020MNRAS.497.3896A](#)

A common explanation of the Hubble tension and anomalous cold spots in the CMB

Kovács, A.; Beck, R.; Szapudi, I.; Csabai, I.; Rácz, G.; Dobos, L
[2020MNRAS.499..320K](#)

A giant planet candidate transiting a white dwarf

Vanderburg, Andrew et.al. (incluye a Murgas, Felipe; Palte, Enric; Parviainen, Hannu; Fukui, Akihiko; Narita, Norio)
[2020Natur.585..363V](#)

A quantitative demonstration that stellar feedback locally regulates galaxy growth

Zaragoza-Cardiel, Javier; Fritz, Jacopo; Aretxaga, Itziar; Mayya, Yalia D.; Rosa-González, Daniel; Beckman, John E.; Bruzual, Gustavo; Charlot, Stephane
[2020MNRAS.499.1172Z](#)

A study of extragalactic planetary nebulae populations based on spectroscopy. I. Data compilation and first findings

Delgado-Inglada, G.; García-Rojas, J.; Stasińska, G.; Rechy-García, J. S
[2020MNRAS.498.5367D](#)

An underlying clock in the extreme flip-flop state transitions of the black hole transient Swift J1658.2-4242

Bogensberger, D. et.al. (incluye a Muñoz-Darias, T.)
[2020A&A...641A.101B](#)

APOGEE Data and Spectral Analysis from SDSS Data Release 16: Seven Years of Observations Including First Results from APOGEE-South

Jönsson, Henrik et.al. (incluye a Allende Prieto, Carlos; García-Hernández, D. A.; Masseron, Thomas; Osorio, Yeisson; Zamora, Olga)
[2020AJ....160..120J](#)

Biases in galaxy cluster velocity dispersion and mass estimates in the small Ngál regime

Ferragamo, A.; Rubiño-Martín, J. A.; Betancort-Rijo, J.; Munari, E.; Sartoris, B.; Barrena, R
[2020A&A...641A..41F](#)

Characterization of the K2-38 planetary system. Unraveling one of the densest planets known to date

Toledo-Adrados, B. et.al. (incluye a Suárez Mascareño, A.; González Hernández, J. I.; Rebolo, R.; Pallé, E.; Allende Prieto, C.; Amate, M.; Fragoso, A.; Génova Santos, R.; Oshagh, M.; Rasilla, J. L.; Santana Tschudi, S.; Tenegi, F.)
[2020A&A...641A..92T](#)

Chromospheric Resonances above Sunspots and Potential Seismological Applications

Felipe, Tobias; Kuckein, Christoph; González Manrique, Sergio Javier; Milic, Ivan; Sangeetha, C. R
[2020ApJ...900L..29F](#)

CO emission in distant galaxies on and above the main sequence

Valentino, F. et.al. (incluye a Dannerbauer, H.; Jin, S.)
[2020A&A...641A.155V](#)

Completing the 3CR Chandra Snapshot Survey: Extragalactic Radio Sources at High Redshift

Jimenez-Gallardo, A. et.al. (incluye a Prieto, M. A.)
[2020ApJS..250....7J](#)

Cosmic Amorphous Dust Model as the Origin of Anomalous Microwave Emission

Nashimoto, Masashi; Hattori, Makoto; Poidevin, Frédéric; Génova-Santos, Ricardo
[2020ApJ...900L..40N](#)

Determinación de orientaciones de ciudades romanas por medio de la varatio / Orientation layout of Roman towns by using the varatio

Orfila Pons, M.; Rodríguez-Antón, A.; Chávez-Álvarez, E.; González-García, A. C.; Sánchez López, E. H.; Belmonte, J. A
[10.3989/aespa.093.020.006](#)

Dust Reverberation Mapping in Distant Quasars from Optical and Mid-infrared Imaging Surveys

Yang, Qian et.al. (incluye a Carnero Rosell, Aurelio)
[2020ApJ...900...58Y](#)

Early science with the LMT: molecular torus in UGC 5101

Cruz-González, I. et.al. (incluye a Rodríguez-Espinosa, J. M.)
[2020MNRAS.499.2042C](#)

Geometry of the Draco C1 Symbiotic Binary

Lewis, Hannah M. et.al. (incluye a Allende Prieto, Carlos; García-Hernández, D. A.; Palicio, Pedro A.)
[2020ApJ...900L..43L](#)

Going back to basics: accelerating exoplanet transit modelling using Taylor-series expansion of the orbital motion

Parviainen, H.; Korth, J
[2020MNRAS.499.3356P](#)

HD 191939: Three Sub-Neptunes Transiting a Sun-like Star Only 54 pc Away

Badenas-Agusti, Mariona et.al. (incluye a Nowak, Grzegorz; Pallé, Enric)
[2020AJ...160..113B](#)

Hot Exoplanet Atmospheres Resolved with Transit Spectroscopy (HEARTS). IV. A spectral inventory of atoms and molecules in the high-resolution transmission spectrum of WASP-121 b

Hoeijmakers, H. J. et.al. (incluye a Murgas, F.)
[2020A&A...641A.123H](#)

How many components? Quantifying the complexity of the metallicity distribution in the Milky Way bulge with APOGEE

Rojas-Arriagada, Alvaro et.al. (incluye a García-Hernández, D. A.)
[2020MNRAS.499.1037R](#)

Multiwavelength Variability of BL Lacertae Measured with High Time Resolution

Weaver, Z. R. et.al. (incluye a Acosta-Pulido, J. A.)
[2020ApJ...900..137W](#)

New Light on an Old Problem of the Cores of Solar Resonance Lines

Judge, Philip G.; Kleint, Lucia; Leenaarts, Jorrit; Sukhorukov, Andrii V.; Vial, Jean-Claude
[2020ApJ...901...32J](#)

NICER observations reveal that the X-ray transient MAXI J1348-630 is a black hole X-ray binary

Zhang, L. et.al. (incluye a Cúneo, V. A.)
[2020MNRAS.499..851Z](#)

Observations of [O I]63- μ m line emission in main-sequence galaxies at $z \sim 1.5$

Wagg, J. et.al. (incluye a Dannerbauer, H.)
[2020MNRAS.499.1788W](#)

OGLE-2018-BLG-1269Lb: A Jovian Planet with a Bright I = 16 Host

Jung, Youn Kil et.al. (incluye a Fukui, Akihiko)
[2020AJ...160..148J](#)

On the Formation of Lyman β and the O I 1027 and 1028 Å Spectral Lines

Hasegawa, Takahiro; Quintero Noda, Carlos; Shimizu, Toshifumi; Carlsson, Mats
[2020ApJ...900...34H](#)

Phase-dependent Study of Near-infrared Disk Emission Lines in LB-1

Liu, Jifeng et.al. (incluye a Casares, Jorge; González Hernández, Jonay I.; Rebolo, Rafael)
[2020ApJ...900...42L](#)

Planck 2018 results. I. Overview and the cosmological legacy of Planck

Planck Collaboration et.al. (incluye a Génova-Santos, R. T.; Rubiño-Martín, J. A.; Ruiz-Granados, B.)
[2020A&A...641A...1P](#)

Planck 2018 results. II. Low Frequency Instrument data processing

Planck Collaboration et.al. (incluye a Génova-Santos, R. T.; Rubiño-Martín, J. A.)
[2020A&A...641A...2P](#)

Planck 2018 results. III. High Frequency Instrument data processing and frequency maps

Planck Collaboration et.al.
[2020A&A...641A...3P](#)

Planck 2018 results. IV. Diffuse component separation

Planck Collaboration et.al. (incluye a Génova-Santos, R. T.; Rubiño-Martín, J. A.; Ruiz-Granados, B.)
[2020A&A...641A...4P](#)

Planck 2018 results. IX. Constraints on primordial non-Gaussianity

Planck Collaboration et.al. (incluye a Génova-Santos, R. T.; Rubiño-Martín, J. A.; Ruiz-Granados, B.)

[2020A&A...641A...9P](#)

Planck 2018 results. V. CMB power spectra and likelihoods

Planck Collaboration et.al. (incluye a Génova-Santos, R. T.; Rubiño-Martín, J. A.; Ruiz-Granados, B.)

[2020A&A...641A...5P](#)

Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters

Planck Collaboration et.al. (incluye a Génova-Santos, R. T.; Rubiño-Martín, J. A.; Ruiz-Granados, B.)

[2020A&A...641A...6P](#)

Planck 2018 results. VII. Isotropy and statistics of the CMB

Planck Collaboration et.al. (incluye a Génova-Santos, R. T.; Rubiño-Martín, J. A.; Ruiz-Granados, B.)

[2020A&A...641A...7P](#)

Planck 2018 results. VIII. Gravitational lensing

Planck Collaboration et.al. (incluye a Génova-Santos, R. T.; Rubiño-Martín, J. A.; Ruiz-Granados, B.)

[2020A&A...641A...8P](#)

Planck 2018 results. X. Constraints on inflation

Planck Collaboration et.al. (incluye a Génova-Santos, R. T.; Rubiño-Martín, J. A.; Ruiz-Granados, B.)

[2020A&A...641A...10P](#)

Planck 2018 results. XI. Polarized dust foregrounds

Planck Collaboration et.al. (incluye a Génova-Santos, R. T.; Rubiño-Martín, J. A.; Ruiz-Granados, B.)

[2020A&A...641A...11P](#)

Planck 2018 results. XII. Galactic astrophysics using polarized dust emission

Planck Collaboration et.al. (incluye a Génova-Santos, R. T.; Rubiño-Martín, J. A.; Ruiz-Granados, B.)

[2020A&A...641A...12P](#)

Relations among structural parameters in barred galaxies with a direct measurement of bar pattern speed

Cuomo, V.; Aguerri, J. A. L.; Corsini, E. M.; Debattista, V. P.

[2020A&A...641A.111C](#)

Resonant absorption: Transformation of compressive motions into vortical motions

Goossens, M.; Arregui, I.; Soler, R.; Van Doorselaere, T.

[2020A&A...641A.106G](#)

RoadRunner: a fast and flexible exoplanet transit model

Parviainen, H.

[2020MNRAS.499.1633P](#)

Single magnetic white dwarfs with Balmer emission lines: a small class with consistent physical characteristics as possible signposts for close-in planetary companions

Gänsicke, Boris T.; Rodríguez-Gil, Pablo; Gentile Fusillo, Nicola P.; Inight, Keith; Schreiber, Matthias R.; Pala, Anna F.; Tremblay, Pier-Emmanuel

[2020MNRAS.499.2564G](#)

Studying star-forming processes at core and clump scales: the case of the young stellar object G29.862-0.0044

Areal, M. B.; Paron, S.; Fariña, C.; Ortega, M. E.; Celis Peña, M.; Rubio, M.

[2020A&A...641A.104A](#)

TESS asteroseismology of the known planet host star λ 2 Fornacis

Nielsen, M. B. et.al. (incluye a Mathur, S.; González-Cuesta, L.)

[2020A&A...641A..25N](#)

The CARMENES search for exoplanets around M dwarfs. Convective shift and starspot constraints from chromatic radial velocities

Baroch, D. et.al. (incluye a Béjar, V. J. S.)

[2020A&A...641A..69B](#)

The discovery of the most UV-Ly α luminous star-forming galaxy: a young, dust- and metal-poor starburst with QSO-like luminosities

Marques-Chaves, R.; Álvarez-Márquez, J.; Colina, L.; Pérez-Fournon, I.; Schaerer, D.; Dalla Vecchia, C.; Hashimoto, T.; Jiménez-Ángel, C.; Shu, Y.

[2020MNRAS.499L.105M](#)

The Evolution of Rotation and Magnetic Activity in 94 Aqr Aa from Asteroseismology with TESS

Metcalfe, Travis S. et.al. (incluye a González-Cuesta, Lucía; Jiménez, Antonio; Mathur, Savita)
[2020ApJ...900..154M](#)

The First Billion Years project: Finding infant globular clusters at $z = 6$

Phipps, Frederika; Khochfar, Sadegh; Lisa Varri, Anna; Dalla Vecchia, Claudio
[2020A&A...641A..132P](#)

The GAPS programme at TNG. XXIV. An eccentric Neptune-mass planet near the inner edge of the BD-11 4672 habitable zone

Barbato, D. et.al. (incluye a Lorenzi, V.)
[2020A&A...641A..68B](#)

The GTC exoplanet transit spectroscopy survey. XI. Possible detection of Rayleigh scattering in the atmosphere of the Saturn-mass planet WASP-69b

Murgas, F.; Chen, G.; Nortmann, L.; Palle, E.; Nowak, G
[2020A&A...641A..158M](#)

The Multiplanet System TOI-421

Carleo, Ilaria et.al. (incluye a Mathur, Savita; Deeg, Hans J.; González-Cuesta, Lucía; Hidalgo, Diego; Luque, Rafael; Narita, Norio; Nespral, David; Nowak, Grzegorz; Palle, Enric; Prieto-Arranz, Jorge)
[2020AJ...160..114C](#)

The post-common-envelope binary central star of the planetary nebula ETHOS 1

Munday, James; Jones, David; García-Rojas, Jorge; Boffin, Henri M. J.; Miszalski, Brent; Corradi, Romano L. M.; Rodríguez-Gil, Pablo; Rubio-Díez, María del Mar; Santander-García, Miguel; Sowicka, Paulina
[2020MNRAS.498.6005M](#)

The R136 star cluster dissected with Hubble Space Telescope/STIS - II. Physical properties of the most massive stars in R136

Bestenlehner, Joachim M. et.al. (incluye a Simón-Díaz, Sergio; Herrero, Artemio; Lennon, Daniel J.)
[2020MNRAS.499.1918B](#)

The Sloan Digital Sky Survey Quasar Catalog: Sixteenth Data Release

Lyke, Brad W. et.al. (incluye a Streblyanska, Alina)
[2020ApJS..250....8L](#)

μ^* masses: weak-lensing calibration of the Dark Energy Survey Year 1 redMaPPer clusters using stellar masses

Pereira, M. E. S. et.al. (incluye a Carnero Rosell, A.)
[2020MNRAS.498.5450P](#)

“Observations” of simulated dwarf galaxies. Star-formation histories from color-magnitude diagrams

Rathi, Shivangee; Mastropietro, Michele; De Rijcke, Sven; Gallart, Carme; Bernard, Edouard; Verbeke, Robbert
[2020A&A...642A..40R](#)

A precise architecture characterization of the π Mensae planetary system

Damasso, M. et.al. (incluye a Rebolo, R.; González Hernández, J. I.; Amate, M.; Allende Prieto, C.; Fragoso, A.; Génova Santos, R.; Oshagh, M.; Pallé, E.; Rasilla, J. L.; Santana Tschudi, S.; Suárez Mascareño, A.; Tenegi, F.)
[2020A&A...642A..31D](#)

A super-Earth and a sub-Neptune orbiting the bright, quiet M3 dwarf TOI-1266

Demory, B. -O. et.al. (incluye a Burdanov, A.)
[2020A&A...642A..49D](#)

Atomic Data Assessment with PyNeb

Morisset, Christophe; Luridiana, Valentina; García-Rojas, Jorge; Gómez-Llanos, Verónica; Bautista, Manuel; Mendoza; Claudio
[2020Atoms...8...66M](#)

Benchmark stars, benchmark spectrographs. Detailed spectroscopic comparison of ESPRESSO, PEPSI, and HARPS data for Gaia benchmark stars

Adibekyan, V. et.al. (incluye a Allende Prieto, C.; González Hernández, J. I.; Oshagh, M.; Israelian, G.)
[2020A&A...642A.182A](#)

BIRTH of the COSMOS field: primordial and evolved density reconstructions during cosmic high noon

Ata, Metin; Kitaura, Francisco-Shu; Lee, Khee-Gan; Lemaux, Brian C.; Kashino, Daichi; Cucciati, Olga; Hernández-Sánchez, Mónica; Le Fèvre, Oliver
[2020MNRAS.500.3194A](#)

CARMENES input catalogue of M dwarfs. V. Luminosities, colours, and spectral energy distributions

Cifuentes, C. et.al. (incluye a Dorda, R.)
[2020A&A...642A.115C](#)

Cool stars in the Galactic center as seen by APOGEE. M giants, AGB stars, and supergiant stars and candidates

Schultheis, M. et.al. (incluye a Fritz, T.; García-Hernández, D. A.; Zamora, O.)
[2020A&A...642A..81S](#)

Detection of Na in WASP-21b's lower and upper atmosphere

Chen, G.; Casasayas-Barris, N.; Pallé, E.; Welbanks, L.; Madhusudhan, N.; Luque, R.; Murgas, F
[2020A&A...642A..54C](#)

Diagonal Ridge Pattern of Different Age Populations Found in Gaia-DR2 with LAMOST Main-sequence Turnoff and OB-type Stars

Wang, H. -F.; Huang, Y.; Zhang, H. -W.; López-Corredoira, M.; Cui, W. -Y.; Chen, B. -Q.; Guo, R.; Chang, J
[2020ApJ...902...70W](#)

Discovery of a Gamma-Ray Black Widow Pulsar by GPU-accelerated Einstein@Home

Nieder, L. et.al. (incluye a Dhillon, V. S.)
[2020ApJ...902L..46N](#)

Discovery of a hot, transiting, Earth-sized planet and a second temperate, non-transiting planet around the M4 dwarf GJ 3473 (TOI-488)

Kemmer, J. et.al. (incluye a Narita, N.; Pallé, E.; Parviainen, H.; Béjar, V. J. S.; Klagyivik, P.; Luque, R.; Murgas, F.)
[2020A&A...642A.236K](#)

Dozens of virtual impactor orbits eliminated by the EURONEAR VIMP DECam data mining project

Vaduvescu, O.; Curelaru, L.; Popescu, M.; Danila, B.; Ciobanu, D
[2020A&A...642A..35V](#)

Euclid preparation. VII. Forecast validation for Euclid cosmological probes

Euclid Collaboration et.al. (incluye a Balaguera-Antolínez, A.; Colodro-Conde, C.)
[2020A&A...642A.191E](#)

Euclid preparation. VIII. The Complete Calibration of the Colour-Redshift Relation survey: VLT/KMOS observations and data release

Euclid Collaboration et.al. (incluye a Balaguera-Antolínez, A.; Colodro-Conde, C.)
[2020A&A...642A.192E](#)

Exploring the Stellar Age Distribution of the Milky Way Bulge Using APOGEE

Hasselquist, Sten et.al. (incluye a García-Hernández, D. A.)
[2020ApJ...901..109H](#)

Gaia-DR2 extended kinematical maps. III. Rotation curves analysis, dark matter, and MOND tests

Chrobáková, Ž.; López-Corredoira, M.; Sylos Labini, F.; Wang, H. -F.; Nagy, R
[2020A&A...642A..95C](#)

Hayabusa2 Landing Site Selection: Surface Topography of Ryugu and Touchdown Safety

Kikuchi, Shota et.al. (incluye a Tatsumi, Eri)
[2020SSRv..216..116K](#)

Inflection point in the power spectrum of stellar brightness variations. III. Facular versus spot dominance on stars with known rotation periods

Amazo-Gómez, E. M.; Shapiro, A. I.; Solanki, S. K.; Kopp, G.; Oshagh, M.; Reinhold, T.; Reiners, A
[2020A&A...642A.225A](#)

Joint action of Hall and ambipolar effects in 3D magneto-convection simulations of the quiet Sun. I. Dissipation and generation of waves

González-Morales, P. A.; Khomeenko, E.; Vitas, N.; Collados, M
[2020A&A...642A.220G](#)

Joint gas and stellar dynamical models of WLM: an isolated dwarf galaxy within a cored, prolate DM halo

Leung, Gigi Y. C.; Leaman, Ryan; Battaglia, Giuseppina; van de Ven, Glenn; Brooks, Alyson M.; Peñarrubia, Jorge; Venn, Kim A
[2020MNRAS.500..410L](#)

K2-111: an old system with two planets in near-resonance

Mortier, A. et.al. (incluye a Oshagh, M.; Allende Prieto, C.; Boschin, W.; González Hernández, J. I.; Pallé, E.; Rebolo, R.; Suárez Mascareño, A.)
[2020MNRAS.499.5004M](#)

Machine learning for transient recognition in difference imaging with minimum sampling effort

Mong, Y. -L. et.al. (incluye a Pallé, E.)
[2020MNRAS.499.6009M](#)

MAGIC observations of the diffuse γ -ray emission in the vicinity of the Galactic center

MAGIC Collaboration et.al. (incluye a Acciari, V. A.; Becerra González, J.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; López-Oramas, A.; Somero, A.; Vanzo, G.; Vazquez Acosta, M.)
[2020A&A...642A.190M](#)

Obliquity measurement and atmospheric characterisation of the WASP-74 planetary system

Luque, R. et.al. (incluye a Casasayas-Barris, N.; Parviainen, H.; Pallé, E.; Béjar, V. J. S.; Fukui, A.; Hidalgo, D.; Madrigal-Aguado, A.; Montañés-Rodríguez, P.; Murgas, F.; Narita, N.; Nowak, G.; Oshagh, M.; Sánchez-Benavente, M.; Stangret, M.)
[2020A&A...642A..50L](#)

Physics of Eclipsing Binaries. V. General Framework for Solving the Inverse Problem

Conroy, Kyle E.; Kochoska, Angela; Hey, Daniel; Pablo, Herbert; Hambleton, Kelly M.; Jones, David; Giammarco, Joseph; Abdul-Masih, Michael; Prša, Andrej
[2020ApJS..250...34C](#)

Robust asteroseismic properties of the bright planet host HD 38529

Ball, Warrick H. et.al. (incluye a González-Cuesta, Lucia; Mathur, Savita)
[2020MNRAS.499.6084B](#)

Space Telescope and Optical Reverberation Mapping Project. XII. Broad-line Region Modeling of NGC 5548

Williams, P. R. et.al. (incluye a De Lorenzo-Cáceres, A.; Geier, S.)
[2020ApJ...902...74W](#)

Spectroscopic characterization of the known O-star population in Cygnus OB2. Evidence of multiple star-forming bursts

Berlanas, S. R.; Herrero, A.; Comerón, F.; Simón-Díaz, S.; Lennon, D. J.; Pasquali, A.; Maíz Apellániz, J.; Sota, A.; Pellerín, A.
[2020A&A...642A.168B](#)

The CARMENES search for exoplanets around M dwarfs. A deep learning approach to determine fundamental parameters of target stars

Passegger, V. M. et.al. (incluye a Béjar, V. J. S.)
[2020A&A...642A..22P](#)

The CARMENES search for exoplanets around M dwarfs. Rubidium abundances in nearby cool stars

Abia, C. et.al. (incluye a Béjar, V. J. S.)
[2020A&A...642A.227A](#)

The CARMENES search for exoplanets around M dwarfs. Two planets on opposite sides of the radius gap transiting the nearby M dwarf LTT 3780

Nowak, G. et.al. (incluye a Luque, R.; Parviainen, H.; Pallé, E.; Béjar, V. J. S.; Narita, N.; Murgas, F.; Hidalgo, D.; Casasayas Barris, N.; Lodieu, N.; Montañés-Rodríguez, P.; Oshagh, M.; Stangret, M.)
[2020A&A...642A.173N](#)

The chemical evolution of the dwarf spheroidal galaxy Sextans

Theiler, R. et.al. (incluye a Battaglia, G.)
[2020A&A...642A.176T](#)

The Gaia-ESO Survey: A new diagnostic for accretion and outflow activity in the young cluster NGC 2264

Bonito, R. et.al. (incluye a Masseron, T.)
[2020A&A...642A..56B](#)

The GALAH Survey: non-LTE departure coefficients for large s spectroscopic surveys

Amarsi, A. M. et.al. (incluye a Osorio, Y.)
[2020A&A...642A..62A](#)

The Polarimetric and Helioseismic Imager on Solar Orbiter

Solanki, S. K. et.al. (incluye a Dominguez-Tagle, C.; Bonet, J. A.)
[2020A&A...642A..11S](#)

The post-common-envelope binary central star of the planetary nebula PN G283.7-05.1. A possible post-red-giant-branch planetary nebula central star

Jones, D. et.al. (incluye a Corradi, R. L. M.; García-Rojas, J.; Rodríguez-Gil, P.; Munday, J.)
[2020A&A...642A.108J](#)

The principle of maximum entropy explains the cores observed in the mass distribution of dwarf galaxies

Sánchez Almeida, Jorge; Trujillo, Ignacio; Plastino, Angel Ricardo
[2020A&A...642L..14S](#)

The S2 stream: the shreds of a primitive dwarf galaxy

Aguado, David S. et.al. (incluye a Allende Prieto, Carlos; González Hernández, Jonay I.)
[2020MNRAS.500..889A](#)

Tracing the evolution of dust-obscured activity using sub-millimetre galaxy populations from STUDIES and AS2UDS

Dudzevičiūtė, U. et.al. (incluye a Dannerbauer, H.; Shirley, R.)

[2020MNRAS.500..942D](#)

Ubiquitous hundred-Gauss magnetic fields in solar spicules

Kriginsky, M.; Oliver, R.; Freij, N.; Kuridze, D.; Asensio Ramos, A.; Antolin, P

[2020A&A...642A..61K](#)

VVVX-Gaia discovery of a low luminosity globular cluster in the Milky Way disk

Garro, E. R. et.al. (incluye a Surot, F.)

[2020A&A...642L..19G](#)

π Earth: A 3.14 day Earth-sized Planet from K2's Kitchen Served Warm by the SPECULOOS Team

Niraula, Prajwal et.al. (incluye Alonso, Roi; Rebolo, Rafael)

[2020AJ....160..172N](#)

2D kinematics of massive stars near the Galactic Centre

Libralato, Mattia et.al. (incluye a Lennon, Daniel J.)

[2020MNRAS.500.3213L](#)

A comparative analysis of the outer-belt primitive families

De Prá, M. N.; Pinilla-Alonso, N.; Carvano, J.; Licandro, J.; Morate, D.; Lorenzi, V.; de León, J.; Campins, H.; Mothé-Diniz, T

[2020A&A...643A.102D](#)

A DESGW Search for the Electromagnetic Counterpart to the LIGO/Virgo Gravitational-wave Binary Neutron Star Merger Candidate S190510g

Garcia, A. et.al. (incluye a Carnero Rosell, A.)

[2020ApJ...903...75G](#)

Charm physics confronts high-pT lepton tails

Fuentes-Martín, Javier; Greljo, Admir; Martin Camalich, Jorge; Ruiz-Alvarez, José David

[2020JHEP...11..080F](#)

Coronal-line forest active galactic nuclei - I. Physical properties of the emission-line regions

Cerqueira-Campos, F. C.; Rodríguez-Ardila, A.; Riffel, R.; Marinello, M.; Prieto, A.; Dahmer-Hahn, L. G

[2020MNRAS.500.2666C](#)

Detection of the Geminga pulsar with MAGIC hints at a power-law tail emission beyond 15 GeV

MAGIC Collaboration et.al. (incluye a Acciari, V. A.; Becerra González, J.; Colombo, E.; García López, R. J.; Herrera, J.; Karjalainen, M.; López-Oramas, A.; Otero-Santos, J.; Vanzo, G.; Vazquez Acosta, M.)

[2020A&A...643L..14M](#)

Discriminating between hazy and clear hot-Jupiter atmospheres with CARMENES

Sánchez-López, A. et.al. (incluye a Pallé, E.; Béjar, V. J. S.; Casasayas-Barris, N.; Stangret, M.)

[2020A&A...643A..24S](#)

Evidence from APOGEE for the presence of a major building block of the halo buried in the inner Galaxy

Horta, Danny et.al. (incluye a Allende Prieto, Carlos)

[2020MNRAS.500.1385H](#)

Heavy-element Abundances in P-rich Stars: A New Site for the s-process?

Masseron, T.; García-Hernández, D. A.; Zamora, O.; Manchado, A

[2020ApJ...904L...1M](#)

High-resolution spectroscopic study of massive blue and red supergiants in Perseus OB1. I. Definition of the sample, membership, and kinematics

de Burgos, A.; Simon-Díaz, S.; Lennon, D. J.; Dorda, R.; Negueruela, I.; Urbaneja, M. A.; Patrick, L. R.; Herrero, A

[2020A&A...643A.116D](#)

Inside-out formation of nuclear discs and the absence of old central spheroids in barred galaxies of the TIMER survey

Bittner, Adrian et.al. (incluye a de Lorenzo-Cáceres, Adriana; Falcón-Barroso, Jesús; Martín-Navarro, Ignacio; Méndez-Abreu, Jairo)

[2020A&A...643A..65B](#)

Kinematic signatures of nuclear discs and bar-driven secular evolution in nearby galaxies of the MUSE TIMER project

Gadotti, Dimitri A. et.al. (incluye a Falcón-Barroso, Jesús; Méndez-Abreu, Jairo; de Lorenzo-Cáceres, Adriana; Martín-Navarro, Ignacio)

[2020A&A...643A..14G](#)

Local and Global Gas Metallicity versus Stellar Age Relation in MaNGA Galaxies

Sánchez-Menguiano, Laura; Sánchez Almeida, Jorge; Muñoz-Tuñón, Casiana; Sánchez, Sebastián F
[2020ApJ...903...52S](#)

Observational constraints on the optical and near-infrared emission from the neutron star-black hole binary merger candidate S190814bv

Ackley, K. et.al. (incluye a Dhillon, V. S.; Torres, M. A. P.)
[2020A&A...643A.113A](#)

Open Cluster Chemical Homogeneity throughout the Milky Way

Poovelil, Vijith Jacob et.al. (incluye a García-Hernández, D. A.)
[2020ApJ...903...55P](#)

Planck intermediate results. LVII. Joint Planck LFI and HFI data processing

Planck Collaboration et.al. (incluye a Rubiño-Martín, J. A.; Ruiz-Granados, B.)
[2020A&A...643A..42P](#)

Searching for molecular gas inflows and outflows in the nuclear regions of five Seyfert galaxies

Domínguez-Fernández, A. J. et.al. (incluye a Ramos Almeida, C.)
[2020A&A...643A.127D](#)

Self-interacting dark matter and the delay of supermassive black hole growth

Cruz, A.; Pontzen, A.; Volonteri, M.; Quinn, T. R.; Tremmel, M.; Brooks, A. M.; Sanchez, N. N.; Munshi, F.; Di Cintio, A
[2020MNRAS.500.2177C](#)

Spatially resolved measurements of the solar photospheric oxygen abundance

Cubas Armas, M.; Asensio Ramos, A.; Socas-Navarro, H
[2020A&A...643A.142C](#)

Spectral characterisation of 14 V-type candidate asteroids from the MOVIS catalogue

Matlovič, Pavol; de Leon, Julia; Medeiros, Hissa; Popescu, Marcel; Rizos, Juan Luis; Mansour, Jad-Alexandru
[2020A&A...643A.107M](#)

Spin rates of V-type asteroids

Oszkiewicz, Dagmara et.al. (incluye a Geier, Stefan)
[2020A&A...643A.117O](#)

The CARMENES search for exoplanets around M dwarfs. Three temperate-to-warm super-Earths

Stock, S. et.al. (incluye a Béjar, V. J. S.; Cardona, C.; González-Cuesta, L.)
[2020A&A...643A.112S](#)

The circum-galactic medium of quasars: transverse and line-of-sight absorptions

Sandrinelli, A.; Falomo, R.; Treves, A.; Paiano, S.; Scarpa, R
[2020Ap&SS.365..176S](#)

The Gaia-ESO Survey: Calibrating the lithium-age relation with open clusters and associations. I. Cluster age range and initial membership selections

Gutiérrez Albarrán, M. L. et.al. (incluye a González Hernández, J. I.; Masseron, T.)
[2020A&A...643A..71G](#)

The hot dayside and asymmetric transit of WASP-189 b seen by CHEOPS

Lendl, M. et.al. (incluye a Alonso, R.; Pallé, E.)
[2020A&A...643A..94L](#)

The solar gravitational redshift from HARPS-LFC Moon spectra*. A test of the general theory of relativity

González Hernández, J. I. et.al. (incluye a Rebolo, R.; Suárez Mascareño, A.; Toledo-Padrón, B.)
[2020A&A...643A.146G](#)

The spatially resolved broad line region of IRAS 09149-6206

Gravity Collaboration et.al. (incluye a Prieto, M. A.)
[2020A&A...643A.154G](#)

The widest broadband transmission spectrum (0.38-1.71 μm) of HD 189733b from ground-based chromatic Rossiter-McLaughlin observations

Oshagh, M. et.al. (incluye a Pallé, E.; Casasayas-Barris, N.; Stangret, M.)
[2020A&A...643A..64O](#)

TOI 564 b and TOI 905 b: Grazing and Fully Transiting Hot Jupiters Discovered by TESS

Davis, Allen B. et.al. (incluye a Narita, Norio; Murgas, Felipe; Parviainen, Hannu; Palle, Enric)
[2020AJ....160..229D](#)

Transmission spectroscopy and Rossiter-McLaughlin measurements of the young Neptune orbiting AU Mic

Palle, E. et.al. (incluye a Oshagh, M.; Casasayas-Barris, N.; Stangret, M.; Luque, R.)
[2020A&A...643A..25P](#)

Variations in color and reflectance on the surface of asteroid (101955) Bennu

DellaGiustina, D. N. et.al. (incluye a Tatsumi, E.; de Leon, J.; Popescu, M.; Rizos, J. L.)
[2020Sci...370.3660D](#)

Young stellar population gradients in central cluster galaxies from NUV and optical spectroscopy

Salvador-Rusiñol, N.; Beasley, M. A.; Vazdekis, A.; Barbera, F. La
[2020MNRAS.500.3368S](#)

A Systematic Search of Zwicky Transient Facility Data for Ultracompact Binary LISA-detectable Gravitational-wave Sources

Burdge, Kevin B. et.al. (incluye a Dhillon, Vik S.; Rodríguez-Gil, Pablo)
[2020ApJ...905...32B](#)

Broadband transmission spectroscopy of HD 209458b with ESPRESSO: evidence for Na, TiO, or both

Santos, N. C. et.al. (incluye a Oshagh, M.; Casasayas-Barris, N.; Pallé, E.; Rebolo, R.; Allende Prieto, C.; González Hernández, J. I.; Lavie, B.; Suárez Mascareño, A.)
[2020A&A...644A..51S](#)

Coronal Heating by MHD Waves

Van Doorselaere, Tom et.al. (incluye a Arregui, Iñigo)
[2020SSRv..216..140V](#)

Distribution of star formation in galactic bars as seen with H α and stacked GALEX UV imaging

Díaz-García, S.; Moyano, F. D.; Comerón, S.; Knapen, J. H.; Salo, H.; Bouquin, A. Y. K
[2020A&A...644A..38D](#)

Euclid preparation. X. The Euclid photometric-redshift challenge

Euclid Collaboration et.al. (incluye a Balaguera-Antolínez, A.; Colodro-Conde, C.)
[2020A&A...644A..31E](#)

Evolutionary and pulsation properties of Type II Cepheids

Bono, G.; Braga, V. F.; Fiorentino, G.; Salaris, M.; Pietrinferni, A.; Castellani, M.; Di Criscienzo, M.; Fabrizio, M.; Martínez-Vázquez, C. E.; Monelli, M
[2020A&A...644A..96B](#)

First Cosmology Results using Supernovae Ia from the Dark Energy Survey: Survey Overview, Performance, and Supernova Spectroscopy

Smith, M. et.al. (incluye a Carnero Rosell, A.)
[2020AJ...160..267S](#)

Galactic cirri in deep optical imaging

Román, Javier; Trujillo, Ignacio; Montes, Mireia
[2020A&A...644A..42R](#)

HADES RV programme with HARPS-N at TNG. XII. The abundance signature of M dwarf stars with planets

Maldonado, J. et.al. (incluye a González Hernández, J. I.; Rebolo, R.; Toledo-Padrón, B.; Suárez-Mascareño, A.)
[2020A&A...644A..68M](#)

Homogeneity in the early chemical evolution of the Sextans dwarf spheroidal galaxy

Lucchesi, R. et.al. (incluye a Battaglia, G.)
[2020A&A...644A..75L](#)

KMT-2019-BLG-0842Lb: A Cold Planet below the Uranus/Sun Mass Ratio

Jung, Youn Kil et.al. (incluye a Fukui, Akihiko)
[2020AJ...160..255J](#)

Mapping the stellar age of the Milky Way bulge with the VVV. III. High-resolution reddening map

Surot, F.; Valenti, E.; Gonzalez, O. A.; Zoccali, M.; Sökmen, E.; Hidalgo, S. L.; Minniti, D
[2020A&A...644A.140S](#)

Optical spectroscopy of 4U 1812-12. An ultra-compact X-ray binary seen through an H II region

Armas Padilla, M.; Muñoz-Darias, T.; Jiménez-Ibarra, F.; Fernández-Ontiveros, J. A.; Casares, J.; Torres, M. A. P.; García-Rojas, J.; Cúneo, V. A.; Degenaar, N
[2020A&A...644A..63A](#)

Perturbation theory for modeling galaxy bias: Validation with simulations of the Dark Energy Survey

Pandey, S. et.al. (incluye a Carnero Rosell, A. DES Collaboration)
[2020PhRvD.102I3522P](#)

Separation between RR Lyrae and type II Cepheids and their importance for a distance determination: the case of omega Cen

Braga, V. F. et.al. (incluye a Monelli, M.)
[2020A&A...644A..95B](#)

Spectroscopic classification of a complete sample of astrometrically-selected quasar candidates using Gaia DR2

Heintz, K. E.
et.al. (incluye a Geier, S. J.)
[2020A&A...644A..17H](#)

Spin-driven evolution of asteroids' top-shapes at fast and slow spins seen from (101955) Bennu and (162173) Ryugu

Hirabayashi, Masatoshi et.al. (incluye a Tatsumi, Eri)
[2020Icar...35213946H](#)

The EDGE-CALIFA survey: exploring the role of molecular gas on galaxy star formation quenching

Colombo, D. et.al. (incluye a Dannerbauer, H.)
[2020A&A...644A..97C](#)

The Galaxy "Missing Dark Matter" NGC 1052-DF4 is Undergoing Tidal Disruption

Montes, Mireia; Infante-Sainz, Raúl; Madrigal-Aguado, Alberto; Román, Javier; Monelli, Matteo; Borlaff, Alejandro S.; Trujillo, Ignacio
[2020ApJ...904..114M](#)

The Impact of the Mass Spectrum of Lenses in Quasar Microlensing Studies. Constraints on a Mixed Population of Primordial Black Holes and Stars

Esteban-Gutiérrez, A.; Agües-Paszowsky, N.; Mediavilla, E.; Jiménez-Vicente, J.; Muñoz, J. A.; Heydenreich, S
[2020ApJ...904..176E](#)

The K2 Galactic Archaeology Program Data Release 2: Asteroseismic Results from Campaigns 4, 6, and 7

Zinn, Joel C. et.al. (incluye a Mathur, Savita)
[2020ApJS...251...23Z](#)

The kinematics of young and old stellar populations in nuclear rings of MUSE TIMER galaxies

Rosado-Belza, D. et.al. (incluye a Falcón-Barroso, J.; Knapen, J. H.; de Lorenzo-Cáceres, A.; Méndez-Abreu, J.; Martín-Navarro, I.)
[2020A&A...644A.116R](#)

Planck intermediate results. LVI. Detection of the CMB dipole through modulation of the thermal Sunyaev-Zeldovich effect: Eppure si muove II

Planck Collaboration et al. (Incluye Génova-Santos, R. T.; Rubiño-Martín, J. A.; Ruiz-Granados, B.)
[2020A&A...644A.100P](#)

The CARMENES search for exoplanets around M dwarfs. LP 714-47 b (TOI 442.01): populating the Neptune desert

Dreizler, S. et al. (Incluye Luque, R.; Pallé, E.; Fukui, A.; Hidalgo, D.; Murgas, F.; Narita, N.; Nowak, G.; Oshagh, M.; Parviainen, H.)
[2020A&A...644A.127D](#)

WASP-127b: a misaligned planet with a partly cloudy atmosphere and tenuous sodium signature seen by ESPRESSO

Allart, R. et al. (Incluye Casasayas-Barris, N.; Pallé, E.; Rebolo, R.; Oshagh, M.; Allende Prieto, C.; Amate, M.; Genova Santos, R.; González Hernández, J. I.; Suárez Mascareño, A.)
[2020A&A...644A.155^a](#)

Maintaining the Ephemeris of 20 CoRoT Planets: Transit Minimum Times and Potential Transit Timing Variations

Deeg, H. J. et al. (Incluye Klagyivik, P.; Nespral, D.; Alonso, R.)
[2020JAVSO..48..201D](#)

Probing Jet Launching in Neutron Star X-Ray Binaries: The Variable and Polarized Jet of SAX J1808.4-3658

Baglio, M. C. et al. (Incluye Muñoz-Darias, T.; Shahbaz, T.)
[2020ApJ...905...87B](#)

Wide binaries in planetary nebulae with Gaia DR2

González-Santamaría, I. et al. (Incluye Manchado A.; Gómez-Muñoz M. A.)
[2020A&A...644A.173G](#)

Exploring the Galactic Warp through Asymmetries in the Kinematics of the Galactic Disk

Cheng, Xinlun et al. (Incluye García-Hernández, D. A.)
[2020ApJ...905...49C](#)

Complete framework for tau polarimetry in B → D^{*} / S^{*} τ ν decays

Asadi, Pouya et al. (Incluye Martín Camalich, J.)
[2020PhRvD.102i5028A](#)

Carbon-enhanced metal-poor stars enriched in s-process and r-process elements

Karinkuzhi, Drisya et al. Incluye Masseron T.
[2020JApA...41...46K](#)

Planck intermediate results. LV. Reliability and thermal properties of high-frequency sources in the Second Planck Catalogue of Compact Sources

Planck Collaboration et al. (Incluye Ruiz Granados B.)
[2020A&A...644A..99P](#)

Cemical composition of the solar surface

Allende Prieto, Carlos
[2020JApA...41...41A](#)

A statistical study of plasmoids associated with a post-CME current sheet

Patel, Ritesh; Pant, Vaibhav; Chandrashekhar, Kalugodu; Banerjee, Dipankar
[2020A&A...644A.158P](#)

Stellar masses of giant clumps in CANDELS and simulated galaxies using machine learning

Huertas-Company, Marc et al.
[2020MNRAS.499..814H](#)

Detecting outliers in astronomical images with deep generative networks

Margalef-Bentabol, Berta, Huertas-Company, Marc
[2020MNRAS.496.2346M](#)

Magnetism Science with the Square Kilometre Array

Heald, George et al. (Incluye Poidevin F.)
[2020Galax...8...53H](#)

A Modified Kwee–Van Woerden Method for Eclipse Minimum Timing with Reliable Error Estimates

Deeg, H. J.
[2020Galax...9...1D](#)

An ultrahot Neptune in the Neptune desert

Jenkins, James S. et al. (incluye Narita, Norio; Palle, Enric)
[2020NatAs...4.1148J](#)

The Herschel SPIRE Fourier Transform Spectrometer Spectral Feature Finder I. The Spectral Feature Finder and Catalogue

Hopwood, R. et al. (incluye Hadczuk, N)
[2020MNRAS.496.4874H](#)

The Herschel SPIRE Fourier Transform Spectrometer Spectral Feature Finder - III. Line identification and off-axis spectra

Benson, Chris S., Hadczuk, N. et al.
[2020MNRAS.496.4906B](#)

The Herschel SPIRE Fourier Transform Spectrometer Spectral Feature Finder - II. Estimating radial velocity of SPIRE spectral observation sources

Scott, Jeremy P., Hadczuk, N. et al.
[2020MNRAS.496.4894S](#)

A search for optical and near-infrared counterparts of the compact binary merger GW190814

Thakur, A. L. et al. (incluye Becerra González, J.)
[2020MNRAS.499.3868T](#)

NIR counterparts to ULXs (III): completing the photometric survey and selected spectroscopic results

López, K. M.; Heida, M.; Jonker, P. G.; Torres, M. A. P. et al.
[2020MNRAS.497..917L](#)

Very high redshift quasars and the rapid emergence of supermassive black holes

Kroupa, Pavel; Subr, Ladislav; Jerabkova, Tereza; Wang, Long
[2020MNRAS.498.5652K](#)

WD1032 + 011, an inflated brown dwarf in an old eclipsing binary with a white dwarf

Casewell, S. L. et al. (incluye Dhillon, V. S.)
[2020MNRAS.497.3571C](#)

The $T_{\text{e}}[\text{N II}]-T_{\text{e}}[\text{O III}]$ temperature relation in H II regions and the reliability of strong-line methods

Arellano-Córdova, K. Z.; Rodríguez, M
[2020MNRAS.497..672^a](#)

Spectropolarimetric observations of the CIZA J2242.8+5301 northern radio relic: no evidence of high-frequency steepening

Loi, F. et al. (incluye Boschin, W.)
[2020MNRAS.498.1628L](#)

Constraining the oblateness of transiting planets with photometry and spectroscopy

Akinsanmi, B.; Barros, S. C. C.; Santos, N. C.; Oshagh, M. et al.
[2020MNRAS.497.3484^a](#)

Three generations of stars: a possible case of triggered star formation

Areal, M. B.; Buccino, A.; Paron, S.; Fariña, C
[2020MNRAS.496..870^a](#)

Global analysis of the TRAPPIST Ultra-Cool Dwarf Transit Survey

Lienhard, F. et al. (incluye Burdanov, A.)
[2020MNRAS.497.3790L](#)

Extrasolar Enigmas: From Disintegrating Exoplanets to Exoasteroids

Budaj, Jan¹ Kabáth, Petr¹ Palle, Enric²
[2020rfma.book...45B](#)

Integral Field Spectroscopy of Planetary Nebulae with MUSE

Walsh, Jeremy R.¹ Monreal-Ibero, Ana²
[2020Galax...8...31W](#)

Updated Design of the CMB Polarization Experiment Satellite LiteBIRD

Sugai, H. et al. (Incluye Génova Santos R, Rubiño Martín J.A.)
[2020JLTP..199.1107S](#)

Progress Report on the Large-Scale Polarization Explorer

Sugai, H. et.al. (Incluye Génova Santos R, Pérez de Taoro M., Rubiño Martín J.A.)
[2020JLTP..199.1107S](#)

The Establishment of the standard Cosmological Model through Observations

Génova-Santos, R
[2020rfma.book..311G](#)

ARTÍCULOS DE REVISIÓN INVITADOS (INVITED REVIEWS)

Jones D. “Planetary nebulae from the common-envelope phase” en “EAS2020”, 31 mayo -3 de junio, Ginebra, Suiza.

Ramos Almeida C. “Flow inhomogeneities around AGN” en “EAS 2020, Special SessionSS7: Clumpy environment around accreting compact objects: from stellar-mass accretors to AGNs”, 29 junio-3 julio, Leiden, Países Bajos, Virtual.

Battaglia G. “Observational developments in our understanding of the Local Group properties, enabled by the study of dwarf galaxies” en “EAS 2020, Special Session 11 “The Local Group in Context: Galaxies in the Local Volume as a Testbed of Cosmology”, 2-3 julio, Leiden, Países Bajos, Virtual.

Di Cintio A., Sánchez-Blázquez P. “HR8: Formation and evolution of galaxies, the next 10 years” en “XIV.0 Reunión Científica de la SEA”, 13-15 julio, Virtual.

COMUNICACIONES A CONGRESOS INTERNACIONALES

“ARIEL Science, Mission & Community 2020 Conference”, 14-16 enero, Noordwijk, Países Bajos

Pallé E. “ARIEL synergies with the ELTs” (IT)

“COST WG1 Milky Way GAIA School”, 14-17 enero, Barcelona

Di Cintio A. “Introduction to simulations of galaxies and to the SPH method” (IT)

Di Cintio A. “Science with MW simulations and GAIA data” (IT)

Di Cintio A. “The internal structure of DM haloes in the presence of baryons: the cusp-core controversy” (IT)

“ExoSystèmes I: Evolution”, 28-30 enero, París, Francia

Mathur S. “Impact of asteroseismic studies of planet-host stars on planet characterization” (P)

“The Low Surface Brightness Universe as seen by LSST Workshop”, 3-7 febrero, Sexten, Italia

Chamba R.N. “Automatic Detection” (IT)

Baena Gallé R. “PSF Estimation for HSC” (CO)

Akhlaghi M. “Detection of low surface brightness features with NoiseChisel” (CO)

Infante Sainz R. “e SDSS extended PSFs and star counting VS integrated photometry techniques” (CO)

Trujillo I. “Chairing the LSB discussion sesión” (CO)

“ESPRESSO Meeting”, 4-7 febrero, Palermo, Italia

Toledo B. “Characterization of the K2-38 planetary system” (CO)

Casasayas N. “Transmission spectroscopy of HD 209458b with ESPRESSO” (CO)

“PLATO PSM WP11/WP12 Interface Meeting”, 12-13 febrero, París, Francia

Deeg H. “Extraction of Eclipsing Binary signals from PLATO lightcurves” (CO)

“Expanding the Gaia legacy: the role of Spanish ground-based facilities”, 17-19 febrero, Barcelona

Manchado A. “Propiedades de las estrellas centrales de nebulosas planetarias con distancias en Gaia DR2” (CO)

de León J. “Primitive Asteroids Spectroscopic Survey (PRIMASS): supporting Gaia mission” (IT)

Simón S. “Estrellas masivas en la era IACOB-Gaia-TESS” (CO)

Garzón F. “EMIR & MIRADAS in the Gaia era: status and prospects” (IT)

Gómez Muñoz M. “Characterization of binary central stars of planetary nebulae detected by GALEX” (IT)

Herrero A. “The Nearest Massive Star Forming Region with Gaia and WEAVE: an exploration of Cygnus X” (CO)

“2nd Australia-ESO joint conference: The build-up of galaxies through multiple tracers and facilities”, 17-21 febrero, Perth, Australia

Dannerbauer H. “Impact of environment on molecular gas reservoirs probed in distant cluster and field Galaxies” (IT)

“Dynamical Reconstruction of Galaxies”, 17-21 febrero, Leiden, Países Bajos

Martín I. “Stellar populations and galaxy quenching” (CO)

“IAUS 359: Galaxy Evolution and Feedback across Different Environments”, 2-6 marzo, Bento Gonçalves, Brasil

Beasley M. “Reconstructing the mass accretion histories of massive relic galaxies with globular clusters” (CO)

Ramos-Almeida C. “The cold molecular gas content and kinematics of type-2 quasars as seen by ALMA” (CO)

Vazdekis A., Vazdekis A., Rodríguez-Beltrán P., Cerviño M., Montes M., Martín-Navarro I.,

Beasley M. B. "Surface Brightness Fluctuations for constraining the chemical enrichment of massive Galaxies" (CO)

"AstroWorkshop of the Comenius University 2020", 5-6 marzo, Bratislava, Eslovaquia

Chrobakova Z. "Structure of the outer Galactic disk" (IT)

"Mock Innsbruck: The connection between galaxies and dark matter haloes", 10-13 marzo, Innsbruck, Austria

Balaguera A. "Cosmological Catalogs for Large Scale Structure" (IT)

"XII CARMENES Scientific Meeting", 17 marzo, Virtual

Luque R. "Status on the CARMENES-TESS follow-up" (CO)

"Dark Energy Survey Collaboration meeting 2020", 18-22 mayo, Virtual

Kovacs A. "Voids in lensing maps" (CO)

"American Astronomical Society Virtual Meeting, AAS 236th (virtual)", 1-13 junio, Virtual

Infante-Sainz R. "The importance of the extended point spread function in low surface brightness science" (CO)

"Special topics on Galactic Dynamics", 7 junio, Virtual

Falcón J. "Watching Secular Evolution in Action" (IT)

"RDA Global Adoption week", 15-19 junio, Virtual

Akhlaghi M. "Introducing Maneage: customizable framework for managing data lineage" (IT)

"SDSS-IV/V Collaboration Meeting 2020", 22-26 junio, Virtual

Masseron T. "Discovery of Phosphorus-rich stars in the APOGEE survey" (CO)

"EAS 2020, Special Session 06 "Multiwavelength polarization in blazars", Virtual

Otero Santos J. "Searching for QPOs in gamma-ray emitting blazars"

"EAS 2020, Special Session 10 "Gaia: The (two) billion star galaxy census: The promise of (E)DR3", Virtual

Gallart C. "The evolutionary history of the Milky Way disk(s) and halo from Gaia DR2 colour-magnitude diagram fitting." (CO)

Chrobáková Z. "Structure of the outer Galactic disk with Gaia DR2" (P)

"EAS 2020, Special Session 11 "The Local Group in Context: Galaxies in the Local Volume as a Testbed of Cosmology", Virtual

Jones D. "Planetary nebulae from the common-envelope phase" (IT)

"EAS 2020, Special Session 14 (Astronomy for Future: Development, global citizenship & climate action), Virtual

Lopéz-Corredoira M. "Suppression of conferences as a coherent attitude of a green future for astronomy" (P)

"EAS 2020, Special Session 15 (The Circumgalactic Medium), Virtual

Sanchez Almeida, J. "Search for diffuse Ha emission around the gas-accreting galaxy UM 260" (CO)

"The future of Open Science initiatives in Spain", 9 julio, Virtual

Akhlaghi M. "Reproducible data management with Maneage." (CO)

"2020 Sagan Exoplanet Summer Virtual Workshop. Extreme Precision Radial Velocity", 20-24 julio, Virtual

Luque R. "A second Jupiter orbiting in 4:3 resonance in the 7 CMa system" (P).

"IAC-UAM theory meeting", 22 julio, Virtual

Di Cintio A. "Pericentric passage-driven star formation bursts in satellite galaxies and their hosts in hydrodynamical simulations of the Local Group" (CO)

"Exoplanets III" (Virtual), 27-31 julio, Virtual

Oshagh M. "Measuring the color dependent Rossiter-McLaughlin effect from 0.38 to 1.71 micrometer using ground based observations" (CO)

Casasayas N. "HD 209458b atmosphere using HARPS-N, CARMENES and ESPRESSO" (CO)

Luque R. "Precise characterisation of small planets around M dwarfs: the CARMENES-TESS follow-up program" (CO)

"Cosmology from Home 2020", 24 agosto-4 septiembre, Virtual

Kovacs A. "Impeaching Dark Energy: A Common Explanation of the Hubble Tension and Anomalous Cold Spots in the CMB" (CO)

"The STScI 2020 Virtual Symposium - The Local Group: Assembly and evolution", 31 Agosto-4 septiembre, Virtual

Martínez A. M. "Disentangling the 3D internal kinematics of the Sculptor dSph" (CO)

"The Local Group: Assembly and Evolution", 31 agosto-4 septiembre, Virtual

Gallart C. "The evolutionary history of the Milky Way disk(s) and halo from Gaia DR2 colour-magnitude diagram fitting." (CO)

"30th Portugal National Meeting of Astronomy and Astrophysics" 9-11 septiembre, Virtual

Oshagh M. "The widest broadband transmission spectra of HD189733b obtained from ground-based observation" (CO)

"Virtual Annual Meeting of the German Astronomical Society 2020" 21-25 septiembre, Virtual

Felipe T. "Chromospheric resonant cavities in umbrae: unequivocal detection and seismic applications" (CO)

Oshagh M. "The widest broadband transmission spectra of HD189733b obtained from ground-based observation" (CO)

Jaume J. "The polarization of the H α line in the quiet solar chromosphere" (CO)

Quintero-Noda C. "Recent developments regarding the European Solar Telescope design and science capabilities" (CO)

"TESS Science Team Meeting #22", 10 septiembre, Virtual

Luque R. "A multi-planetary system around the bright M dwarf TOI-776" (CO)

"Euoplanet Science Congress 2020", 21 septiembre-8 octubre, Virtual

Oshagh M. "Widest broadband transmission spectra (0.38-1.71 micrometer) obtained through ground based chromatic Rossiter-McLaughlin observations" (CO)

Casasayas N. "Revisiting the HD 209458b atmosphere with HARPS-N, CARMENES and ESPRESSO" (CO)

Luque R. "A comprehensive study of the WASP-74 planetary system" (CO)

"XIX Astronomical Serbian Conference", 13-17 octubre, Virtual

Crivellari L. "Alternative strategies to solve the Stellar Atmosphere Problem" (IT)

"Exoplanet Demographics", 9-12 noviembre. Virtual

"The obliquity distribution of Ultra-hot Jupiters: a population-wide view" (CO)

"Blue Muse Science Workshop", 9-10 noviembre, Virtual

Sanchez Almeida, J., "Metallicity of the CGM and IGM and detection of Pop III stars" (CO)

"Zoominar on Astrophysics and Space", 12-13 noviembre, Virtual

Martín E.L. "Ultracool legacy science with the Euclid space mission Type" (IT)

"3rd South American Dark Matter workshop", 2-4 diciembre, Virtual

Sanchez Almeida J. "Principle of maximum entropy and cores in dwarf galaxies" (CO)

"SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation", 14-18 diciembre, Virtual

Alonso Arias P. "New technologies for the Tenerife Microwave Spectrometer and current status" (P)

COMUNICACIONES A CONGRESOS NACIONALES

“Grandes cartografiados y nueva instrumentación para el observatorio de Calar Alto Workshop”, 12-13 marzo, Granada

Martín E.L. “A climate-friendly mid-resolution spectroscopic survey of ultracool atmospheres” (CO)

“Spanish Small Satellites International Forum 2020”, 25-27 febrero, Málaga

Oscoz A. “DRAGO, a compact and uncooled space camera for small satellites observing in the Short-Wave Infrared” (CO)

“XIV.0 Reunión Científica de la SEA”, 13-15 julio, Virtual

Arellano Córdova, K. Z. “Understanding the chemical evolution of C, O, N, Ne, S, Cl and Ar in the Milky Way using H II regions” (CO)

Cabrera-Lavers A. “GTC Science Operations and Instrumentation plan” (CO)

Casasayas N. “Characterising the atmosphere of ultra hot Jupiters: MASCARA-2b” (CO)

Chrobáková Z. “Structure of the outer Galactic disk with Gaia DR2” (CO)

Díaz García, S.; Salo, H.; Knapen, J. H.; Herrera-Endoqui, M. “Do galactic bars drive the formation of inner/outer rings and spiral arms?” (P)

Díaz García, S.; Moyano, F. D.; Comerón, S.; Knapen, J. H.; Salo, H. “A trimodality in the distribution of star formation in galactic bars” (P)

Díaz García, S.; Knapen, J. H. “On the nature of starburst galaxies at low-z and their connection with interactions” (P)

Eftekhari E. “Spectral Indices in the NIR for Studying Stellar Population” (CO)

Felipe T. “Chromospheric resonant cavities in umbrae: unequivocal detection and seismic applications” (CO)

Gallart C. et al. “Uncovering the birth of the Milky Way through accurate stellar ages with Gaia” (CO)

García Rojas J. “A MUSE view of high-ADF planetary nebulae” (CO)

González Otero M. “Lockman-SpReSO: a deep OSIRIS spectroscopic survey” (CO)

Infante-Sainz R. “The Sloan Digital Sky Survey extended point spread functions, a summary” (CO)

Infante-Sainz R. “Long term and archivable reproducibility, a summary” (CO)

Jaume J. “The polarization of the H α line in the quiet solar chromosphere” (CO)

Jones, D. et al. “Post-RGB Planetary Nebulae” (CO)

Martínez D., Popescu B., Khomenko E., Hunana P. “2D simulations of the Biermann battery mechanism in partially ionized plasmas” (CO)

Masseron T. “Phosphorus-rich stars” (CO)

Mathur S. et al. “Surface rotation and magnetic activity of solar-like stars observed by the Kepler mission” (CO)

Méndez Delgado E. “Photoionized Herbig-Haro objects in the Orion Nebula through VLT’s deep spectroscopy I: HH529 II-III” (CO)

Munday J et al. “The post-common-envelope binary central star of the planetary nebula ETHOS 1” (CO)

Otero Santos J. “Optical variability studies of gamma-ray emitting blazars” (CO)

Otero Santos J. “Statistical studies of spectral variability in blazars” (CO)

Perdomo A. “Local dynamo in stars beyond the Sun: Study for a K0V star” (CO)

Rodríguez Beltrán P. “Surface Brightness Fluctuations: Preliminary approach to unveiling metal-poor components in elliptical galaxies” (CO)

Ruiz Lara T., Gallart C. et al. “The recurrent impact of the Sagittarius dwarf on the Milky Way star formation history” (CO)

Ruiz Lara T., Gallart C. et al. “Assessing the stability of the Magellanic Spiral arms: the SMASH view” (CO)

ARTÍCULOS EN REVISTAS INTERNACIONALES SIN ÁRBITRO Y COMUNICACIONES CORTAS

Cutter, R. et al. (Incluye Pallé E.)

“LIGO/Virgo S200213t: No notable candidates in GOTO imaging”

GRB Coordinates Network, 2020GCN.27069....1C

Lipunov, V. M., Gorbovskoy, E., Korlinov, V. G., et al. (Incluye M. Serra-Ricart).

“Swift GRB201223.75: Global MASTER-Net OT detection”

GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 29157. 2020GCN.29157....1L

Zhirkov, K., Lipunov, V., Kornilov, V., et al. (Incluye M. Serra-Ricart).

“MASTER: prediscovery images of PGIR20eid /AT2020qmp”

The Astronomer’s Telegram, No. 13915. 2020ATel13915....1Z

Zhirkov, K., Lipunov, V., Kornilov, V., et al. (Incluye M. Serra-Ricart).

“MASTER optical activity detection of PKS B1406-076”

The Astronomer’s Telegram, No. 13887. 2020ATel13887....1Z

Eglitis, I., Cernis, K., Bacci, P., et al. (Incluye M. Serra-Ricart).

“Observations and Orbits of Comets and A/ Objects”

Minor Planet Electronic Circ., No. 2020-E26 2020MPEC....E...26E

Valeev, A. F., Castro-Rodriguez, N. 2020, **“LIGO/Virgo S200114f: AT2020vr, AT2020vt, AT2020wa and AT2020wc 10.4m GTC spectroscopy”**

GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 26764

Ershova, O. A., Lipunov, V. M., Gorbovskoy, E. S., et al. (Incluye M. Serra-Ricart).

“Early Optical Observations of Gamma-Ray Bursts Compared with Their Gamma- and X-Ray Characteristics Using a MASTER Global Network of Robotic Telescopes from Lomonosov Moscow State University”

Astronomy Reports, Volume 64, Issue 2, p.126-158. DOI: 10.1134/S1063772920020018

Bolin, B. T., Masci, F. J., Ye, Q. -Z., et al. (incluido O. Vaduvescu).

“2020 AV2»

Minor Planet Electronic Circ., No. 2020-A99. 2020MPEC....A...99B

Breton, S. N.; García, R. A.; Pallé, P. L. et al.

“A Comparison of Global Helioseismic-Instrument Performances: Solar-SONG, GOLF and VIRGO”

2020ASSP...57..327B2020

Beck, P. G.; Kuschnig, R.; Houdek, G. et al.

“The BRITE-SONG of Aldebaran - stellar music in three voices”

2020svos.conf...75B2020

Mathur, S.; Santos, A. R. G.; García, R. A. et al.

“Surface Rotation and Magnetic Activity of Solar-Like Stars: Impact on Seismic Detections”

2020ASSP...57..115M

Hughes et al.

“Final assembly, metrology, and testing of the WEAVE fibre positioner”

SPIE, Volume 11447, id. 114477R 15 pp.

Dalton et al.

“Integration and early testing of WEAVE: the next-generation spectroscopy facility for the William Herschel Telescope”

SPIE, Volume 11447, id. 1144714 10 pp.

Mignot et al.

“Fiber links for the WEAVE instrument: the making of”

SPIE, Volume 11450, id. 114502F 15 pp.

Baena-Gallé, Roberto; Infante-Sainz, Raúl; Akhlaghi, Mohammad; Trujillo, Ignacio; Knapen, Johan H.

“Extended Point-spread Functions for Deep Astronomical Imaging Surveys”

Research Notes of the AAS, Volume 4, Issue 7, id.124

Chamba, Nushkia

“Historical Perspectives on the Concept of Galaxy Size”

Research Notes of the AAS, Volume 4, Issue 7, id.117

Anguiano, B. et al. (Incluye. Allende Prieto, C.)

“White Dwarfs in Close Binaries: A Systematic Search for Mass-transfer Systems and Supernova Ia Progenitors in the APOGEE Survey”

Research Notes of the AAS, Volume 4, Issue 8, id.127

Allende Prieto, C. et al. 2020,

“Preliminary Target Selection for the DESI Milky Way Survey (MWS)”

Research Notes of the AAS, Volume 4, Issue 10, id.188, 0 pp.

de Ugarte-Postigo, A. et al. (Incluye C. Ramos Almeida)

“GATOS: A fast multi-channel imager and spectrograph for the Gran Telescopio Canarias Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE)”

Conference Series 2020SPIE11447E..6ZD

Thatte, N. A. et al. (includes García-Lorenzo, B. and Monreal-Ibero, A.)

“HARMONI: first light spectroscopy for the ELT: instrument final design and quantitative performance predictions. Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE)”

Conference Series 2020SPIE11447E..1WT

Monreal-Ibero, A.

“Spatially Resolved Studies of DIBs in Galaxies outside the Local Group Astronomy in Focus XXX”

2020IAUGA..30..398M

Falcón-Barrojo, J. et al. (Incluye García Lorenzo, B.)

“VizieR Online Data Catalog: CALIFA galaxies stellar angular momentum”

VizieR On-line Data Catalog: J/A+A/632/A59. 2020yCat..36320059F

Pérez-Fournon et al.,

“ZTF detection of the 2020 eruption of the recurrent nova M31N 2008-12a”

The Astronomer’s Telegram, No. 14131

Pérez-Fournon et al.,

“Discovery with the Liverpool Telescope of the superluminous supernova SN 2020qlb (ZTF20abobpcb, ATLAS20vmc)”

The Astronomer’s Telegram, No. 13936

Poidevin et al.,

“Discovery with ZTF and the Liverpool and GTC telescopes of the superluminous supernova SN 2020ank (ZTF20aahbfmf, ATLAS20dzt)”

The Astronomer’s Telegram, No. 13489

Pérez-Fournon et al.,

“Liverpool Telescope spectral classification of a possible young type II supernova in NGC 5371”

The Astronomer’s Telegram, No. 13432

Crivellari L.

“Darwin tra le stelle”

Giornale di Astronomia, 2020, Vol. 46, 9

Evans, C.J., et al.

“The VLT-FLAMES Tarantula Survey”

The Messenger, Vol. 181, p. 22-27

Alonso-Arias, Rubiño-Martin, Hoyland et al.

“New technologies for the Tenerife Microwave Spectrometer and current status”

Proceedings of the SPIE, Volume 11447, Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy VIII; 114476N (2020) <https://doi.org/10.1117/12.2561353>

Rubiño-Martin, Alonso-Arias, Hoyland et al.

“The Tenerife Microwave Spectrometer (TMS) experiment: studying the absolute spectrum of the sky emission in the 10-20GHz range”

Proceedings of the SPIE, Volume 11453, Millimeter, Submillimeter, and Far-Infrared Detectors and Instrumentation for Astronomy X; 114530T

LIBROS Y CAPÍTULOS DE LIBROS

García-Vázquez H., Quenon A., Popov G., Carlos Dualibe F.

“Wireless Power Transmission for Sustainable Electronics”

Título Chapter 11: Design of an ULP -ULV RF -Powered CMOS Front-End for Low-Rate Autonomous Sensors. Wiley. February 2020. <https://doi.org/10.1002/9781119578598.ch11>

García Rojas J.

“Physical Conditions and Chemical Abundances in Photoionized Nebulae from Optical Spectra”

2020rfma.book..89G Reviews in Frontiers of Modern Astrophysics; From Space Debris to Cosmology, edited by Kabáth, Petr; Jones, David; Skarka, Marek. ISBN: 978-3-030-38509-5. Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 89-121.

Génova Santos R.

“The Establishment of the Standard Cosmological Model through Observations”

Reviews in Frontiers of Modern Astrophysics, 311-347.

Beasley M.

“Globular Cluster Systems and Galaxy Formation”

Reviews in Frontiers of Modern Astrophysics, 245-277.

Lodieu N., Paunzen E., Zejda M.

“Low-Mass and Sub-stellar Eclipsing Binaries in Stellar Clusters”

Reviews in Frontiers of Modern Astrophysics, 213-243.

Jones D.

“Observational Constraints on the Common Envelope Phase”

Reviews in Frontiers of Modern Astrophysics, 123-153.

Budaj J., Kabáth P., Palle E.

“Extrasolar Enigmas: From Disintegrating Exoplanets to Exoasteroids”

Reviews in Frontiers of Modern Astrophysics, 45-88.

Simón-Díaz S.

“A Modern Guide to Quantitative Spectroscopy of Massive OB Stars”

Reviews in Frontiers of Modern Astrophysics, 155-187.

Marín; C. et al (Incluye Belmonte, J.A. como coautor y asesor científico)

“Talayotic Menorca: a cyclopaen island Odissey”

Mahón: Consell insular de Menorca

Belmonte, J.A.; Sanz de Lara M. (2020)

“El Cielo de los Magos (2º edición)”

La Orotava: Le Canarien Ediciones

Belmonte Avilés, J.A. (2020)

“La Tierra y Venus, ¿Cielos o Infiernos?”

CIENCIA, y el “Cosmos” del siglo XXI, Alicia Parra Ruiz y Quintín Garrido Garrido (Eds.), pp. 75-78. Licencia Creative Commons:

<https://cienciayelcosmosdelsigloxxi.blogspot.com/>

<https://cienciayelcosmosdelsigloxxi.blogspot.com/2020/01/la-tierra-y-venus-cielos-o-infiernos>

Esteban, C. (2020)

“Arqueoastronomía en el sureste de la península ibérica. Paisaje celeste y patrimonio”

Astronomía y desarrollo rural. Joaquín Martín Cubas y José Carlos Guirado Puerta (Coords.), pp. 15-24. Vicerrectorado de Proyección Territorial y Sociedad. Universidad de Valencia

Lodieu, N; Paunzen, E; Zejda, M

“Low-Mass and Sub-stellar Eclipsing Binaries in Stellar Clusters”

2020rfma.book..213L. Chapter in ERASMUS+ book with refereeing process

Simón-Díaz, S.

“A Modern Guide to Quantitative Spectroscopy of Massive OB Stars”

Reviews in Frontiers of Modern Astrophysics; From Space Debris to Cosmology, edited by Kabáth, Petr; Jones, David; Skarka, Marek. ISBN: 978-3-030-38509-5. Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 155-187

TESIS DOCTORALES

Lumbreras Calle A. “The role of star formation events in the formation and evolution of galaxies”

Directores: Dra. Casiana Muñoz Tuñon y Dr. Jairo Méndez Abreu

Pérez Mesa V. “Circumstellar effects and isotopic composition in O-rich AGB stars”

Directores: Dr. Domingo Anibal García Hernández y Dra. Olga M. Zamora Sánchez

Alonso Palicio P. “Bar and bulge of the Milky Way in the Gaia Era”

Directores: Dra. Inma Martínez Valpuesta y Dr. Carlos Allende Prieto

Jiménez Ibarra F. “Optical spectroscopy as a tracer of accretion processes in transient X-ray binaries”

Directores: Prof. Teodoro Muñoz Dárias y Prof. Jorge Casares Velázquez

Popescu Braileau, B. “Simulations of the solar chromosphere in the two-fluid approximation”

Directores: Dra. Elena Khomenko y Dr. Ángel M. de Vicente

de Miguel Hernández J. “Advances in Radiometers and Spectropolarimeters for Cosmic Microwave Background Experiments”

Director: Dr. Roger Hoyland

Rizos García J.L. “Caracterización espectral de la superficie del asteroide (101955) Bennu a través del conjunto instrumental OCAMS de la sonda OSIRIS-REx”

Directores: Dr. Javier Licandro Goldaracena y Dra. Julia de León Cruz

González Morales P.A. “Modeling of non-ideal magnetohydrodynamic effects in the solar atmosphere”

Directora: Dra. Elena Khomenko

Hidalgo Soto D. “Detección y caracterización de exoplanetas con telescopios espaciales”

Directores: Dr. Roi Alonso Sobrino y Dr. Enric Pallé Bago

Gómez Muñoz, M.A. (29/07/20) “Study of binary central stars of planetary nebulae with GALEX and corollary optical surveys”

Directores: Dr. Arturo Manchado Torres y Dra. Luciana Bianchi (Johns Hopkins Univ.)

Chamba, R.N. “Unveiling the outskirts of galaxies using deep imaging”

Directores: Dr. Johan H. Knapen y Dr. Ignacio Trujillo Cabrera

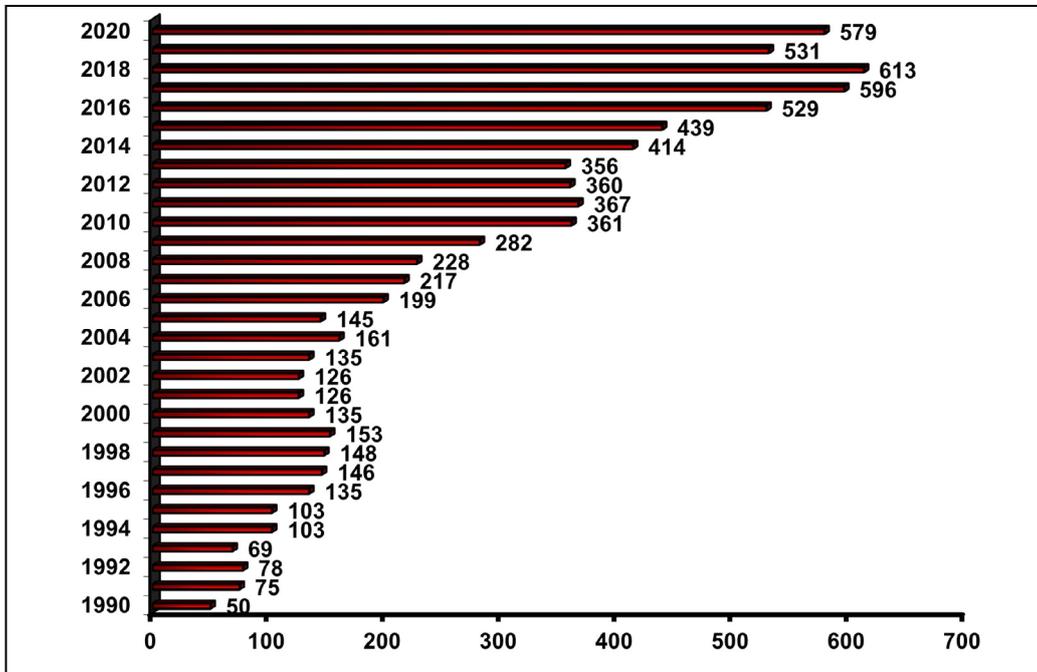
Taibi, S. “Stellar chemo-kinematics of isolated Local Group dwarf galaxies”

Directora: Dra. Giuseppina Battaglia

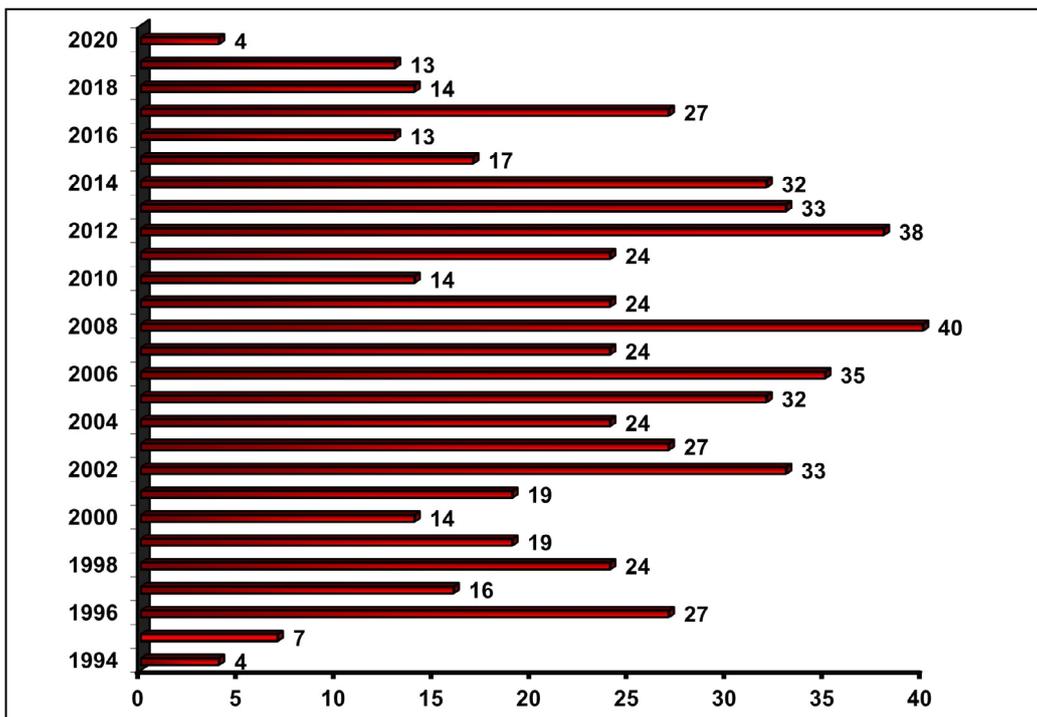
TOTALES

579	<i>Artículos en revistas internacionales con árbitro</i>
4	<i>Invited Reviews (Conferencias invitadas) y Invited Talks (Charlas invitadas)</i>
65	<i>Comunicaciones a Congresos Internacionales</i>
27	<i>Comunicaciones a Congresos Nacionales</i>
30	<i>Artículos en revistas internacionales sin árbitro y comunicaciones cortas</i>
14	<i>Libros y capítulos de libros</i>
12	<i>Tesis doctorales</i>

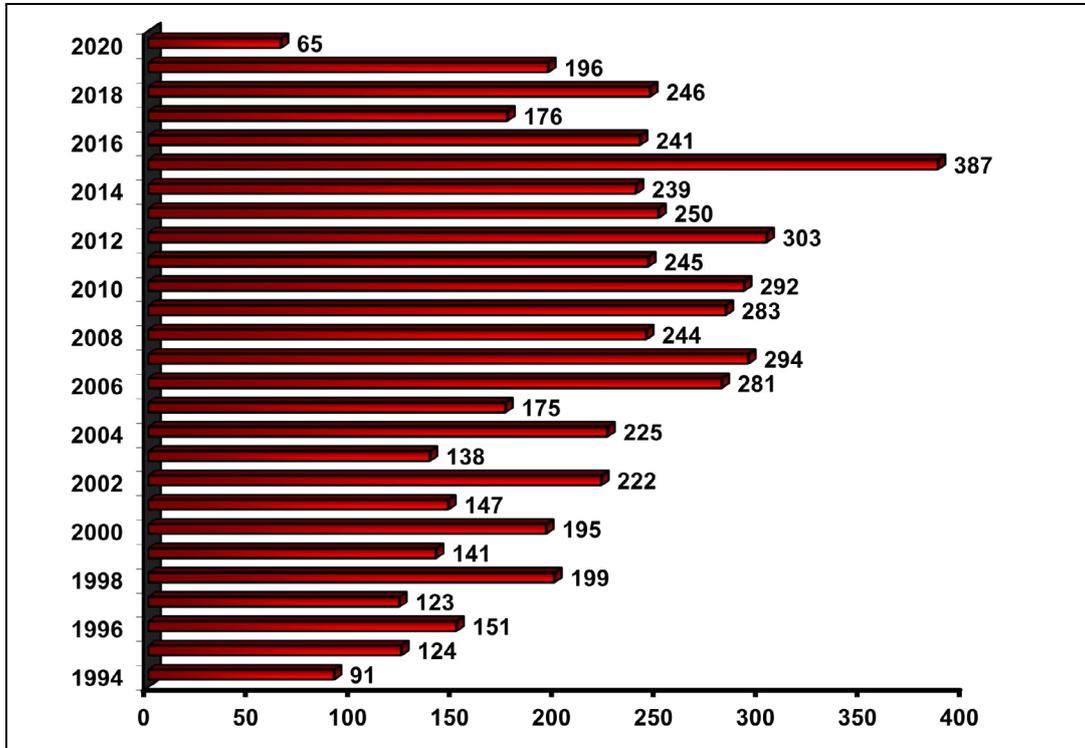
Artículos en revistas internacionales con árbitros



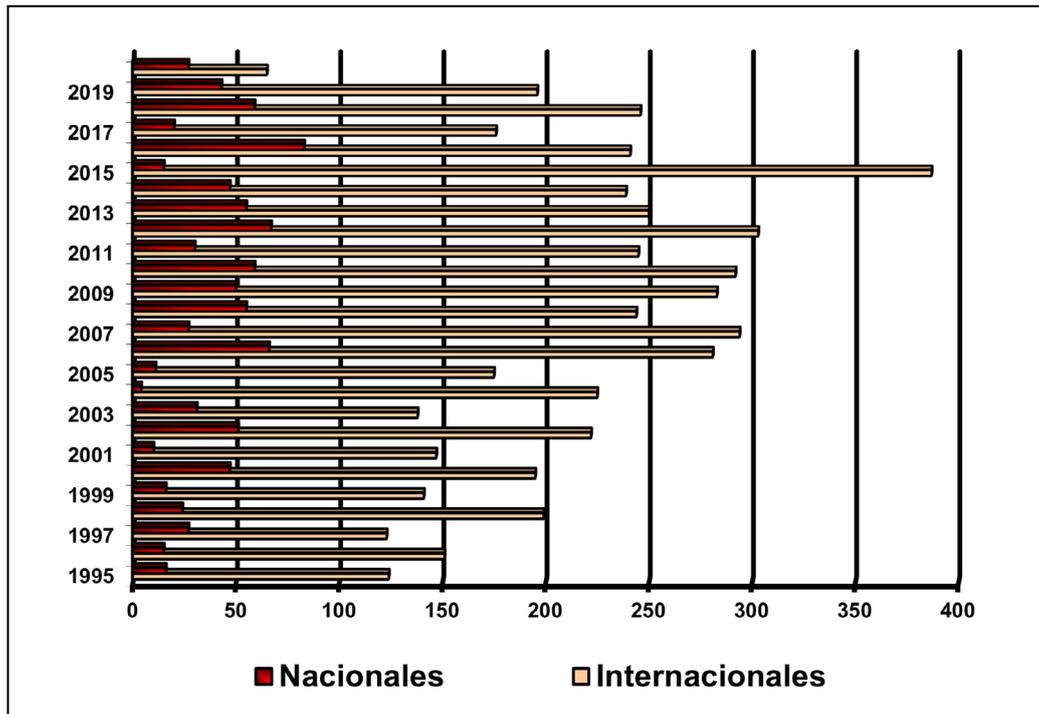
Artículos de revisión invitados (Invited Reviews)



Comunicaciones a congresos internacionales



Comunicaciones a congresos



IAC
MEMORIA ANUAL
2020

REUNIONES CIENTÍFICAS



REUNIONES CIENTÍFICAS

“ARIEL Science, Mission & Community 2020 Conference”

Noordwijk, Países Bajos. Enero.

“COST WG1 Milky Way GAIA School”

Barcelona. Enero.

“ExoSystèmes I: Evolution”

París, Francia. Enero.

“The Low Surface Brightness Universe as seen by LSST Workshop”

Sexten, Italia. Febrero.

“ESPRESSO Meeting”

Palermo, Italia. Febrero.

“PLATO PSM WP11/WP12 Interface Meeting”

París, Francia. Febrero.

“Expanding the Gaia legacy: the role of Spanish ground-based facilities”

Barcelona. Febrero.

“2nd Australia-ESO joint conference: The build-up of galaxies through multiple tracers and facilities”

Perth, Australia. Febrero.

“Dynamical Reconstruction of Galaxies”

Leiden, Países Bajos. Febrero.

“Spanish Small Satellites International Forum 2020”

Málaga. Febrero.

“IAUS 359: Galaxy Evolution and Feedback across Different Environments”

Bento Gonçalves, Brasil. Marzo.

“AstroWorkshop of the Comenius University 2020”

Bratislava, Eslovaquia. Marzo.

“Mock Innsbruck: The connection between galaxies and dark matter haloes”

Innsbruck, Austria. Marzo.

“Grandes cartografiados y nueva instrumentación para el observatorio de Calar Alto Workshop”

Granada. Marzo.

“XII CARMENES Scientific Meeting”

Virtual. Marzo.

“Dark Energy Survey Collaboration meeting 2020”

Virtual. Mayo.

“American Astronomical Society Virtual Meeting, AAS 236th (virtual)”

Virtual. Junio.

“Special topics on Galactic Dynamics”

Virtual. Junio.

“RDA Global Adoption week”

Virtual. Junio.

“SDSS-IV/V Collaboration Meeting 2020”

Virtual. Julio.

“XIV.0 Reunión Científica de la SEA”

Virtual. Julio.

“EAS 2020, Special Session 06 “Multiwavelength polarization in blazars”

Virtual.

“EAS 2020, Special Session 10 “Gaia: The (two) billion star galaxy census: The promise of (E) DR3”

Virtual.

“EAS 2020, Special Session 11 “The Local Group in Context: Galaxies in the Local Volume as a Testbed of Cosmology”

Virtual.

“EAS 2020, Special Session 14 (Astronomy for Future: Development, global citizenship & climate action)

Virtual.

“EAS 2020, Special Session 15 (The Circumgalactic Medium)”

Virtual.

“The future of Open Science initiatives in Spain”

Virtual. Julio.

“2020 Sagan Exoplanet Summer Virtual Workshop. Extreme Precision Radial Velocity”

Virtual. Julio

“IAC-UAM theory meeting”

Virtual. Julio.

“Exoplanets III”

Virtual. Julio

“Cosmology from Home 2020”

Virtual. Agosto-septiembre.

“The STScI 2020 Virtual Symposium - The Local Group: Assembly and evolution”, Virtual. Agosto-septiembre.

“The Local Group: Assembly and Evolution”

Virtual. Agosto-septiembre.

“30th Portugal National Meeting of Astronomy and Astrophysics”

Virtual. Septiembre.

“Virtual Annual Meeting of the German Astronomical Society 2020”

Virtual. Septiembre.

“TESS Science Team Meeting #22”

Virtual. Septiembre.

“Europlanet Science Congress 2020”

Virtual. Septiembre-octubre.

“XIX Astronomical Serbian Conference”

Virtual. Octubre.

“Exoplanet Demographics”

Virtual. Noviembre.

“Blue Muse Science Workshop”

Virtual. Noviembre.

“Zoominar on Astrophysics and Space”.

Virtual. Noviembre.

“3rd South American Dark Matter workshop”

Virtual. Diciembre.

“SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation”

Virtual. Diciembre.

PRESENTADO EL INFORME SOBRE EL IMPACTO SOCIO-ECONÓMICO DEL TMT EN LA PALMA

El 13 de enero tuvo lugar, en el Espacio Cultural de la Fundación CajaCanarias en Santa Cruz de La Palma, la presentación pública del Informe sobre el Impacto Socio-Económico del Telescopio de Treinta Metros (TMT) en la Isla, a cargo del profesor del Departamento de Economía, Contabilidad y Finanzas de la Universidad de La Laguna Juan José Díaz Hernández, autor del mismo. Este Informe muestra que la instalación del TMT en La Palma no solo sería un hito histórico para el desarrollo de la Astrofísica, sino que además tendría un significativo impacto económico en la Isla.

También intervinieron en el acto previamente el presidente del Cabildo de La Palma, Mariano Hernández Zapata, y el director del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), Rafael Rebolo.

Mariano Hernández Zapata subrayó que “La Palma ya es, a día de hoy, punta de lanza como territorio señalado en todo el mundo por albergar infraestructuras científicas de primer nivel ligadas a la Astrofísica en el Observatorio del Roque de los Muchachos”. Recordó que, en el informe que hizo público el IAC en 2017, se recogía que el sector de la Astrofísica en Canarias suponía una contribución anual del 3,3% al Producto Interior Bruto (PIB) de La Palma y un 2,3% al empleo. También adelantó que según el nuevo estudio sobre el impacto socio-económico del TMT en La Palma, la actividad económica total asociada con esta instalación sería de una contribución anual al PIB del 6,53% y al empleo del 3,67%, de modo que el potencial del sector la Astrofísica en La Palma durante la década 2020-2030 llegaría a ser de una contribución anual al PIB del 9,86% y al empleo de hasta el 5,97.



Mariano Hernández Zapata, presidente del Cabildo de La Palma, en la presentación del informe sobre el impacto socio-económico del TMT en La Palma.

Rafael Rebolo recordó que el objetivo del IAC es, principalmente, hacer ciencia frontera. “Nuestro instituto se crea para hacer ciencia y será muy importante la que se pueda realizar con una instalación como el TMT, si decide venir aquí. De ahí nuestro interés: además del impacto socio-económico, la comunidad científica española, incluido el IAC, tendrá a su disposición el 10% de esta instalación, libre de gastos.” Y añadió: “El Instituto tampoco es ajeno a aquello que pueda servir a los intereses y al bienestar general de la isla de La Palma. De ahí que también intentaremos que el impacto económico de esta instalación científica sea el mayor posible, con el mínimo impacto ambiental, y en beneficio de esta isla que nos acoge y a la que estamos profundamente agradecidos”.



Rafael Rebolo, director del IAC, en la presentación del informe sobre el impacto socio-económico del TMT en La Palma.

En el Informe presentado por el economista Juan José Díaz Hernández, destacó entre otros que durante el periodo de construcción del TMT (2020-2029), la inversión anual de 40 millones de euros realizada en La Palma por el Consorcio Internacional promotor del TMT provocaría un incremento anual en la producción de bienes y servicios valorado en 103 millones de euros anuales, además de contribuir a generar y/o mantener 931 empleos al año a tiempo completo, lo que supondría un pago anual de renta salarial bruta de 21 millones de euros anuales. “La relevancia de este impacto económico –señaló el autor del Informe– queda puesta de manifiesto si consideramos que el valor de la producción generada por la construcción del TMT sería equivalente al 6,53% del PIB anual insular, generando el 3,67% del empleo anual asalariado en La Palma. Y se ha estimado que en esta fase de construcción del TMT, por cada euro gastado por el Consorcio internacional en La Palma se generarían 2,57 euros de valor de la producción de bienes y servicios.”



Juan José Díaz Hernández, profesor del Departamento de Economía, Contabilidad y Finanzas de la Universidad de La Laguna, en la presentación del informe sobre el impacto socio-económico del TMT en La Palma.

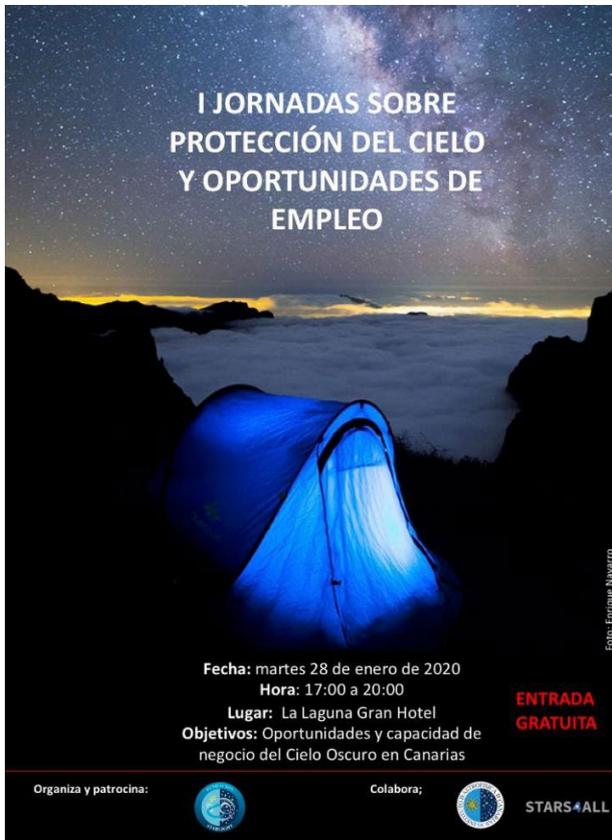
En la fase de operación científica que comenzaría en 2030, el Consorcio Internacional del TMT, impulsaría la actividad económica palmera mediante un gasto anual de 25 millones de euros, de los que el 82,5% se ejecutaría en La Palma. El funcionamiento del TMT provocaría un incremento en la actividad económica desarrollada en La Palma por el Instituto de Astrofísica de Canarias, además de atraer nuevas actividades, tales como un incremento en el número de turistas y la celebración de eventos científicos en la isla palmera. El impacto

económico anual de toda esta actividad impulsada por la presencia del TMT en La Palma puede estimarse en un valor de la producción de bienes y servicios, que ascendería a 74,5 millones de euros anuales, lo que representa el 4,81% del PIB anual palmero.

Asimismo, el funcionamiento del TMT generaría o contribuiría a mantener 745 empleos a tiempo completo al año en La Palma, lo que representaría el 3,67% del total de empleo anual asalariado en La Palma. Señaló por último que la actividad económica impulsada por la fase de funcionamiento daría lugar a una recaudación impositiva anual de 6.093.271€ y al pago de cuotas a la Seguridad Social por valor de 6.216.371€ anuales, lo que significa que la recaudación anual de las administraciones públicas estatal, autonómica y local ascendería a 12.309.642€ al año durante los 75 años de vida del telescopio.

Al acto también asistieron el director general de la Fundación CajaCanarias, Alfredo Luaces, la subdirectora del IAC, Casiana Muñoz Tuñón, el responsable de la Oficina de Proyectos Institucionales y Transferencia de Resultados de Investigación del IAC, Anselmo Sosa y el administrador del Observatorio del Roque de los Muchachos, Juan Carlos Pérez Arencibia.

CELEBRADA LA I JORNADA SOBRE PROTECCIÓN DEL CIELO Y OPORTUNIDADES DE EMPLEO



Cartel de la I Jornada sobre Protección del Cielo y Oportunidades de Empleo.

En la apertura de la “I Jornada sobre Protección del Cielo y Oportunidades de Empleo”, celebrada el día 29 de enero en La Laguna, organizado por la Fundación Starlight, con la colaboración del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y la Fundación STARS4ALL, se recordó que como recoge la Declaración de los Derechos de las Generaciones Futuras de la UNESCO *“Las personas de las generaciones futuras tienen derecho a una Tierra indemne y no contaminada, incluyendo el derecho a un cielo puro”*.

En la Jornada presentaron ponencias: José Domingo Fernández, director general de Lucha contra el Cambio Climático y Medio Ambiente del Gobierno de Canarias; Casiana Muñoz Tuñón, subdirectora del IAC; Javier Díaz Castro, responsable de la Oficina Técnica de Protección del Cielo (OTPC); Miquel Serra Ricart, administrador del Observatorio del Teide y Antonia M. Varela, directora gerente de la Fundación Starlight.

En su intervención “Contaminación Lumínica y Cambio Climático” José Domingo Fernández hizo referencia a la declaración del estado de emergencia climática en Canarias aprobada por el Consejo de Gobierno de esta comunidad, “vulnerable” al cambio climático que, en cierta medida, está relacionado con la contaminación lumínica que tiene consecuencias tales como: malgasta energía y dinero, provoca deslumbramiento, empeora la seguridad vial y la de la ciudadanía, produce intrusión lumínica por la luz artificial en el interior de las viviendas y causa pérdida de patrimonio cultural y científico con la pérdida de visibilidad del cielo nocturno. Subrayó la urgencia de dar visibilidad al problema de la contaminación lumínica desde el punto de vista medioambiental, educar a la población y legislar al respecto, *“Lo que hasta ahora han sido opciones se ha convertido en obligaciones”*.

De ahí la necesidad de regular este problema a nivel global, pero especialmente en zonas privilegiadas por su cielo como Canarias, que desde 1988 dispone de una Ley de Protección de la Calidad del Cielo de los Observatorios de Canarias.

Casiana Muñoz-Tuñón, en su ponencia sobre el “Impacto Económico y Científico de los Observatorios de Canarias”, habló de la importancia y el papel del IAC potenciando conocimiento, creación de empleo de alta capacitación e internacionalización en Canarias. También, de los hitos tecnológicos y los desarrollos y oportunidades que han creado. Revisó los estudios que, liderados por la Universidad de La Laguna, se han hecho sobre el impacto económico y social de la Astronomía en Canarias. El IAC potencia actividades que contribuyen a concienciar y formar a los jóvenes de la belleza de la Astronomía y la importancia de la protección del cielo para seguir avanzando y descubriendo la física que gobierna el Universo.

Miquel Serra Ricart se centró en el desarrollo tecnológico en torno a las medidas y control de la contaminación lumínica. También informó de las principales actividades que se realizarán en el nuevo proyecto EELabs. Que desplegará Laboratorios de Polución Lumínica (LPL), infraestructuras ecológicas no intrusivas, ubicadas en áreas naturales protegidas de la Macaronesia, cuya misión será proporcionar apoyo instrumental a los investigadores -socios del proyecto y de otros centros de investigación europeos, para llevar a cabo Experimentos de Polución Lumínica (EPL).

Javier Díaz Castro habló en su ponencia de alumbrado Inteligente e Innovación. “La contaminación lumínica es un problema ambien-

tal, económico y social de gran impacto” pero también es una oportunidad para el desarrollo de empleos específicos y desarrollo de actividades profesionales, como pueden ser la de técnicos especializados en diseño de instalaciones de alumbrado en zonas protegidas asesorando a los estudios de ingeniería, arquitectura y a fabricantes. Por otro lado, podrían crearse empresas certificadoras del funcionamiento de las instalaciones en cuanto a niveles de iluminación, espectrometría, sistemas de reducción de flujo, horarios de funcionamiento y brillo en carteles luminosos, así como la implantación de la figura del auditor que analice los niveles de contaminación lumínica en una zona y proposición de cambio de alumbrado para reducirla.



Presentación de Antonia M. Varela “I Jornada sobre Protección del Cielo y Oportunidades de Empleo”. Crédito: Inés Bonet (IAC).

La Jornada finalizó con la intervención de Antonia M. Varela y su ponencia “Cielo Oscuro como Motor de Economía Sostenible: Astro-turismo”. Según esta, el turismo de estrellas o astroturismo promovido por la Fundación Starlight es una modalidad innovadora de tu-

rismo sostenible y responsable que combina la observación del cielo con actividades relacionadas con este recurso natural que son las estrellas y la difusión de la Astronomía. *“Tiene como metas la aplicación de medidas para la protección del cielo nocturno (legislación, alumbrado inteligente e innovación, ahorro energético y económico) y la simbiosis de la riqueza paisajista, geológica, medioambiental, de biodiversidad, cultural y científica (arqueología, paleontología, etc.) con el cielo oscuro, siendo necesario que cada territorio singularice, diversifique y gestione particularmente la oferta.”* Añadió que el creciente interés por el astroturismo (200-400 %), sus beneficios directos e indirectos y las oportunidades para el entorno, especialmente el rural, han llevado a la Fundación Starlight a recibir recientemente el Premio FiturNext, en el que se ha hecho un reconocimiento internacional a su labor, como práctica sostenible y replicable, que favorece el desarrollo de la economía local.



(De izquierda a derecha) José Domingo Fernández, Javier Díaz Castro, Antonia M. Varela, Casiana Muñoz Tuñón y Miquel Serra Ricart. Crédito: Inés Bonet (IAC).

EL IAC PARTICIPARÁ EN EL FORO INTERNACIONAL ESPAÑOL DE PEQUEÑOS SATÉLITES 2020

IACTEC (Espacio, Tecnología Médica y Grandes Telescopios) es el centro de cooperación tecnológica y empresarial del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), cuya misión es desarrollar en Canarias un ecosistema innovador para la transferencia de alta tecnología entre el sector público y las empresas, aprovechando el capital científico y tecnológico del IAC.

Un grupo de científicos e ingenieros de IAC-TEC Espacio, participaron en el segundo Foro Internacional Español de Pequeños Satélites 2020 (SSSIF, por sus siglas en inglés), que se tuvo lugar los días 25, 26 y 27 de febrero en Málaga. El personal de IACTEC-Espacio presentó tres trabajos sobre el desarrollo de tecnologías que ayudarán a mejorar el funcionamiento de estos nanosatélites, además de disponer de un stand para mostrar los desarrollos y capacidades de IACTEC.

Nuevas tecnologías

Dentro de sus tres líneas de actividad, la división Espacio de IACTEC, entre otros proyectos, impulsa la innovación y el desarrollo tecnológico relacionados con la fabricación de carga útil para micro y nanosatélites, sector en crecimiento con gran repercusión en ámbitos como las comunicaciones, la seguridad, y la gestión del medio ambiente, entre otros.

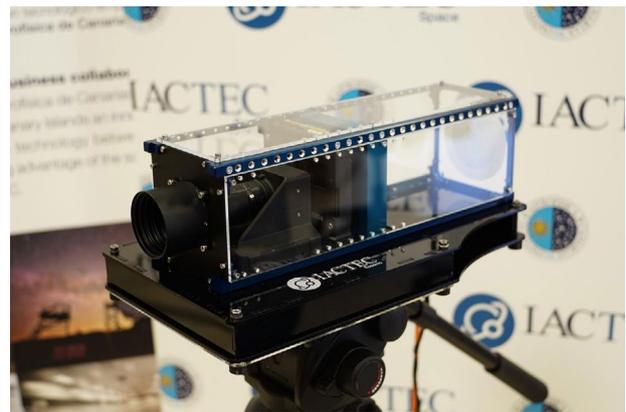
El enfoque inicial para consolidar el programa es la observación de la Tierra, si bien en el futuro la capacidad tecnológica adquirida se empleará para desarrollar proyectos de observación del espacio con este tipo de satélites.

Las tecnologías a desarrollar con esta actividad son las relacionadas con el diseño y desarrollo de detectores (control, hardware, pre-procesado de imágenes), el diseño óptico de cámaras de alta resolución, con una importante atención a la selección de nuevos materiales para espacio y el uso de técnicas avanzadas de ultra-resolución, además de obtención de información útil a través de imágenes tomadas desde satélites

Dentro de este proyecto, el primer trabajo de IACTEC Espacio que se expuso en el SSSIF será acerca de DRAGO, el primer instrumento diseñado y fabricado en IACTEC-Espacio. Además, se presentarán otros dos trabajos, uno sobre el procesamiento de imágenes de alta resolución

para cámaras espaciales a bordo de pequeños satélites y otro sobre el diseño de un controlador de potencia configurable. Los autores principales de estos trabajos son Alfonso Ynigo Rivera, Samuel Sordo Ibáñez y José Carlos Sanluis Leal, respectivamente, apoyados por el resto del equipo: Carlos Colodro Conde, Pablo González de Chaves, Ignacio Bustamante Bengoechea, Alba Peláez Santos, José Alonso Burgal, Álvaro Pérez García, Álex Oscoz Abad, Pablo Redondo Caicoya, José Javier Díaz García y Roberto López López.

DRAGO



Cámara DRAGO.

Estas tecnologías estarán implementadas en DRAGO, una cámara espacial compacta desarrollada para la observación de la Tierra en infrarrojo de onda corta y que irá a bordo de nanosatélites. DRAGO será, además, uno de los primeros instrumentos que explorará el uso de detectores infrarrojos no refrigerados.

La cámara DRAGO permitirá la observación en dos bandas infrarrojas (1.1 y 1.6 micras) que son discriminadas usando un filtro monolítico de dos tiras montado en la parte superior del sensor. El montaje de la lente está basado en lentes comerciales de rango infrarrojo de onda corta estándares que han sido reforzadas por IACTEC para asegurar su buen funcionamiento en el entorno de la órbita baja terrestre.

La cámara también incluirá hardware y software de alto funcionamiento, desarrollado en IACTEC, para poder no solo obtener imágenes a alta velocidad sino también procesar las mismas a bordo del satélite, incluyendo capacidades como superresolución, compresión y encriptación.

Asimismo, para asegurar una vida útil de tres años del nanosatélite, se ha protegido la electrónica sensible, y se han desarrollado sistemas de aislamiento y recuperación en caso de fallos.

ALISIO-I

El instrumento DRAGO estará integrado en ALISIO-I, la primera misión completamente desarrollada por el equipo de IACTEC Espacio, que pretende enviar uno de los primeros nanosatélites que observarán la Tierra en el rango infrarrojo de onda corta (SWIR, por sus siglas en inglés). Su lanzamiento está previsto para el segundo o tercer trimestre de 2021.

Esta misión tiene un doble objetivo. Por un lado, demostrar la habilidad de observar la Tierra en el rango infrarrojo de onda corta desde un nanosatélite 3U+ y, por otro, consolidar un equipo multidisciplinar capaz de diseñar cargas útiles para pequeños satélites, siguiendo los más estrictos estándares ECSS (European Cooperation for Space Standardization).

La observación en el rango infrarrojo de onda corta proporciona información crucial que no está disponible en el rango visible. El análisis en esta región del espectro permite, por ejemplo, la creación de índices de vegetación, la detección de puntos calientes en incendios y la detección y caracterización de vertidos de

petróleo. El añadido de esta banda de observación al mercado de los nanosatélites incrementará significativamente la cantidad de aplicaciones disponibles usando pequeñas plataformas.

El SSIF es un taller internacional clave que reúne a todos los agentes del sector, como diseñadores, técnicos, científicos, proveedores, desarrolladores y lanzadores. El foro ofrece una oportunidad única de creación de redes y conocimiento sobre el estado actual y las tendencias futuras del sector de los pequeños satélites.

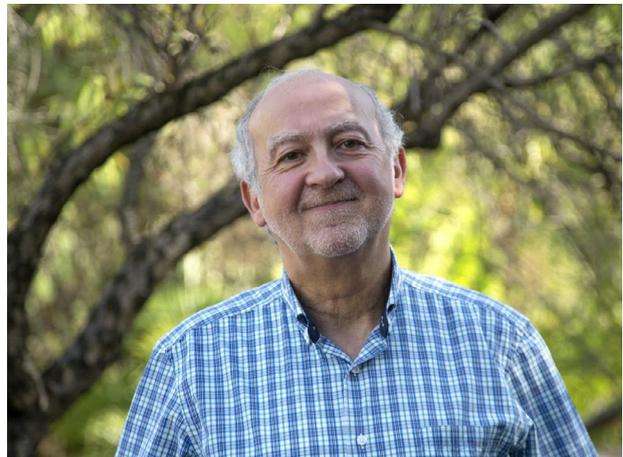
Los trabajos de IACTEC cuentan con el apoyo del Cabildo de Tenerife, que financia el programa "Capacitación Tecnológica IACTEC" del que proceden los recursos de ingeniería de IACTEC Espacio y que se desarrolla en el marco de MEDI (Marco Estratégico de Desarrollo Insular), además del apoyo del Gobierno de Canarias, del Ministerio de Economía y Competitividad, del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), del Fondo de Desarrollo de Canarias (FDCAN), y del programa Horizonte 2020.

DISTINCIONES



José Miguel Rodríguez Espinosa, próximo Secretario General de la Unión Astronómica Internacional (IAU)

José Miguel Rodríguez Espinosa, investigador del IAC, fue nombrado próximo Secretario General de la Unión Astronómica Internacional (IAU), la mayor organización astronómica internacional, con más de 13.500 astrónomos profesionales de más de 100 países. Será el primero español en ocupar el cargo y lo hará durante el período 2021-2024. Este astrofísico, experto en astronomía infrarroja, galaxias activas y formación estelar, ha sido profesor de la Universidad Complutense, coordinador de investigación del IAC, responsable científico del Gran Telescopio Canarias (GTC) y miembro fundador de la Sociedad Española de Astronomía (SEA), de la que fue presidente durante cuatro años, y de la Sociedad Europea de Astronomía (EAS).



Candidatos al premio Vanguardia de la Ciencia del diario La Vanguardia

Carme Gallart y Tomás Ruiz Lara, investigadores del IAC, fueron candidatos al premio Vanguardia de la Ciencia que concede el diario La Vanguardia. Especializados en determinar edades de grupos de estrellas para entender su evolución, su método ha arrojado luz al origen de la Vía Láctea y ha permitido poner fecha a uno de los eventos más turbulentos de su historia.

Antonia María Varela, Premio Mujer Ciencia e Innovación de la revista Más Mujer

Antonia María Varela, investigadora del IAC y directora de la fundación Starlight, fue galardonada con el premio Mujer Ciencia e Innovación que concede la revista Más Mujer a las mujeres canarias más relevantes del año.

La fundación **Starlight ganó el Reto FiturNext 2020** dedicado a iniciativas que se centran en cómo el turismo puede contribuir al desarrollo local.





Premio a la Excelencia en Recursos Humanos de Canarias 2020

Alfonso Ruigómez Momeñe, responsable de Recursos Humanos del IAC, recibió el premio a la Excelencia en Recursos Humanos de Canarias 2020, en su quinta edición, por su trayectoria profesional.

Premio Falling Walls Engage 20202 en la categoría Compromiso Científico

Sandra Benítez Herrera, astrofísica divulgadora del IAC, fue galardonada con el premio Falling Walls Engage 20202 en la categoría Compromiso Científico por el proyecto “Amanar bajo el mismo cielo”, que busca inspirar a la comunidad saharauí a través de la Astronomía.

IN MEMORIAM

En 2020, lamentablemente fallecieron los astrofísicos vinculados al IAC Guido Münch, Héctor Castañeda y Rebeca Galera.



PERSONAL



DIRECCIÓN	
Director	
Rafael Rebolo López (AD)	
Secretaría	
M. Nieves Villoslada Dionis (CL)	Robert Campbell Warden (CL)
IAC TECNOLOGÍA (IACTEC)	
Responsable técnico	
Pablo G. Redondo Caicoya (CLT)	
Responsable legal y económico	
* Antonio Maudes Gutiérrez (PO)	
Secretaría	
Demelsa Ramos Gil (CLT)	
Mantenimiento general	
Ignacio del Rosario Pérez (CL)	
CAPACITACIÓN	
Ingenieros/as	
Microsatélites	
José Alonso Burgal (CLT)	Álvaro Pérez García (CLT)
Ignacio Bustamante Bengoechea (CLT)	José Carlos Sanluis Leal (CLT)
Carlos Colodro Conde (CLT)	Ignacio Sidrach-Cardona Martínez (CLT)
Pablo González de Chaves Fernández (CLT)	Samuel Sordo Ibáñez (CLT)
Alba Eva Peláez Santos (CLT)	Alfonso Ynigo Rivera (CLT)
Tecnología Médica	
Natalia Arteaga Marrero (CLT)	Enrique Villa Benito (CLT)
José Carlos Ruiz Luque (CLT)	
CTA	
Gestor	
Javier Herrera Llorente (CLT)	
Secretaría	
M. Cristina Castro González (CLT)	Víctor López Molina (CLT)
Ingenieros/as	
Francisco J. Aragunde Gutiérrez (CLT)	Sara Gema Sabaté Gómez (CLT)
Alberto Franco Órdovas (CLT)	

EST	
Secretaría	
M. Luz Sánchez Rodríguez (CLT)	
Ingenieros/as	
Maria Yanira Carballo Martín (CLT)	Sebastian Hidalgo Rodríguez (CLT)
Juan Cozar Castellano (CLT)	David Jiménez Mejías (CLT)
Noelia Feijoo Amoedo (CLT)	Noe Andrés Rodríguez González (CLT)
Irene M. Ferro Rodríguez (CLT)	Alejandro Mahy Soler Trujillo (CLT)
José Manuel González Cava (CLT)	Nauzet Vega Reyes (CLT)
Francisco González Pérez (CLT)	
ROBÓTICO	
Ingenieros	
Josué Barrera Martín (CLT)	Asier Sebastián Oria Carreras (CLT)
Juan José Fernández Valdivia (CLT)	Miguel Ángel Torres Gil (CLT)
Nuevos desarrollos en Grandes Telescopios	
Juan Manuel Usón Finkenzeller (CLT)	
UNIDAD DE COMUNICACIÓN Y CULTURA CIENTÍFICA	
Jefa	
Carmen del Puerto Varela (CL)	
Secretaría	
Ana M. Quevedo González (CL)	
Gestora	
Laura Calero Hernández (CL)	
Gestión Administrativa	
Sabina Palenzuela Ramos (CLT)	
Web	
Concepción Anguita Fontecha (CL)	
Astrofísicos/as divulgadores	
Sandra Benítez Herrera (CLT)	Alfred Rosenberg González (CL)
Nayra Rodríguez Eugenio (CLT)	
Diseño gráfico y audiovisual	
Inés Bonet Márquez (CL)	
Periodistas	
Aarón García Botín (CLT)	Iván Jiménez Montalvo (CLT)

SUBDIRECCIÓN	
Subdirectora	
* Casiana Muñoz-Tuñón (PO)	
OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (ORM)	
Administrador	
Juan Carlos Pérez Arencibia (CL)	
SERVICIOS INFORMÁTICOS ESPECÍFICOS (SIE)	
Aytami Y. Peñate Rodríguez (CL)	
Gestión Administrativa	
Ana Luisa Lozano Pérez (CL)	Nieves Gloria Pérez Pérez (CL)
Eva María Martín Cruz (CL)	
Mantenimiento	
Carlos David Álvarez García (CLT)	Jesús M. Mendoza González (CL)
Joaquín Arce Costa (CL)	Alfredo Pérez Concepción (CL)
Jorge Gmelch Ramos (CL)	Roberto José Pérez López (CLT)
Conductor	
José Adeldo Hernández Sánchez (CL)	
OBSERVATORIO DEL TEIDE (OT)	
Administrador	
Miquel Serra Ricart (CL)	
Gestión Administrativa	
F. Javier Cosme Morán (CL)	
Periodista	
Alejandra Rueda Moral (CLT)	
Mantenimiento	
Jonay Alemán González (CLT)	Rafael A. Ramos Medina (CL)
M. Ángel Ginovés Bethencourt (CL)	Carlos Quintana González de Chaves (CLT)
Samuel Lemes Perera (CLT)	
OPERACIÓN DE LAS INSTALACIONES TELESCÓPICAS	
Jefe	
Alejandro Oscoz Abad (CL)	
Astrónomo de soporte	
Matteo Monelli (CLT)	

Observador	
Antonio Pimienta de la Rosa (CL)	
Operadores/as	
Joshua Barrios Pérez (CLT)	Marta Puig Subira (CLT)
María Victoria Bollo Tesoro (CLT)	Miguel Rodríguez Alarcón (CLT)
Román Alexis Gómez Agueda (CLT)	Manuel Sánchez Benavente (CLT)
Alberto Madrigal Aguado (CLT)	Sarla Varela Núñez (CLT)
CARACTERIZACIÓN DE LOS OBSERVATORIOS	
Julio A. Castro Almazán (CL)	Antonia M. Varela Pérez (CL)
Sebastián Hidalgo Rodríguez (PO)	
MANTENIMIENTO INSTRUMENTAL	
Jefe	
Emilio J. Cadavid Delgado (CL)	
Técnicos	
Pedro A. Ayala Esteban (CL)	José Julio González Nóbrega (CL)
Jesús E. García Velázquez (CL)	
OFICINA TÉCNICA PARA LA PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL CIELO (OTPC)	
Jefe	
Francisco Javier Díaz Castro (CL)	
Técnicos/as	
J. Federico de la Paz Gómez (CL)	Cristina Padilla Hernández (CLT)
SERVICIOS INFORMÁTICOS (SI)	
Responsable Científico	
* Carlos Allende Prieto (PO)	
Gerente	
Carlos A. Martín Galán (CL)	
Jefe de Departamento	
Antonio J. Díaz Chinaa (CL)	
Secretaría	
M. Adela Rivas Fortuna (CL)	
GRUPO DE SISTEMAS Y COMUNICACIÓN (GSC)	
Ingenieros	
Ubay Dorta Guerra (CL)	Francisco Orta Soler (CL)
Jorge Goya Pérez (CL)	Diego M. Sierra González (CL)
Justo Luna López (CL)	

GRUPO DE ANÁLISIS Y DESARROLLO (GAD)	
Ingenieros/as	
Susana Delgado Marante (CL)	José María Pérez Menor (CL)
Ricardo Díaz Campos (CL)	Carlos Westendorp Plaza (CL)
María Elena Díaz Rodríguez (CLT)	Estrella Zatón Martín (CL)
Maximiliano Hernández Gil (CLT)	
Técnico	
José Manuel Ramos Aguilar (CL)	
GRUPO DE OPERACIONES Y CENTRO DE ATENCIÓN AL USUARIO (GOP + CAU)	
Encargados	
Aurelio A. Gutiérrez Padrón (CL)	Francisco J. López Molina (CL)
Técnicos/as	
Irene Corona Hernández (CL)	Isabel M. Plasencia García (CL)
Joaquín Gutiérrez Rodríguez (CL)	Víctor Plasencia Darias (CL)

ÁREA DE INVESTIGACIÓN	
Coordinador	
* Javier Licandro Goldaracena (PO)	
Gerente	
Irene Fernández Fuarrós (CL)	
Secretaría	
Judith de Araoz Vigil (CL)	Eva Patricia Bejarano Padrón (CL)
SERVICIOS INFORMÁTICOS ESPECÍFICOS (SIE)	
Jefe	
Nicola Caon (CL)	
Soporte	
Jorge Andrés Pérez Prieto (PO)	
SERVICIO MULTIMEDIA (SMM)	
Gabriel A. Pérez Díaz (CL)	
SERVICIO DE CORRECCIÓN LINGÜÍSTICA (SCL)	
Terence John C. Mahoney (CL)	
PERSONAL INVESTIGADOR	
Astrofísicos/as	
* José Antonio Acosta Pulido (V)	* Olena Khomenko (PO)
* Roi Alonso Sobrino (PO)	* Carlos Lázaro Hernando (ULL)
* Antonio Aparicio Juan (ULL)	Daniel Lennon (V)
* M. Jesús Arévalo Morales (ULL)	* Nicolas Cedric Lodieu (PO)
* Carlos Arregui Uribe-Echevarria (PO)	* Martín L. López Corredoira (PO)
* Andrés Asensio Ramos (PO)	* Antonio Mampaso Recio (PO)
* Giuseppina Battaglia (PO)	* Arturo Manchado Torres (CSIC)
John E. Beckman (V)	* Eduardo Martín Guerrero de Escalante (CSIC)
* Juan A. Belmonte Avilés (PO)	* Valentín Martínez Pillet (PO)
* Juan E. Betancort Rijo (ULL)	* Evencio Mediavilla Gradolph (ULL)
Chris Brook (ULL)	* Fernando Moreno Insertis (ULL)
* Jorge Casares Velázquez (PO)	* Enric Pallé Bagó (PO)
* Jordi Cepa Nogué (ULL)	* Pere Lluís Pallé Manzano (PO)
* Manuel Collados Vera (ULL)	* Ismael Pérez Fournon (ULL)
* Hans Deeg (PO)	* Fernando Pérez Hernández (ULL)
* César Esteban López (ULL)	* Almudena Prieto Escudero (PO)
* Jesús Falcón Barroso (PO)	* Teodoro Roca Cortés (ULL)

* Ignacio Alfonso Ferreras Páez ((PO)	* José Miguel Rodríguez Espinosa (PO)
* M. Carmen Gallart Gallart (PO)	* Pablo Rodríguez Gil (ULL)
* Ignacio García de la Rosa (PO)	* José Alberto Rubiño Martín (PO)
* Aníbal García Hernández (PO)	* Basilio Ruiz Cobo (ULL)
* Ramón J. García López (ULL)	* Jorge F. Sánchez Almeida (PO)
* Begoña García Lorenzo (PO)	* Víctor Sánchez Bejar (PO)
* Francisco Garzón López (ULL)	Francisco Sánchez Martínez (V)
Ricardo Tanausú Génova Santos (CL)	* Tariq Shahbaz (PO)
* Carlos M. Gutiérrez de la Cruz (PO)	Sergio Simón Díaz (CL)
* Carlos Hernández Monteagudo (PO)	* Héctor Socas Navarro (PO)
* Artemio Herrero Davó (ULL)	* Javier Trujillo Bueno (CSIC)
* Garik Israelian (PO)	* Ignacio Trujillo Cabrera (PO)
* Antonio Jiménez Mancebo (PO)	* Alejandro Vazdekis Vazdekis (PO)
* Johan Knapen (PO)	* Olga M. Zamora Sánchez (PO)
Becarios/as y contratados/as	
Mohammad Akhiagui (CLT)	Andras Kovacs (CLT)
Montserrat Armas Padilla (CLT)	Hao Li (CLT)
Andrés Balaguera Antolinez (CLT)	Carlos Hugo López Caraballo (CLT)
Andrew M. Beasley (CLT)	Alicia López Oramas (CLT)
Josefa Becerra González (ULL)	Hissa Maria Lucio Medeiros (CLT)
Alexandre Bouquin (CLT)	Paul Ross McWhirter (CLT)
Edgar Samuel Carlín Ramírez (CLT)	Jorge Martín Camalich (CLT)
Aurelio Carnero Rosell (CLT)	IGNACIO MARTÍN NAVARRO (CLT)
Bernabé Cedrés Expósito (CLT)	David Martínez Gómez (CLT)
Rosa Clavero Jiménez (CLT)	M. Jesús Martínez González (CLT)
Sebastián Comerón Limbourg (CLT)	Yeisson Martínez Osorio (CLT)
Virginia Anahi Cuneo (CLT)	Thomas Masseron (CLT)
Claudio Dalla Vecchia (CLT)	Savita Mathur (CLT)
Helmut Dannerbauer (CLT)	Mikhail Modestov (CLT)
Julia de León Cruz (CLT)	David Morate González (CLT)
Ángel Manuel de Vicente Garrido (CLT)	Giuseppe Morello (CLT)
Tanausú del Pino Alemán (CLT)	Teodoro Muñoz Darias (CLT)
Arianna Di Cintio (CLT)	Felipe Andrés Murgas Alcaino (CLT)
Simón Díaz García (CLT)	Andrea Negri (CLT)
Carlos Domínguez-Tagle Paredes (CLT)	Mireia Nieves Rosillo (CLT)
Ricardo Dorta Laforet (CLT)	Grzegorz Nowak (CLT)
Sara Esteban Pozuelo (CLT)	Mahmoudreza Oshagh (CLT)
Joao Jose Feio Calhau (CLT)	Vaibhav Pant (CLT)
Tobías Felipe García (CLT)	Hannu Parviainen (CLT)

Bruno Femenía Castello (CLT)	Michael Peel (CLT)
Jorge García Rojas (CLT)	Manuel Ángel Pérez Torres (CLT)
Jonay González Hernández (CLT)	Carlos Cristo Quintero Noda (CLT)
Sergio González Manrique (CLT)	Cristina Ramos Almeida (CLT)
Supriya Hebbur Dayananda (CLT)	Alejandro Suárez Mascareño (CLT)
Marc Huertas-Portocarrero Company (CLT)	Andrii Sukhorokov (CLT)
Peter Hunana (CLT)	Eri Tatsumi (CLT)
Susana Iglesias Groth (CLT)	Guillaume Thomas (CLT)
Shuowen Jin (CLT)	Diego Tuccillo (CLT)
David Jones (CLT)	Mónica L. Vázquez Acosta (CLT)
Francisco Kitaura Joyanes (CLT)	Nikolas Vitas (CLT)
Afiliados/as	
Marc Ballcels Comas (V)	Stefan Geier (V)
Paul Beck (V)	Gabriel Gómez Velarde (V)
Walter Boschín (V)	Raine Karjalainen (V)
Antonio Luis Cabrera Lavers (V)	Gianluca Lombardi (V)
Nieves Dolores Castro Rodríguez (V)	Vania Lorenzi (V)
Eduardo Héctor Colombo (V)	Norio Narita (V)
Romano Corradi (V)	Carmen Pilar Padilla Torres (V)
Lucio Crivellari (V)	Daniel Reverte Paya (V)
Vikram Dhillon (V)	Juan Ruiz Alzola (V)
Lilian Domínguez Palmero (V)	Riccardo Scarpa (V)
Cecilia Fariña (V)	Alina Streblyanska (V)
Akihiko Fukui (V)	Ovidiu Vaduvescu (V)
David García Álvarez (V)	
Colaboradores	
Emilio Casuso Romate (V)	Alejandro García Gil (V)
Antonio Eff-Darwich Peña (V)	

ÁREA DE ENSEÑANZA SUPERIOR	
Coordinador	
* Ignacio González Martínez-Pais (ULL)	
Gerente	
Irene Fernández Fuarrós (CL)	
Secretaría	
Lourdes González Pérez (CL)	
PERSONAL EN FORMACIÓN	
Astrofísicos/as Residentes	
IV Año de Residentes (2016)	
Programa La Caixa-Severo Ochoa	Programa Astrofísicos Residentes IAC
Joseph H. Putko (CLT)	Nuria Casasayas Barris (CLT)
Borja Toledo Padrón (CLT)	
IV Año de Residentes (2017)	
Programa La Caixa-Severo Ochoa	Programa Astrofísicos Residentes IAC
Rafael Luque Ramírez (CLT)	Elham Eftekhariardakani (CLT)
	Federica Guidi (CLT)
	Mónica Hernández Sánchez (CLT)
	Valeria Liakh (CLT)
	Juan Carlos Trelles Arjona (CLT)
III Año de Residentes (2018)	
Programa Astrofísicos Residentes IAC	
David Afonso Delgado (CLT)	José Eduardo Méndez Delgado (CLT)
Paz Alonso Arias (CLT)	Monica Beata Stangret (CLT)
Isaac Alonso Asensio (CLT)	Daniel Walo Martín (CLT)
Zofia Chrovakova (CLT)	
II Año de Residentes (2019)	
Programa Astrofísicos Residentes IAC	
Ayoze Álvarez Hernández (CLT)	Javier Sánchez Sierras (CLT)
M. Guayente Panizo Espinar (CLT)	Regina Sarmiento (CLT)
Pablo Rodríguez Beltrán (CLT)	
I Año de Residentes (2020)	
Programa Astrofísicos Residentes IAC	
Abel de Burgos Sierra (CLT)	Paula Sola La Serna (CLT)
Iveth Gaspar Gorostieta (CLT)	Fernando Tinaut Ruano (CLT)
Manuel Mallorquín Díaz (CLT)	Idaira Vanessa Yanes Rizo (CLT)

Contratos/as FPI	
Salvador Cardona Barrero (CLT)	Jaume Orell Miquel (CLT)
Carlos Cardona Guillén (CLT)	Jorge Otero Santos (CLT)
Belén Coronado Granados (CLT)	Andrea Perdomo García (CLT)
Javier de Miguel Hernández (CLT)	Alejandro Reina Conde (CLT)
Oliver Díaz Rodríguez (CLT)	Juan Luis Rizos García (CLT)
Ana Esteban Gutiérrez (CLT)	Jorge Romero Gómez (CLT)
Mateo Fernández Torreiro (CLT)	David Rosado Belza (CLT)
Elena García Broock	Nuria Salvador Rusiñol (CLT)
Lucía González Cuesta (CLT)	Laura Elizabeth Scholz Díaz (CLT)
Mauro González Otero (CLT)	Esther Soria Hernández (CLT)
Paula Izquierdo Sánchez (CLT)	Giovanna Speranza (CLT)
Jaume Jaume Bestard (CLT)	Jorge Terol Calvo (CLT)
Camilo Eduardo Jiménez Ángel (CLT)	Maitane Urrutia Aparicio (CLT)
Alberto Manuel Martínez García (CLT)	Andrés Vicente Arévalo (CLT)
Alex Massaro Acha (CLT)	
Varios	
Alejandro Aguado Barahona (V)	Jakub Nadolny (V)
Ignacio del Moral Castro (V)	Sergio Velasco Muñoz (V)
Raúl Infante Sainz (V)	Gaia Vanzo (V)

ÁREA DE INSTRUMENTACIÓN	
Coordinador	
* José Alfonso López Aguerri (PO)	
Secretaría	
Rocío Mesa Martínez (CL)	
INGENIERÍA	
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA	
Jefe	
Luis Fernando Rodríguez Ramos (CL)	
Ingenieros/as	
Haresh Mangharam Chulani (CL)	Enrique Joven Álvarez (CL)
José Miguel Delgado Hernández (CL)	Yolanda Martín Hernando (CLT)
José Javier Díaz García (CL)	Horacio Rodríguez Delgado (CLT)
Hugo García Vázquez (CLT)	Oscar Manuel Tubio Araujo (CLT)
David Hernández Expósito (CLT)	Teodora A. Viera Curbelo (CL)
Alberto Hernández Fernández (CLT)	Juan Villa Morales (CLT)
Roger Hoyland (CL)	
Técnicos	
Roberto Barreto Rodríguez (CL)	José Ramón Olives Mora (CL)
Ángel L. Morales Ayllón (CL)	Jesús S. Rodríguez Díaz (CLT)
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA	
Jefe	
Juan Calvo Tovar (CL)	
Ingenieros/as	
Jonai Bienes Pérez (CLT)	Ángel Mato Martínez (CLT)
Patricia Fernández Izquierdo (CL)	Yeray José Peñate Castro (CL)
Pablo Fuerte Rodríguez (CLT)	Fabio Tenegi Sanginés (CL)
Eduardo González Carretero (CLT)	Afrodísio Vega Moreno (CLT)
Elvio Hernández Suárez (CL)	Antonio Zamora Jiménez (CLT)
Roberto M. Luis Simoes (CLT)	
DEPARTAMENTO DE ÓPTICA	
Jefe	
José Luis Rasilla Piñeiro (CL)	
Ingenieros/as	
M. Ángel Cagigas García (CLT)	Iciar Montilla García (CLT)
Ana Belén Fragosó López (CL)	Marta Puga Antolín (CLT)
Félix Gracia Tremich (CLT)	Silvia Regalado Olivares (CLT)

Maidier Insausti Múgica (CLT)	Jorge Sánchez-Capuchino Revuelta (CL)
Roberto López López (CL)	
DEPARTAMENTO DE SOFTWARE	
Jefe	
Carlos Martín Díaz (CL)	
Ingenieros/as	
Marta del C. Aguiar González (CL)	José Marco de la Rosa (CLT)
Jerónimo L. Bru Agullo (CLT)	Heidy Moreno Arce (CL)
M. Francisca Gómez Reñasco (CL)	Esperanza Páez Mañá (CL)
Francisco J. Hernández Hernández (CLT)	Jorge Quintero Nehrkorn (CLT)
Pablo López Ramos (CL)	Josefina Rosich Minguell (CL)
Manuel Luis Aznar (CLT)	
PROYECTOS	
Jefe	
Marcos Reyes García-Talavera (CL)	
Gestores/as	
Ángel Alonso Sánchez (CL)	José Miguel Herreros Linares (CL)
Manuel Amate Plasencia (CL)	Jesús Patrón Recio (CL)
Carmen M. Barreto Cabrera (CL)	M. Rosario Pérez de Taoro (CL)
Víctor M. González Escalera (CL)	Jacinto J. Vaz Cedillo (CLT)
PRODUCCIÓN	
Jefe	
Juan Calvo Tovar (CL)	
SERVICIOS INFORMATICOS ESPECÍFICOS (SIE)	
Héctor Rodríguez Rodríguez (CL)	
DELINEACIÓN TÉCNICA	
Juan Carlos Díaz Pérez (CL)	Juan José Perdigón Peña (CL)
TALLER DE MECÁNICA	
Jefe	
Alejandro Ruiz Sabina (CLT)	
Técnicos	
Juan José Dionis Díaz (CL)	Esteban González Díaz (CL)
Carlos A. Flores García (CL)	Pablo González Gómez (CL)
Higinio Gabino Pérez (CL)	Cristóbal Morell Delgado (CL)
Jesús Felipe García López (CL)	Ricardo Negrín Martín (CL)
Juan García Quintero (CLT)	
Almacén	
León Pérez Jacinto del Castillo (CL)	

ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS GENERALES

Administrador

Jesús Burgos Martín (AD)

Secretaria/Registro

Diana C. Paredes Martín (CL)

Responsable Administrativo

Álvaro Lavers Hernández (CL)

Gestión Financiación Externa

Rocío Alvaro Santimoneo (CLT)

M. José González Díaz (CL)

Sonia Sagrario Fumero de Sande (CL)

GERENCIA ADMINISTRATIVA

CONTABILIDAD

Jefe Departamento Contabilidad

Dionisio Pérez de la Rosa (CL)

Jefa Contabilidad

A. Delia García Méndez (CL)

María Delia Brito Suárez (CLT)

Raquel Dorta Bacallado (CLT)

Otilia de la Rosa Yanes (CL)

María Sandra González Bethencourt (CLT)

TESORERÍA

Ruth Fernández Ribera (CL)

José M. Rodríguez Acosta (CL)

Nieves Fátima Ferraz Gutiérrez (CL)

CONTRATACIÓN

Carmen Aloys García Suárez (CL)

Cristian Rodríguez Alonso (CLT)

M. Mónica Gutiérrez Hernández (CL)

Yolanda Zamora Expósito (CL)

Anabela Marcela Polanco Bieri (CLT)

GERENCIA OPERACIONAL

Gerente

Germán R. Pescador Rodríguez (CL)

MANTENIMIENTO GENERAL

Jefe de Taller

José Antonio Arvelo Dorta (CL)

Jefe de Mantenimiento

Sergio Medina Morales (CL)

Técnicos

Ramón Hernández Mendoza (CL)

Juan Manuel Martín Pérez (CL)

Conductor

Cándido Álvarez García (CL)

RECURSOS HUMANOS	
Responsable	
Alfonso Ruigómez Momeñe (CL)	
Personal	
Ana Belén Aguiar Sanabria (CLT)	M. Belén Rodríguez González (CL)
Lucía Olivia Hernández Tadeo (CL)	
Selección y contratación	
María Candelaria Báez Pestano (CLT)	Carmen Garcia de Sola Moyano (CL)
Yurena Expósito León (CLT)	M. José Rodríguez González (CL)
Unidad de Prevención de Riesgos Laborales	
Rosa Miriam Galván González (CL)	Luis A. Manadé Borges (CL)
OFICINA DE PROYECTOS INSTITUCIONALES Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN (OTRI)	
Gerente	
Anselmo C. Sosa Méndez (CLT)	
Ingenieros/as	
Pablo Carro Portos (CLT)	M. Alejandra Martín Gálvez (CLT)
Alberto M. Escobar Rodríguez (CLT)	Victor Manuel Quintero León (CLT)
Alfredo García Piñero (CLT)	Dahimar M. Sánchez Medina (CLT)
BIBLIOTECA	
Documentalista/Encargada	
Monique María Gómez (CL)	
Gestión Administrativa	
M. Eulalia Alsina Casals (CL)	Antonio J. Bacallado Abreu (CL)

DISTRIBUCIÓN Y PROCEDENCIA DEL PERSONAL DEL IAC

(a 31-12-2020)

	PO	CL	CLT	ULL	CSIC	V	AD	TOTAL
Astrofísicos	39	4	72	20	3	32	1	171
Técnicos		94	85					179
Administrativos	1	42	18				1	62
Doctorandos			56			6		62
TOTAL	40	140	231	20	3	38	2	474

	PO	ULL	CSIC	OTROS	TOTAL
PERSONAL FUNCIONARIO *	40	18	3	1	62
PERSONAL NO FUNCIONARIO		2		410	412
TOTAL	40	20	3	411	474

PERSONAL FIJO	205
PERSONAL TEMPORAL	269
TOTAL	474

* = Personal Funcionario

AD = Alta Dirección

CL = Contrato Laboral

CLT = Contrato Laboral Temporal

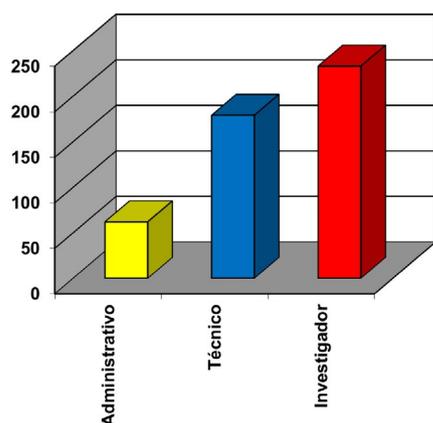
CSIC = Consejo Superior de Investigaciones Científicas

PO = Plantilla Orgánica del IAC

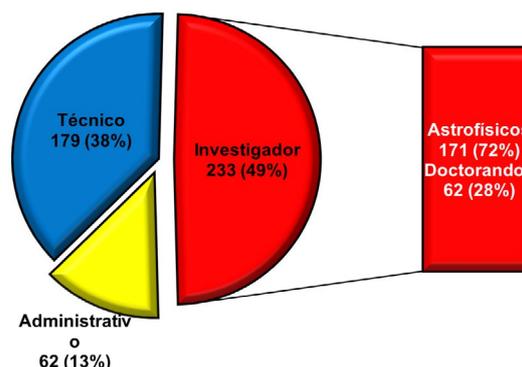
ULL = Universidad de La Laguna

V = Varios (becas, colaboradores, etc.)

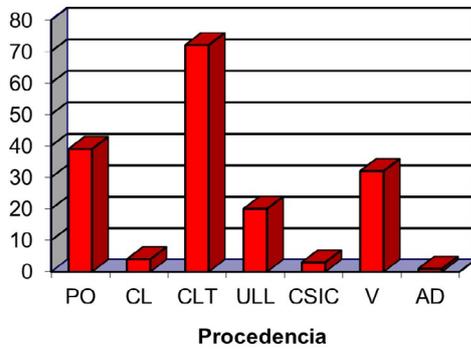
PERSONAL DEL IAC



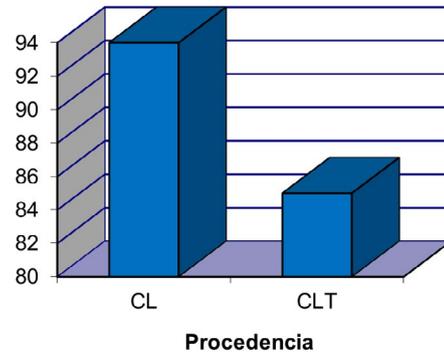
PERSONAL DEL IAC



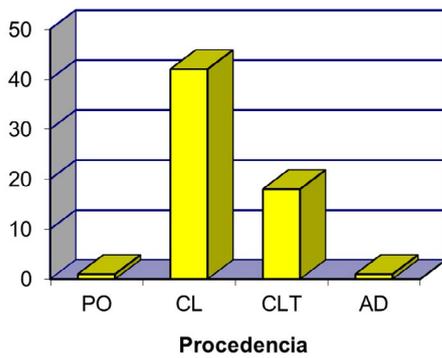
ASTROFÍSICOS



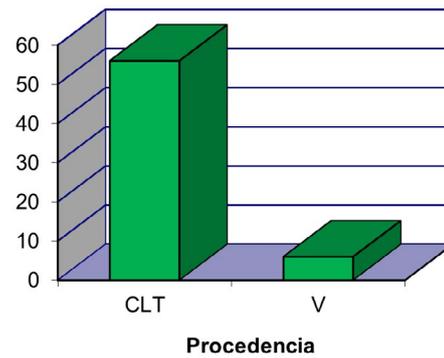
TÉCNICOS



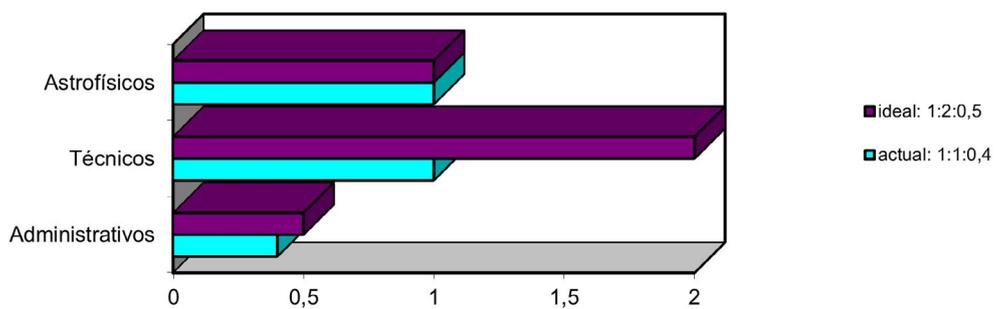
ADMINISTRATIVOS



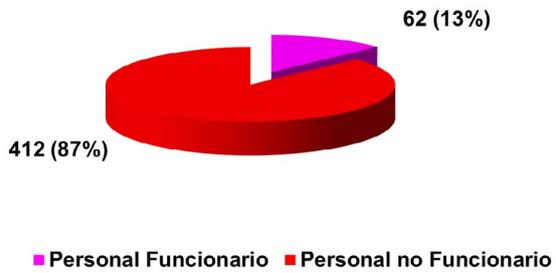
DOCTORANDOS



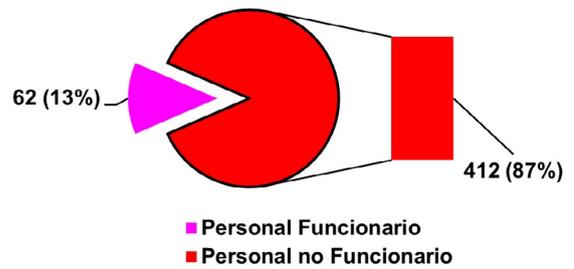
RELACIÓN
Astrofísicos: Técnicos: Administrativos



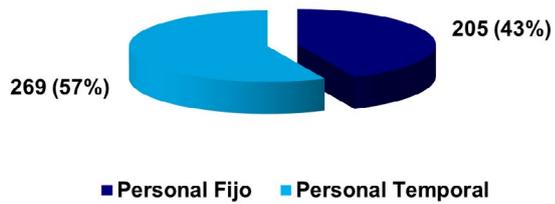
TOTAL 474



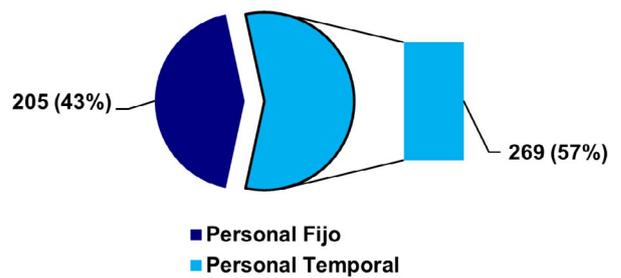
TOTAL 474



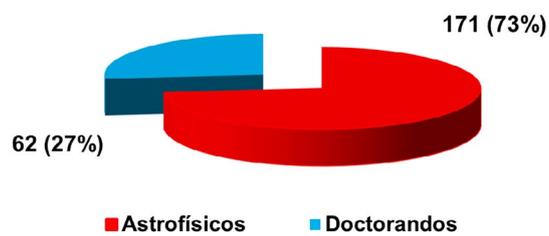
TOTAL 474



TOTAL 474



PERSONAL INVESTIGADOR



DIRECCIONES Y TELÉFONOS



INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS



* INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS (IAC)

(TENERIFE)

C/ Vía Láctea s/n
E-38205 LA LAGUNA - TENERIFE
ESPAÑA
Teléfono: (34) 922-605200
Fax: (34) 922-605210
E-mail: secadm@iac.es
Web: <http://www.iac.es>



* CENTRO DE ASTROFÍSICA DE LA PALMA (CALP)

(LA PALMA)

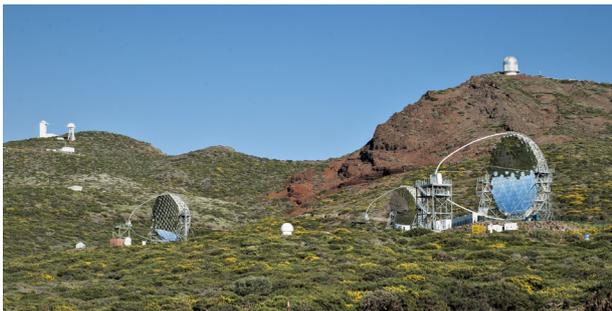
Apartado de Correos 50
Cuesta de San José s/n
E-38712 BREÑA BAJA (LA PALMA)
ESPAÑA
Teléfono: (34) 922-425700
Fax: (34) 922-425701
E-mail: @recepicalp@iac.es



* OBSERVATORIO DEL TEIDE (OT)

(TENERIFE)

Teléfono: (34) 922-329100
Fax: (34) 922-329117
E-mail: @teide@iac.es



* OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (ORM)

(LA PALMA)

Apartado de Correos 303
E-38700 SANTA CRUZ DE LA PALMA
ESPAÑA
Teléfono: (34) 922-405500
Fax: (34) 922-405501
E-mail: @adminorm@iac.es



* IACTEC

(TENERIFE)

Edificio IACTEC, Parque Tecnológico y Científico
de las Mantecas
E-38320 SANTA CRUZ DE TENERIFE
ESPAÑA
Teléfono: (34) 922-605200
Fax: (34) 922-605210
E-mail: info.iactec@iac.es





MEMORIA 2020