



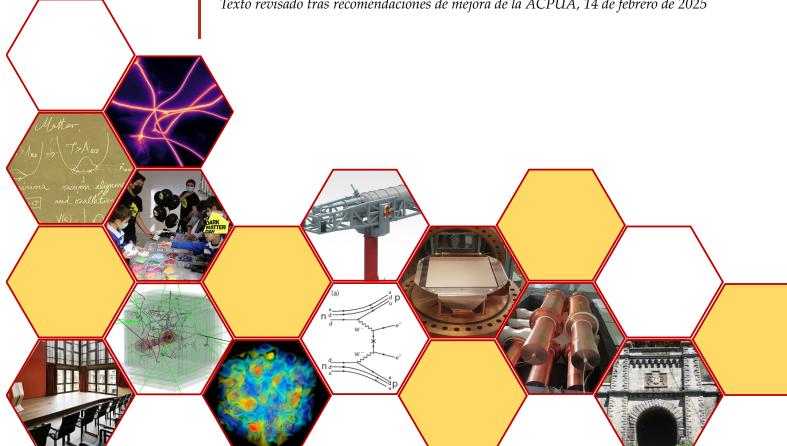
## Memoria de Creación del Instituto Universitario de Investigación Propio de la Universidad de Zaragoza Centro de Astropartículas y Altas Energías (CAPA)

Entidad promotora:

Universidad de Zaragoza

Zaragoza, 15 de enero de 2024

Texto revisado tras recomendaciones de mejora de la ACPUA, 14 de febrero de 2025



Ín	ndice general	2			
1	Características generales	7			
	1.1. Denominación	7			
	1.2. Entidad promotora y titularidad	7			
	1.3. Ubicación	8			
	1.4. La comunidad investigadora	8			
2	Antecedentes				
	2.1. Inicios	14			
	2.2. Pioneros de la física subterránea	15			
	2.3. Consolidación y primeros grandes proyectos	16			
	2.4. Física de axiones	17			
	2.5. El centro CAPA	18			
3	Contexto nacional e internacional	19			
	3.1. Contexto internacional	19			
	3.2. Contexto nacional	20			
	3.3. Relaciones existentes con centros de investigación de Aragón	22			
	3.4. Análisis DAFO	25			
	3.5. Impacto previsible del futuro instituto	25			
4	Objetivos del Instituto	33			
5	Areas temáticas y líneas de investigación				
	5.1. Detección directa de materia oscura	35			
	5.2. Modelización de materia oscura en galaxias	36			
	5.3. Física de axiones: teoría y detección	37			

	5.4.	Física de neutrinos: desintegración beta doble	38
	5.5.	Radiactividad y técnicas de ultra bajo fondo	39
	5.6.	Desarrollo de nuevos detectores de partículas	39
	5.7.	Teorías gauge en el retículo	40
	5.8.	Aplicaciones de la teoría de campos en información cuántica y materiales topológicos	41
	5.9.	Fenomenología del Modelo Estándar de Física de Partículas y nueva física más allá del Modelo Estándar	41
	5.10	. Teorías mas allá de la Relatividad General	42
	5.11.	. Fenomenología de gravedad cuántica	43
	5.12	. Sistemas híbridos clásico-cuánticos y sus implicaciones en teoría de campos: geometrodinámica híbrida	44
6	Acti	vidades de formación y divulgación	45
	6.1.	Tesis y otros trabajos académicos	46
	6.2.	Máster en Física del Universo	46
	6.3.	Cursos y escuelas	47
	6.4.	Hands on particle physics	48
	6.5.	Dark matter day	49
	6.6.	Noche europea de los investigadores e investigadoras	50
	6.7.	Otras actividades	50
7	Estr	ructura y Reglamento	53
	7.1.	Reglamento	53
	7.2.	Estructura	53
8	Estu	idio de viabilidad	55
	8.1.	Viabilidad científica	55
	8.2.	Viabilidad técnica	57
	8.3.	Viabilidad económica	59
9	Defi	nición estratégica	63
	9.1.	Planteamiento general y justificación	63
Aı	nexo A	A Propuesta de reglamento interno	73
Aı	nexo E	3 Lista de proponentes	89
Aı	nexo (	C Proyectos recientes	93
Aı	пехо Г	O Tesis recientes defendidas y en curso	103
		Tesis doctorales defendidas en el periodo 2019-2023	103
		Tesis doctorales en curso	104
			107
		Trabajos fin de grado en el periodo 2019-2023	109

Anexo E Participación y organización de congresos	119
E.1. Organización de congresos	119
E.2. Participación en congresos	126
Anexo F Actividades de formación	151
F.1. Cursos y escuelas	151
Anexo G Actividades de divulgación	155
Anexo H Equipamiento científico	167
H.1. Detectores de germanio	167
H.2. IAXOlab	168
H.3. AlphaCAMM	169
H.4. ANAIS	169
H.5. IAXO-D0 e IAXO-D1	171
H.6. TREX-DM	172
H.7. Equipamiento informático	174
H.8. LABAC	175
H.9. Infraestructura futura del CAPA	176
Anexo I Publicaciones recientes	179

## **Preámbulo**

La comunidad investigadora de la Universidad de Zaragoza en las disciplinas de física de altas energías, física nuclear y de partículas, astrofísica, cosmología, astropartículas y física teórica, así como en desarrollos tecnológicos asociados a estas disciplinas, tiene una larga y reconocida trayectoria. En algunas líneas de investigación en esos ámbitos, Zaragoza no solo ha sido muy activa sino que se considera pionera, y disfruta de un amplio reconocimiento nacional e internacional. Un ejemplo paradigmático es el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC), cuya existencia en Aragón es fruto de dicha trayectoria. Actualmente consolidado como una infraestructura científico-técnica singular, con un ámbito de actuación claramente internacional, su origen está en las pioneras instalaciones que el grupo de investigación de física nuclear y astropartículas de la Universidad de Zaragoza creó en el túnel ferroviario del Canfranc en los años 80 y 90 del siglo pasado.

A pesar de toda esta trayectoria, la comunidad referida no disponía de una estructura institucional en la Universidad para canalizar adecuadamente esta actividad investigadora. Esto empezó a cambiar en 2019, con la creación del *centro* de investigación homónimo al instituto que se propone en esta memoria. La existencia del CAPA estos últimos años está probando las capacidades catalizadoras que este tipo de estructura puede proveer a la comunidad investigadora, en términos, por ejemplo, de una mayor visibilidad de las investigaciones, promoción de sinergias entre grupos de investigación o con otros centros del ecosistema investigador aragonés y, en general, de una mejor capitalización de las actividades realizadas, no solo investigadoras, sino también de formación de estudiantes y de divulgación a la sociedad. A pesar de que la creación del CAPA no venía con ninguna asignación de recursos propios, los indicadores en términos de atracción de fondos en convocatorias competitivas de investigación o la atracción de nuevo talento joven en convocatorias de excelencia ha mejorado desde que el centro existe.

La creación del instituto descrito en esta memoria descansa pues en la experiencia positiva del *centro* CAPA de estos años. Pero también en la constatación de que hay todavía margen de mejora en términos, por ejemplo, de explotación de oportunidades y sinergias con, y entre, otros centros relacionados en nuestra propia región. Aparte del LSC ya referido, otros organismos como el Centro de Ciencias Pedro Pascual de Benasque (CCPPB), o el Centro de Estudios de Física del Cosmos (CEFCA) en Teruel o el Instituto Tecnológico de Aragón (ITAinnova) realizan actividades investigadoras relacionadas y complementarias a las de la comunidad CAPA en la Universidad. Con estos dos últimos, de hecho, se han iniciado varias actividades de colaboración científica recientemente. El centro ha permitido, asimismo, identificar conexiones con la actividad de otros institutos universitarios. Por tanto, el

nuevo instituto nace con la vocación de establecer colaboraciones, o fortalecer e intensificar las presentes, con todos aquellos organismos que en Aragón realizan investigación relacionada con la temática del CAPA. Para ello se prevé la creación de convenios de colaboración bilaterales u otro tipo de estructuras colaborativas que se juzguen pertinentes. En particular, se han iniciado ya los primeros pasos para la realización de convenios con el LSC, el CEFCA y el ITAinnova. De esta forma, el futuro instituto CAPA permitirá ahondar aun más en las sinergias pendientes en el sistema investigador aragonés en estos campos, y conseguir una mejor capitalización de los ingentes activos y capacidades que Aragón posee en estos ámbitos. En definitiva, el instituto propuesto dotará a la comunidad aragonesa de nuevas herramientas para poder afrontar los enormes retos que supone la investigación de excelencia, compitiendo al más alto nivel internacional en estos campos.

## Características generales

En este capítulo se precisarán la denominación, naturaleza y características del instituto propuesto, así como la comunidad investigadora de la Universidad de Zaragoza en la que se sustenta. Se anticipan los objetivos del mismo, sus líneas de actuación principales, y las acciones estratégicas, que se desarrollan en más detalle en los capítulos posteriores. El ámbito del instituto está restringido a un grupo de disciplinas relativamente específico, que no tienen cabida en ninguno de otros institutos actuales y que son de gran importancia estratégica para nuestra región, y de gran relevancia en el panorama actual de la ciencia básica de frontera. Esto dota a la presente propuesta de cierta singularidad que se desarrollará a lo largo del resto de la memoria. Como se ha comentado en el preámbulo, las características del instituto propuesto se basan en gran medida en las del centro de investigación homónimo que ya existe en la Universidad de Zaragoza desde 2019. La comunidad proponente del nuevo instituto coincide, en gran medida, con los integrantes del actual centro, cuya capacidad investigadora, proyectos de investigación y resultados de investigación recientes se describirán brevemente a continuación.

#### 1.1 | Denominación

Se propone como denominación del nuevo instituto el mismo nombre utilizado en el actual centro: *Centro de Astropartículas y Física de Altas Energías*, con el acrónimo de *CAPA*. Esta denominación resulta muy identificativa y original al compararla con otros institutos de temática similar en el panorama nacional y europeo. Por otro lado las palabras clave usadas ("astropartículas" y "altas energías") entendidas ampliamente, enmarcan adecuadamente todas las disciplinas que pretende abarcar el instituto. Finalmente, el nombre de CAPA, a pesar de ser de cuño reciente, está ya consolidado y es ampliamente reconocido en la comunidad científica. Dada la continuidad que el nuevo instituto representa con respecto al actual centro, parece pertinente capitalizar el renombre y prestigio del que la actual denominación ya disfruta.

#### 1.2 | Entidad promotora y titularidad

El futuro instituto se propone con la figura de Instituto Propio de Investigación, y por tanto será una entidad jurídicamente dependiente de la Universidad de Zaragoza —CIF: Q-5018001G, C. Pedro Cerbuna, 12. 50009,

Zaragoza—. A pesar de esto, el Instituto nace con la vocación de establecer estrechas colaboraciones con todos aquellos organismos que en Aragón realizan investigación relacionada con la temática del CAPA, y actuar de hecho como un agente sinérgico que multiplique las capacidades del ecosistema investigador aragonés en estos campos, para lo cual se prevé la creación de convenios de colaboración u otro tipo de estructuras colaborativas que se juzguen pertinentes.

#### 1.3 | Ubicación

Sin perjuicio de que en algún momento pueda concretarse la aspiración de habilitar un espacio propio para el futuro instituto, la ubicación actual del CAPA será inicialmente en las dependencias de la Facultad de Ciencias, centro al que se adscriben la mayor parte de los investigadores integrados en el CAPA actual. En esta ubicación se instalarán tanto la secretaría como la Dirección del instituto. Al mismo tiempo, podrán usarse algunas instalaciones en otros centros (por ejemplo, en estos momentos, en el edificio CIRCE, o en el LSC), que en virtud de proyectos o convenios, han sido desarrollados o adquiridos por algunos de los investigadores que han manifestado su interés en pertenecer al Instituto que se propone crear.

#### 1.4 | La comunidad investigadora

La comunidad investigadora que apoya esta propuesta es prácticamente coincidente con los integrantes actuales del *centro* CAPA. Esta consiste en 74 investigadores y tecnólogos de la Universidad de Zaragoza, que hasta la

Personal investigador permanente o tenure-track:			
Catedrático de Universidad	9		
Profesor Titular de Universidad	11		
Profesor Contratado Doctor	2		
Profesor emérito, colaborador extraordinario	6		
Contratados tenure-track	10		
Total	38		
Personal investigador no permanente, personal técnico y de	e administración:		
Contratados Postdoctorales	4		
Contratados Predoctorales	22		
Profesores interinos	1		
Personal técnico y administrativo	9		
Total	36		
Total del personal del Instituto	74		

Tabla 1.1: Comunidad proponente del Instituto por categorías.

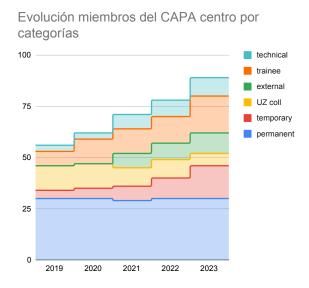


Figura 1.1: Evolución de los miembros del actual centro CAPA, desde su creación en 2019, desagregado por categorías. Algunas notas sobre las categorías: "temporary" hace referencia a los investigadores contratados postdoctorales o profesores interinos, e incluye también las figuras *tenure-track*; "UZ coll" hace referencia a la categoría de colaboradores reconocida por UNIZAR, típicamente profesores eméritos/honorarios o en centros adscritos. Para más información referirse al informe anual del CAPA.

fecha han mostrado interés en solicitar la adscripción al nuevo instituto. De ellos, un total de 38 son investigadores permanentes (o con contratos *tenure-track*<sup>1</sup>) de la Universidad de Zaragoza, pertenecientes a distintas categorías, y el restos son investigadores no permanentes, postdoctorales o predoctorales, y personal técnico de apoyo. La lista completa de estos investigadores se incluye en el anexo B. En la tabla 1.1 estos números se desglosan por categorías.

Los grupos de investigación reconocidos por el Gobierno de Aragón, a los que actualmente pertenecen los investigadores mencionados, se listan en la tabla 1.2. También se listan otros grupos que, aunque pertenecen a otros institutos o centros, realizan labor relativamente cercana a la actividad investigadora del CAPA, a menudo en colaboración estrecha con investigadores del CAPA. Aunque evidentemente estos grupos no se incluyen en la comunidad proponente listada en el anexo B, es previsible que algunos de sus miembros se incorporen al futuro instituto, una vez creado, mediante la figura del miembro asociado. Similarmente, se lista en la tabla 1.2 los centros u organismos que en Aragón realizan una actividad relacionada con la investigación del CAPA, y cuyo apoyo explícito a la creación del nuevo instituto se ha recabado durante la preparación de esta memoria.

Finalmente, es ilustrativo ver la evolución del número de miembros del actual centro CAPA desde su creación en 2019 en la figura 1.1<sup>2</sup>. Como se observa, el número de miembros del CAPA ha seguido una tendencia fuertemente creciente, llegando a un incremento de más del 40 % durante el primer quinquenio. Este incremento se debe principal-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Denominamos *tenure-track*, en el contexto de la presente memoria, a contratos de excelencia investigadora postdoctoral (Ramón y Cajal, Marie Curie, María Zambrano, Beatriz Galindo o similares), que, según la normativa actual, derivarán previsiblemente, bajo ciertos condicionantes (consecución de certificado I3/R3, acreditación ANECA correspondiente) en un puesto permanente en la U. de Zaragoza.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Nótese que el número de esta gráfica no concuerda con el número de investigadores proponentes del nuevo instituto. Esto es debido a que se han excluido aquellos miembros del actual centro que son personal de otros institutos o centros externos a UNIZAR.

mente al crecimiento de investigadores en formación y postdoctorales, y es paralelo al crecimiento de la investigación del CAPA, en términos de fondos captados por proyectos, en ese mismo periodo, indicador que se discutirá más adelante (capítulo 8). La adscripción de miembros externos también ha contribuido a este crecimiento. Parte de este crecimiento viene también por un creciente éxito en la captación de talento en convocatorias competitivas externas, tanto predoctorales como postdoctorales. Estas últimas habitualmente disfrutan de condiciones tipo *tenure-track*, es decir, con perspectivas de estabilización en el corto plazo. Esto augura que el crecimiento mostrado en la figura 1.1 continuará en el futuro próximo y te trasladará también a la categoría de investigadores permanentes del CAPA. Estas consideraciones se usarán en el capítulo 8 para realizar previsiones de ingresos del nuevo instituto.

En definitiva, la comunidad proponente del futuro Instituto cuenta con la masa crítica necesaria y una posición central y sinérgica en el ecosistema investigador aragonés, que garantiza la viabilidad de la propuesta, algo que se analiza más en detalle en el capítulo 8.

Grupos de investigación reconocidos a los que pertenecen los miembros del futuro Instituto:			
Acrónimo o referencia	Nombre		
GIFNA (E27_23R)	Grupo de Investigación en física nuclear y de astropartículas		
GTFAE (E21_23R)	Grupo Teórico de Física de altas energías		
E48_23R	Grupo de Investigación en análisis y física matemática		
Otros grupos de in	vestigación en Aragón con actividad relacionada o en colaboración con CAPA:		
Acrónimo o referencia	Nombre		
IODIDE (T17_23R)	Integración y desarrollo de sistemas de Big Data y eléctricos (ITAinnova)		
E16_23R	Astrofísica con grandes cartografiados (CEFCA)		
QMAD (E09_23R)	Quantum Materials and Devices (INMA)		
Otros centros u	organismos de Aragón actividad relacionada o en colaboración con CAPA:		
Acrónimo	Nombre		
LSC	Laboratorio Subterráneo de Canfranc		
CEFCA	Centro de Estudios en Física del Cosmos de Teruel		
ITAinnova	Instituto Tecnológico de Aragón		
ССВРР	Centro de Ciencias de Benasque Pedro Pascual		
INMA	Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón		
BIFI	Instituto de Biocomputación y Física de Sistemas Complejos		

Tabla 1.2: Grupos de investigación del CAPA, y otros grupos y centros relacionados.

### **Antecedentes**

El descubrimiento del bosón de Higgs en 2012 ha supuesto la culminación del Modelo Estándar de las interacciones y partículas fundamentales, la teoría que describe con gran precisión la física observada en los aceleradores de partículas. Existen, aun así, interrogantes acerca de ciertos aspectos de esta construcción teórica (como su consistencia interna, o qué determina su contenido de campos y simetrías fundamentales), así como algunas observaciones experimentales que quedan más allá del modelo (oscilaciones de neutrinos, materia oscura y energía oscura). La esperanza de que el Large Hadron Collider (LHC) permitiera obtener indicaciones para la resolución de estas cuestiones no se ha visto, de momento, satisfecha. La Física de Astropartículas, sin embargo, ha surgido como un campo relativamente reciente que, debido a los avances en detectores e infraestructuras, promete dar respuestas a estas y otras preguntas, gracias a su peculiar forma de aunar los campos de la Física de Partículas, la Cosmología y la Astrofísica. En los últimos años se ha alcanzado un hito en la Física de Astropartículas, al obtenerse la primera detección conjunta de ondas gravitacionales y rayos gamma, dos "mensajeros" provenientes del mismo suceso astrofísico, augurando un brillante futuro para el desarrollo de la llamada "astronomía multimensajera".

El progreso en estas disciplinas ha acrecentado sus profundas interconexiones y sugiere la sinergia entre especialistas y el estímulo de perfiles investigadores transversales que permitan abordar los retos mencionados. En este sentido, la Universidad de Zaragoza dispone de varios grupos de investigación con una gran tradición y experiencia en estos campos, tanto en su vertiente teórica como experimental. La creación del Instituto Universitario de Investigación *Centro de Astropartículas y Física de Altas Energías* como marco común para este tipo de investigación y formación especializada permitirá un mejor aprovechamiento de este potencial científico, así como incrementar su visibilidad y favorecer sus opciones frente a convocatorias competitivas nacionales e internacionales.

La relación entre dicho Instituto y otros centros e instituciones asentados en Aragón, como el Centro de Ciencias de Benasque Pedro Pascual (CCBPP), el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC), y el Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón (CEFCA), conformará un particular mapa con el potencial de consolidar Aragón como referente internacional de este dominio de la física.

#### 2.1 | Inicios

Los orígenes de la investigación en física de partículas en la Universidad de Zaragoza se remontan a los años sesenta del siglo pasado, pero su consolidación ocurrió en los años ochenta coincidiendo con la incorporación de prestigiosos jóvenes investigadores con experiencia internacional en el campo de la física de altas energías. En esa misma década, desde lo que actualmente se conoce como grupo de Física Nuclear y Astropartículas (GIFNA) de la Universidad de Zaragoza, se inició el desarrollo de varios experimentos en el túnel ferroviario de Canfranc. Esta original iniciativa marcó un hito en la evolución de la física experimental de astropartículas en España. En la actualidad, el Laboratorio Subterráneo de Canfranc —la primera Infraestructura Científica y Técnica Singular (ICTS) de la Comunidad Autónoma de Aragón y una de las primeras en España— se ha consolidado como un laboratorio internacional en el que investigan científicos de más de veinte países. Tanto en su creación como en su desarrollo y consolidación, los investigadores de grupo GIFNA han sido motores fundamentales del LSC, especializándose en la física de sucesos poco probables y, en particular, en experimentos de búsqueda de materia oscura o del estudio de las propiedades del neutrino. El grupo GIFNA ostenta la condición de Unidad Científica Asociada al LSC y, además de coordinar y participar en varios experimentos aprobados por el laboratorio, participa en actividades de carácter científico y tecnológicas (medida de radiopureza de materiales, electroformación de cobre) y en actividades de gestión (Comisión ejecutiva, comité de acceso a los servicios científico-tecnológicos) del LSC. Otra iniciativa del grupo iniciada en la década de los noventa fue la creación de un LAboratorio de Bajas ACtividades (LABAC) para la medida de la radiactividad medioambiental que ofrece a la comunidad universitaria, a otros centros de investigación y a empresas, unas instalaciones que permiten la caracterización radiológica de muestras orgánicas e inorgánicas.

En paralelo, el grupo de física teórica de la Universidad de Zaragoza desarrolló poderosas técnicas en la teoría de campos cuánticos, tanto analíticas como numéricas, que fueron pioneras en el área de las altas energías. En su seno se desarrollaron las primeras simulaciones numéricas realizadas en España basadas en primeros principios del Modelo Estándar de partículas. En el año 1991, el grupo teórico de altas energías, en colaboración con la Universidad Complutense de Madrid y la Sapienza de Roma, diseñó y construyó una máquina de procesamiento paralelo a la que se denominó Reconfigurable Transputer Network (RTN), exclusivamente dedicada al cálculo de redes de espines y teorías de campos. Esa fue la primera máquina construida en España con la tecnología de los procesadores llamados "transputers", que no solo supuso un avance tecnológico, sino que también permitió al grupo realizar los cálculos numéricos más precisos de teorías de campos realizados hasta el momento en España.

El grupo teórico de altas energías de la Universidad de Zaragoza, cuyos miembros participan en esta propuesta de centro de investigación, ha recibido ininterrumpidamente financiación a nivel autonómico, nacional y a través de colaboraciones internacionales durante los últimos treinta años. La labor de investigación de dicho grupo ha dado lugar a aportaciones reconocidas internacionalmente en diferentes líneas, entre las que cabe mencionar, por su especial relevancia, las relacionadas con los estudios no perturbativos de teoría cuántica de campos y sus aplicaciones en física de partículas y con la fenomenología más allá del Modelo Estándar de Física de Partículas. Cabe resaltar que en su seno se realizó la primera página web de Aragón y una de las cinco primeras de España.

También en los años noventa, un equipo de investigadores en física de altas energías de la Universidad de Zaragoza, en colaboración con colegas de la Universidad de Barcelona, impulsaron la creación del Centro de Ciencias Pedro Pascual en Benasque, que actualmente se ha consolidado como uno de los centros europeos de referencia para la realización de encuentros, reuniones y conferencias internacionales en el ámbito de la Física. Tanto el LSC como

el CCBPP son infraestructuras aragonesas que se encuentran ligadas al grupo de profesores e investigadores de la Universidad de Zaragoza que promueve la creación del Instituto CAPA.

#### 2.2 | Pioneros de la física subterránea

A mitad de los años ochenta, con la intención de localizar un laboratorio subterráneo donde realizar experimentos de física nuclear y de astropartículas, el grupo de Física Nuclear y Altas Energías (que luego se renombraría como grupo de investigación en física nuclear y astropartículas, GIFNA) de la Universidad de Zaragoza, liderado por Ángel Morales, examinó el emplazamiento del túnel de ferrocarril de Canfranc. Se trataba de un emplazamiento sin ninguna infraestructura salvo la existencia de dos pequeñas salas de apenas  $10 \text{ m}^2$  cada una de ellas situadas a 780 metros de la entrada española del túnel a una profundidad de 675 metros equivalentes de agua (m.w.e). En el año 1986 se acondicionaron las dos salas que constituirían lo que posteriormente se denominó el Laboratorio 1. En 1989 se puso en marcha en la sala oeste el primer experimento del laboratorio (denominado  $\beta\beta$ -gamma): se trataba de un experimento de búsqueda de la desintegración doble beta del  $^{76}$ Ge con el fin de estudiar la naturaleza y masa del neutrino.

En 1991 se instaló sobre las vías del tren un nuevo módulo prefabricado de 27 m². Este módulo, junto con el ya existente, se emplazó en una nueva localización a 1200 metros de la entrada española (a una profundidad de 1380 m.w.e.); en este emplazamiento se acondicionó (red eléctrica, teléfono, ventilación, etc.) lo que constituyó el Laboratorio 2. En este periodo el grupo de Zaragoza dio un paso importante a nivel internacional al coliderar la colaboración COSME (el primer experimento de búsqueda directa de materia oscura realizado en España) y, sobre todo, al coliderar la colaboración IGEX. Esta última trataba de la búsqueda de la doble desintegración beta sin emisión de neutrinos del <sup>76</sup>Ge utilizando detectores de germanio hiperpuro enriquecidos isotópicamente al 86 % en <sup>76</sup>Ge. En ella participaban también grupos americanos y rusos.

En 1994, durante la realización de las obras del túnel de carretera del Somport, la Dirección General de Carreteras de la Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transportes del Ministerio de Transporte ejecutó, a su cargo, las obras de excavación y adecuación de un nuevo laboratorio de 118 m² a 2520 metros de la entrada española y una profundidad de 2450 m.w.e. En esta nueva instalación, denominada Laboratorio 3 (o posteriormente Lab2500), que estaba operativa a principios de 1995, se instaló la Fase 2 de IGEX que consistía en tres detectores de 2 kg de masa activa cada uno en un blindaje de bajo fondo.

Los resultados experimentales obtenidos durante estos años colocaron al Laboratorio de Canfranc en primera línea en la investigación en el campo de la física nuclear y de astropartículas. Esto fue fundamental para que los organismos competentes aprobaran hacer una ampliación del laboratorio que permitiese un nuevo salto cualitativo: el actual Laboratorio Subterráneo de Canfranc, LSC. Un hito importante, ya entrado el presente siglo, fue el proyecto ILIAS durante los años 2004-2009, del programa "iniciativa de infraestructura integrada" del Programa Marco FP6 de la UE, en el que Zaragoza-Canfranc participó como uno de los nodos. Esto permitió consolidar al grupo experimental de la Universidad Zaragoza como uno de los centros europeos de la física subterránea, y al LSC como el segundo nodo en la red europea de laboratorios subterráneos.

Actualmente, el LSC1 es una infraestructura cientifico-técnica singular (ICTS) multidisciplinar, gestionada por

<sup>1</sup>https://lsc-canfranc.es/

un consorcio entre el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, el Gobierno de Aragón y la Universidad de Zaragoza. Cuenta con un total de 1.600 m² de superficie y un volumen de 10.000 m³ en el laboratorio subterráneo, además de diversos servicios e infraestructura específica de apoyo, tanto en el laboratorio subterráneo como en el edificio sede en superficie. La infraestructura principal subterránea, denominada LAB2400, se divide en Hall A, el área experimental de mayor superficie con 600 m², Hall B y C y área de servicios. El resto de las infraestructuras subterráneas anexas se denominan LAB2500 y LAB780 respectivamente, según su distancia a la boca española del túnel ferroviario (los antiguos laboratorios 1 y 3). Actualmente más de 20 colaboraciones nacionales e internacionales, con más de 260 científicos e ingenieros de 50 instituciones, llevan a cabo sus investigaciones en el LSC en la frontera entre la física de astropartículas, la geodinámica o la biología².

En virtud de la trayectoria pionera descrita, el grupo de investigación de física nuclear y astropartículas (GIFNA) de la Universidad de Zaragoza, tiene actualmente la condición de *grupo asociado* al LSC.

#### 2.3 | Consolidación y primeros grandes proyectos

En la primera década del presente siglo, la comunidad investigadora en física nuclear y de partículas, tanto experimental como teórica, de la Universidad de Zaragoza, que en ese momento se articulaba en varios grupos de investigación del Gobierno de Aragón, y que ya entonces gozaba de gran prestigio, tanto a nivel nacional como internacional, se convirtió en un nodo del proyecto CPAN (Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear) del programa Consolider-Ingenio 2010. El proyecto CPAN se originó con el objetivo de crear un centro a nivel nacional en estos campos de investigación. Aunque este objetivo está todavía pendiente, el CPAN se ha consolidado como una red temática, activa todavía actualmente, que ayuda a coordinar y establecer un marco de colaboración estable entre las instituciones firmantes en el campo de la investigación, innovación y desarrollo tecnológico en Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear<sup>3</sup> en España. Este proyecto contribuyó a aunar las sinergias de los distintos grupos aragoneses y a consolidar su peso específico en el panorama científico nacional.

Simultáneamente a la creación del CPAN, y con el objetivo de desarrollar específicamente este nuevo campo, surge también dentro del marco del programa Consolider-Ingenio 2010, un proyecto paralelo, MultiDark (Método de Multimensajeros para la Detección de Materia Oscura), que aborda directamente la estructuración de la investigación a nivel nacional en la búsqueda de materia oscura en todas sus vertientes. El grupo de la Universidad de Zaragoza se integró como un nodo relevante en dicho proyecto, lo que ha permitido impulsar el experimento ANAIS, que en la actualidad está tomando datos en el LSC y que opera el grupo de la Universidad de Zaragoza. Un tercer proyecto del programa Consolider-Ingenio 2010, denominado Canfranc Underground Physics (CUP), que fue uno de los financiadores iniciales del experimento NEXT actualmente en operación en el LSC, contó también en sus inicios con una muy importante participación de miembros de la Universidad de Zaragoza.

Otro elemento que contribuyó a la evolución del grupo experimental fue la obtención en 2008 de un Starting Grant del European Research Council (proyecto TREX, IP Igor G. Irastorza) para el desarrollo de un nuevo tipo de detectores orientados a la detección de materia oscura y otros sucesos poco probables. El progreso en tales dispositivos ha resultado de la experiencia obtenida por el grupo en distintas colaboraciones internacionales. La consecución de este proyecto ha consolidado el reconocimiento internacional que el grupo ha ido atesorando durante

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>https://es.wikipedia.org/wiki/Laboratorio\_Subterraneo\_de\_Canfranc

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup>https://www.i-cpan.es/

2.4. Física de axiones

la última década sobre los detectores objeto de estudio por TREX. Una de las consecuencias más importantes de este proyecto ha sido el desarrollo y propuesta de un nuevo experimento de búsqueda de materia oscura, denominado TREX-DM, aprobado en 2017 por el LSC, y actualmente en fase de toma de datos.

En 2018, miembros del entonces futuro CAPA lideraron una propuesta de Acción COST titulada Fenomenología de gravedad cuántica dentro de una perspectiva multimensajero, que resultó financiada por la organización COST (Action Chair José Manuel Carmona). Durante su duración (2019-2023), este proyecto aglutinó a más de doscientos investigadores de 28 países europeos y 10 no europeos. La creación y coordinación desde el CAPA de esta red de físicos teóricos y experimentales expertos en distintas áreas de la fenomenología de los mensajeros cósmicos (rayos gamma, neutrinos y rayos cósmicos de muy alta energía, así como ondas gravitacionales), todavía activa tras la finalización del proyecto COST, ha contribuido a dar visibilidad y renombre internacional al CAPA en el campo de la física de astropartículas.

#### 2.4 | Física de axiones

A finales del siglo pasado el grupo experimental participó en la propuesta del experimento CAST (CERN Axion Solar Telescope) en el CERN, que reutilizó un potente imán del Large Hadron Collider (LHC) para reconvertirlo en un helioscopio de axiones. Esta configuración consiste en apuntar el imán al Sol para buscar la conversión de axiones en rayos X potencialmente detectables. CAST comenzó la fase de toma de datos los primeros años del presente siglo y ha estado activo hasta 2021. Esta iniciativa supuso la primera participación de investigadores de Zaragoza en una colaboración experimental con el CERN, y el inicio de una línea de investigación en física de axiones que ha dado importantes frutos y que actualmente es una de las señas de identidad de la comunidad CAPA. Científicos del grupo de la Universidad de Zaragoza han participado en CAST desde su comienzo, pero su contribución al experimento ha ido creciendo en relevancia y visibilidad desde entonces.

En los últimos años, se ha gestado un ambicioso proyecto internacional, en parte concebido como el sucesor de CAST, denominado Observatorio Internacional de Axiones (IAXO). El papel de liderazgo de la Universidad de Zaragoza en este proyecto, tanto a nivel teórico como experimental, es reconocido internacionalmente. La colaboración IAXO fue fundada formalmente en 2017, y desde entonces se ha consolidado como uno de los proyectos más importantes en la escena experimental internacional, especialmente desde la ultima actualización de la Estrategia Europea para la Física de Partículas que acabó en 2022. La primera fase, en la que se aspira a construir una versión a escala reducida, pero relevante técnica y científicamente, denominado BabyIAXO, recibió el reconocimiento de una Advanced Grant del ERC en 2018. También ha sido crucial la contribución del grupo teórico al concepto del llamado haloscopio dieléctrico de axiones, para la detección del axion de Materia Oscura, que ha sido la idea sobre la cual se ha formado el proyecto MADMAX, otro de los proyectos experimentales de axiones más importantes en Europa. Finalmente, el grupo experimental también impulsa RADES, otro proyecto que explora nuevas implementaciones del haloscopio de axiones, entre ellas una que haría uso del volumen del imán de BabyIAXO. Uno de los objetivos de RADES es el uso de tecnologías cuánticas que están actualmente emergiendo como parte de la llamada segunda revolución cuántica, para el desarrollo de sensores ultra-sensibles que podrían implementarse en los haloscopios de axiones. Este objetivo ha logrado un apoyo muy importante recientemente, con la consecución de una prestigiosa Synergy Grant del ERC (proyecto DarkQuantum). Con DarkQuantum, coordinado desde Zaragoza (cIP Igor García

Irastorza), RADES y BabyIAXO alcanzarán sensibilidades mejoradas con sensores cuánticos, con perspectivas muy prometedores en la búsqueda del axión de la Materia Oscura.

#### 2.5 | El centro CAPA

En 2019, la Universidad de Zaragoza aprobó (acuerdo de 14 de mayo de 2019 del Consejo de Gobierno) la creación del Centro de Astropartículas y Física de Altas Energías (CAPA). Este centro nacía con el objetivo de fomentar la investigación y especialización en física de altas energías, física nuclear y de partículas, astrofísica, cosmología, astropartículas y física teórica, así como en muchos de los desarrollos tecnológicos asociados a estos ámbitos del conocimiento. El centro se apoyaba en la tradición y prestigio que la comunidad de la Universidad disfrutaba en estas áreas, cuya trayectoria se ha esbozado brevemente en las secciones anteriores. Ya entonces, la vocación del centro era de suponer un primer paso hacia la más ambiciosa transición a un Instituto de Investigación, que es el que en esta memoria se propone. Desde la creación del centro CAPA, actualmente entrando en su quinto año de existencia, todos los indicadores de investigación han evolucionado muy favorablemente. La base de miembros ha aumentado en un 55 % en este periodo, hasta los 89 miembros actuales, destacando la atracción de 6 investigadores en convocatorias competitivas de excelencia (Ramón y Cajal, Juan de la Cierva, Marie Curie, María Zambrano y Beatriz Galindo, o similares). El éxito en la atracción de financiación ha sido también creciente en este periodo, destacando la obtención de la ya mencionada Synergy Grant del ERC, pero también dos COST Actions (una como coordinador), además de varios otros proyectos nacionales. En este periodo, se ha puesto en marcha un nuevo programa de máster denominado "Máster en Física del Universo: Cosmología, Astrofísica, Partículas y Astropartículas", originalmente como parte de la iniciativa de la Universidad de crear nuevos másteres de referencia. Este máster cubre exactamente la misma temática del CAPA y canaliza los esfuerzos de la comunidad CAPA en la docencia de máster, dirigida a la formación de futuros investigadores y tecnólogos en dichas áreas. Este máster supone también un éxito de la comunidad CAPA, que amplifica y capitaliza las capacidades de nuestra comunidad en el ámbito de la formación especializada.

Durante el corto tiempo desde su creación, el nombre del CAPA se ha consolidado en el escenario nacional e internacional y ya se identifica ampliamente con la investigación de prestigio realizada en Zaragoza. A pesar de no contar con una financiación basal en sí mismo, el CAPA actual ha demostrado su efectividad en aumentar la visibilidad de las actividades realizadas, aumentar las sinergias entre los distintos grupos y con colaboradores externos, iniciar un principio de "conciencia de centro" y de visión estratégica como tal, y aumentar el atractivo de Zaragoza para investigadores de fuera. Toda esta experiencia supone un anticipo de lo que el futuro Instituto puede lograr, y un incentivo adicional y garantía de éxito del mismo.

## Contexto nacional e internacional

En este capítulo se repasa el contexto internacional y nacional, y se argumenta cómo éste apoya la creación de un Instituto de las características aquí propuestas. No solo las actividades a realizar en el CAPA se alinean con la prioridades de investigación de frontera en estos campos a nivel internacional, sino que también las oportunidades de la comunidad científica local ofrecen un potencial de excelencia y de aportaciones singulares y complementarias con el resto de la comunidad nacional. Como muestra de esto último, se repasan los centros y organismos que en Aragón realizan actividades relacionadas con, o en colaboración con, el CAPA, y con los que el futuro Instituto previsiblemente generará nuevas sinergias, mediante convenios de colaboración, proyectos conjuntos u otro tipo de asociaciones. Se concluye haciendo un análisis DAFO del Instituto propuesto, evidenciando la oportunidad científica del mismo.

#### 3.1 | Contexto internacional

El creciente auge de la física de astropartículas resulta muy favorable y prometedor para el futuro del CAPA. El conjunto de líneas de investigación desarrolladas en el CAPA están perfectamente alineadas con las hojas de ruta establecidas por el los principales organismos europeos de Física de Partículas y Astropartículas: el Laboratorio de Física de Partículas Europeo (CERN), ECFA<sup>1</sup>, ApPEC<sup>2</sup>, EuCAPT<sup>3</sup> y NuPECC<sup>4</sup>, y con el Espacio Europeo de Investigación.

Hace tres años se aprobó el nuevo Plan Estratégico Europeo de Física de Partículas (ESPPU) promovido por el CERN. En el contemplan una serie de prioridades que marcarán el desarrollo del campo en la próxima década. En física de aceleradores se apuesta por la finalización y puesta en servicio del LHC de Alta Luminosidad del CERN (HL-LHC); una futura factoría (electrón-positrón) de partículas de Higgs; y un futuro colisionador de hadrones con la mayor energía y luminosidad posibles.

En el campo de astropartículas propone continuar con la búsqueda de la materia oscura y la exploración de la física del sabor y otras simetrías fundamentales. En particular propone continuar con las mediciones precisas del

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>European Committee for Future Accelerators.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Astroparticle Physics European Consortium.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup>European Consortium for Astroparticle Theory.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup>Nuclear Physics European Collaboration Committee.

sabor, momentos dipolares eléctricos o magnéticos y búsqueda de axiones y otros candidatos del sector oscuro que interactúan débilmente. La hoja de ruta de este programa la deja en manos de la APPEC (Astroparticle Physics European Consortium) que es la asociación europea que coordina la investigación en física de astropartículas.

En el ámbito teórico, el plan también propone que Europa debería seguir trabajando vigorosamente y apoya un amplio programa de investigación teórica que cubra todo el espectro de física de partículas, tanto temas teóricos como fenomenológicos. Todo ello debe ser complementado con el desarrollo de herramientas computacionales avanzadas de Big Data e Inteligencia Artificial.

Todos estos puntos están siendo desarrollados en el CAPA en completa sintonía con nuestros socios europeos. Cabe destacar en este sentido la gran internacionalización del CAPA, con participación del CAPA en numerosas colaboraciones internacionales, a menudo con rol de liderazgo. El papel que desempeñan los miembros del CAPA es altamente valorado en dichas colaboraciones, como refleja el hecho de miembros del CAPA sean investigadores principales de muchos proyectos de ámbito europeo, como son las redes del programa COST y proyectos del European Research Council, (ERC).

Estas internacionalización se materializa, en el caso de investigaciones experimentales, en colaboraciones como IAXO, CAST, ANAIS-112, TREX-DM, RADES, MADMAX, las colaboraciones para el desarrollo de detectores impulsadas por ECFA (DRD1, DRD2, DRD5), pero también, en el caso de investigaciones teórico-fenomenológicas, en consorcios como las representadas por las acciones COST, u otras muchas colaboraciones. Destacan la estrecha colaboración que científicos del CAPA mantienen con los centros europeos más importantes en física de partículas como el CERN, DESY (Hamburgo), el CEA-Saclay o el Max-Planck de Munich. En el ámbito de la física subterránea, CAPA está presente en todos los foros relevantes europeos e internacionales, destacando la relación con el Laboratorio Nacional del Gran Sasso (LNGS) el laboratorio subterráneo más grande en Europa. En el contexto de ópticas de rayos-X para IAXO, se colabora tanto con la ESA como con la NASA. Además, y sin ser exhaustivo, se colabora con grupos de la U. de Bonn, la U. de Hamburgo, JGU-Mainz, IJCLab (Orsay), U. Dortmund, U. Heidelberg, Observatorio Brera (Milan), Danish Technical University, Laboratorio Nacional de Lawrence Livermore (LLNL), U. Columbia, MIT, MPE-Garching, Aalto University, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), École Normal Superieur de Paris, Jena University, Syracuse University, Universitá di Napoli, Universitá di Bari, Universidade de Campinas entre muchos otros, incluyendo una tesis en cotutela entre el grupo teórico de Zaragoza y el grupo experimental de la Universidad de Rijeka (Croacia).

#### 3.2 | Contexto nacional

Las actividades del Instituto se enmarcan a nivel nacional en el ámbito del CPAN (Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear), que es una agrupación de los principales institutos españoles que trabajan en el campo de la Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear. La creación del nuevo instituto aportará mayor visibilidad y capacidad de influencia al nodo del CAPA en el CPAN.

Los Institutos que constituyen los nodos regionales y que han firmado junto con el CAPA de UNIZAR el Memorándum de Entendimiento son:

- 1. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT, Madrid).
- 2. Centro Nacional de Aceleradores (CNA, Sevilla).

3.2. Contexto nacional 21

- 3. Instituto de Ciencias del Cosmos (ICCUB, Barcelona).
- 4. Instituto de Ciencias del Espacio (ICE, CSIC, Barcelona).
- 5. Instituto de Estructura de la Materia (IEM-CSIC, Madrid).
- 6. Instituto de Física de Altas Energías (IFAE, Barcelona).
- 7. Instituto de Física de Cantabria (IFCA, Santander).
- 8. Instituto de Física Corpuscular (IFIC, Valencia).
- 9. Instituto de Física Teórica (IFT, Madrid).
- 10. Instituto Gallego de Física de Altas Energías (IGFAE, Santiago de Compostela).
- 11. Instituto de Física Fundamental (IFF, CSIC, Madrid).
- 12. Instituto de Microelectrónica de Barcelona (IMB-CNM, Barcelona).
- 13. Instituto tecnológico de Aragón (ITAinnova, Zaragoza).

Además de grupos de investigación de las Universidades de Alcalá de Henares (UAH), Autónoma de Madrid (UAM), Complutense de Madrid (UCM), Granada (UGR), Huelva (UHU), Islas Baleares (UIB), Murcia (UM), Zaragoza (UNIZAR), Oviedo (UO), Politécnica de Cataluña (UPC), País Vasco (UPV/EHU), Ramon Llull (URL), Sevilla (US) y Salamanca (USAL).

En sus inicios el CPAN se centró en el desarrollo de los experimentos realizados en el Gran Colisionador de Hadrones (LHC) del CERN (Laboratorio de Física de Partículas Europeo), el mayor instrumento científico de la Tierra, en cuya construcción se han desarrollado tecnologías con importantes aplicaciones industriales y sociales. El apoyo del CPAN ha propiciado una importante participación de empresas españolas en la construcción y mantenimiento del LHC, así como que los científicos españoles hayan estado en primera línea en un descubrimiento científico tan importante como el del bosón de Higgs en 2012.

Actualmente el CPAN potencia de manera estratégica la física de astropartículas, debido a que los experimentos desarrollados en aceleradores no arrojan información suficiente sobre aspectos desconocidos tanto de la física de neutrinos como de la materia oscura, que resultan de vital importancia para la astrofísica y cosmología. Precisamente es la Física de Astropartículas, aquella en la que los grupos de la Universidad de Zaragoza son pioneros, y que tiene en su faceta experimental una referencia internacional en el LSC. Previamente a su constitución como ICTS española, el LSC se configuró como el segundo nodo en la red europea de laboratorios subterráneos, que se constituyó en 2004-2009 con el proyecto ILIAS ("iniciativa de infraestructura integrada" del Programa Marco FP6 de la UE), representado precisamente por el grupo de la Universidad de Zaragoza, actualmente integrado en el CAPA, que gestó sus inicios y su transformación en laboratorio internacional.

Lo que distingue el CAPA de los demás institutos de Física de Partículas del CPAN, es que por las razones históricas ya apuntadas, la actividad experimental del CAPA se centra fundamentalmente en la física de astropartículas. Convirtiéndose desde que se creo el Centro de Investigación por la Universidad de Zaragoza en 2019 en un Centro de referencia en el campo. Existen otros grupos a nivel nacional mas grandes y con mayores recursos, pero sus actividades son mas dispersas. La mayoría de ellos están centrados en la física de aceleradores, aunque con la eclosión de la física de astropartículas también han reorientado sus objetivos en aras de descubrir nueva física en este campo. La creación del IUI sin duda impulsará sus esfuerzos por permanecer en la vanguardia de dicho campo en el panorama español.

El liderazgo del CAPA en experimentos de relieve como son IAXO, ANAIS-112, TREX-DM, RADES (en el ámbito español) y MADMAX, así como sus contribuciones teóricas en Física de Altas Energías, Astrofísica y Cosmología son altamente apreciados en el CPAN, como se refleja en la amplia participación de los miembros del CAPA en los comités científicos del CPAN y en todas las redes nacionales del campo, así como las numerosas invitaciones a impartir conferencias plenarias en reuniones internacionales.

La constitución del CAPA como Instituto Universitario Propio de la Universidad de Zaragoza reconocido por el Gobierno de Aragón impulsará su papel en el desarrollo y la cooperación en amplios programas nacionales en su campo.

#### 3.3 | Relaciones existentes con centros de investigación de Aragón

El CAPA actual realiza sus actividades en relación más o menos estrecha con otros actores clave del ecosistema investigador aragonés en los campos de investigación referidos. En algunos casos, esta relación es parte de la esencia de la comunidad CAPA, como es el caso del Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC), mientras que en otros esta colaboración es relativamente reciente y emergente. El nuevo Instituto promocionará las iniciativas de colaboración con el Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón (CEFCA) y el Observatorio Astronómico de Javalambre (OAJ), así como con el Instituto Tecnológico de Aragón (ITAinnova). Asimismo se colaborará en temas de computación con el Instituto de Biocomputación y Física de Sistemas Complejos (BIFI) y con el Centro de Ciencias de Benasque Pedro Pascual para impulsar actividades de formación y transferencia de conocimiento y fomentar la cultura científica. En cualquier caso, la posición estratégica del CAPA como baricentro o amalgama de las distintas disciplinas representadas por estos centros, sugiere que la creación del Instituto servirá como catalizador de una mayor colaboración, promotor de sinergias y una mayor capitalización de las capacidades de la comunidad investigadora aragonesa en estos campos. A continuación se detallan las relaciones existentes con cada uno de los centros mencionados.

#### 3.3.1 | Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC)

Se trata de la única instalación subterránea que hay en España y, como tal, ha sido catalogada como una de las Infraestructuras Científicas y Técnicas Singulares (ICTS) españolas. La gestiona un Consorcio compuesto por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, el Gobierno de Aragón y la Universidad de Zaragoza.

Su programa científico se basa fundamentalmente en la física de astropartículas, la búsqueda de la materia oscura del Universo y la física de neutrinos, aunque también aborda la geodinámica, la biología y las ciencias medioambientales y desarrolla un programa de caracterización radiológica ambiental del propio laboratorio.

Como se ha descrito en el capítulo 2, los investigadores del CAPA mantienen unos lazos muy importantes históricamente con el LSC, siendo el grupo experimental muy activo participando y liderando experimentos y actividades en el mismo, así como en actividades de apoyo o de desarrollo transversal. Actualmente la lista de experimentos oficiales del LSC con participación de miembros del CAPA son los siguientes:

1. ANAIS es un experimento destinado a la búsqueda de la modulación anual en la señal de la materia oscura utilizando cristales centelleadores de NaI(Tl).

- 2. DART es un detector que medirá la radiopureza del argón "subterráneo" a utilizar en el experimento DarkSide de búsqueda de materia oscura, empleando una cámara de proyección temporal (TPC) de argón líquido.
- 3. TREX-DM es un proyecto para implementar una cámara de proyección temporal (TPC) de alta presión (con argón o neón) equipada con detectores Micromegas para la búsqueda de materia oscura.
- 4. IAXO-D1 es una plataforma para testear detectores de BabyIAXO, experimento de búsqueda de axiones solares en DESY, Hamburgo.
- 5. NEXT es un experimento dedicado a la búsqueda de la desintegración doble beta sin neutrinos del <sup>136</sup>Xe utilizando una cámara TPC de gas xenón enriquecido en dicho isótopo.
- 6. CROSS es un experimento para testear una nueva tecnología bolométrica a aplicar a futuras búsquedas de la desintegración doble beta sin neutrinos de los núcleos <sup>100</sup>Mo and <sup>130</sup>Te.

#### 3.3.2 | Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón (CEFCA)

El Observatorio Astrofísico de Javalambre (OAJ) es una ICTS astronómica española ubicada en la Sierra de Javalambre en Teruel, España, concebida y construida por el Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón (CEFCA) para llevar a cabo grandes cartografiados astronómicos. El CEFCA es una fundación de iniciativa pública del Gobierno de Aragón dependiente del Departamento de Innovación, Investigación y Universidad creada para la definición del OAJ, su operación, mantenimiento, explotación científica y la gestión de los datos generados por los telescopios del OAJ. La actividad científica del CEFCA se articula fundamentalmente en torno a dos ejes principales de la Astrofísica: la Cosmología y la Formación y Evolución de Galaxias.

El OAJ consta principalmente de dos telescopios profesionales únicos en su género por su gran campo de visión y una calidad de imagen excelente en todo el campo: el telescopio JST/T250 (Javalambre Survey Telescope), un telescopio de gran etendue con un espejo primario de 2.55 m de diámetro y un campo de visión de 7 grados cuadrados, y el JAST/T80 (Javalambre Auxiliary Survey Telescope), con 83 cm de diámetro en su espejo primario y un campo de visión de 3.1 grados cuadrados. Ambos telescopios están equipados con cámaras panorámicas y un conjunto único de filtros ópticos especialmente diseñados para realizar cartografiados fotométricos del Universo sin precedente en todo el rango del espectro óptico.

CEFCA es, además, el promotor de Galáctica, un centro para la difusión y práctica de la astronomía situado en el municipio de Arcos de las Salinas, con telescopios diurnos y nocturnos y otros contenidos expositivos puestos a disposición del público para el acercamiento de la astronomía a la sociedad.

Durante la creación (en 2008) y posterior evolución del CEFCA, hubo relativamente poca relación con la comunidad universitaria de Zaragoza, en parte debido a la baja tradición en astronomía y astrofísica observacionales en la Universidad. Sin embargo, en años recientes está emergiendo una creciente colaboración científica entre ambas comunidades, colaboración que combina los saber-hacer complementarios en el CAPA y el CEFCA, y que ejemplifica las sinergias que dicha combinación puede promover. Destaca la colaboración en física de axiones, que incluye la aplicación de experiencia técnica en la operación de telescopios en el CEFCA, en el experimento IAXO y, por otro lado, la exploración del posible uso de observaciones astrofísicas en el OAJ para restringir las propiedades de esta

partícula. Por otro lado, el CAPA y el CEFCA colaboran en la impartición del reciente programa de máster en "Física del Universo" que se describe en la sección 6.2

#### 3.3.3 | Instituto Tecnológico de Aragón (ITAinnova)

ITAinnova es una centro tecnológico especializado en la innovación en múltiples áreas, con un foco en la transferencia y apoyo a la actividad tecnológica de sector empresarial local y regional. Las capacidades en el ámbito de compatibilidad electromagnética (EMC), desarrolladas por el grupo de Sistema Eléctricos Complejos es especialmente relevante para la infraestructura en física de altas energías, como los detectores de partículas. De hecho, este grupo tiene una trayectoria muy notable en este campo, a saber: la participación en la colaboración de física de partículas CMS del CERN, la participación en proyectos europeos de primer nivel en el campo, como AIDAINNOVA o EUROLABS, o en proyectos internacionales de desarrollo de nuevas generaciones de aceleradores, como el Super Large Hadron Collider, Super KEK o el Colisionador Lineal Internacional. Entre su contribución, destaca el diseño de nuevos sistemas de distribución de alimentación distribuida o la realización de la caracterización EMC de nuevos detectores de partículas.

De hecho, desde hace tiempo, desde el CAPA se colabora con ITAinnova, precisamente para la mejora de las condiciones EMC tanto de infraestructura (laboratorios), como de los detectores desarrollados en los proyectos CAPA, entre otros objetivos. ITAinnova está realizando la caracterización EMC de los distintos halls del LSC. El establecimiento del nuevo Instituto permitirá intensificar y ampliar estas colaboraciones.

#### 3.3.4 | Instituto de Biocomputación y Física de los Sistemas Complejos (BIFI)

El Instituto de Biocomputación y Física de Sistemas Complejos (BIFI) de la Universidad de Zaragoza tiene como objetivos el desarrollo de nuevos conceptos, métodos y herramientas de la Ciencia de los Sistemas Complejos con aplicaciones en diferentes campos científicos tales como: Bioquímica, Física, Biología, Computación, Matemáticas, Ciencia Ciudadana, etc. El Instituto está financiado por el Gobierno de Aragón y por la Universidad de Zaragoza.

Una parte importante de los recursos de computación del BIFI se encuentra alojada en el Laboratorio de Supercomputación. Dispone de una potente y moderna infraestructura de computación y el segundo clúster de ordenadores más grande de España. La infraestructura comprende un amplio conjunto de tecnologías: HPC, Clústeres de computación, memoria compartida, la nube, computación distribuida, entre otros.

La investigación líder en ciencia básica y la promoción de la transferencia tecnológica entre Universidad e Industria es uno de los objetivos fundamentales del BIFI, que es un centro de investigación innovador, joven, dinámico y multidisciplinar, donde biólogos, físicos, informáticos y matemáticos interactúan entre sí, compartiendo las técnicas y los métodos de sus respectivas líneas de investigación, así como las nuevas conclusiones y enfoques extraídos de la Teoría de Sistemas Complejos.

#### 3.3.5 | Centro de Ciencias de Benasque Pedro Pascual

El Centro de Ciencias de Benasque Pedro Pascual es una instalación del sistema científico español dedicada a la organización de encuentros científicos internacionales de alto nivel en Benasque, un hermoso pueblo localizado en

3.4. Análisis DAFO 25

el corazón de los Pirineos aragoneses. El Centro comenzó sus actividades in 1995 y desde entonces ha albergado ya 265 conferencias internacionales en el que han participado más de 15.723 participantes de 79 países.

El Centro está gobernado por una Fundación sin ánimo de lucro constituida por Ministerio de Ciencia e Innovación, CSIC, Gobierno de Aragón, Universidad de Zaragoza, Diputación Provincial de Huesca y Ayuntamiento de Benasque.

En la dirección del Centro de Ciencias de Benasque participan miembros del CAPA y en él se desarrollan muchas de las actividades de difusión de resultados del CAPA: Reuniones y Escuelas internacionales, así como actividades de divulgación científica.

#### 3.4 | Análisis DAFO

A continuación, en la tabla 3.1, se presenta un análisis DAFO que permite identificar y resumir los principales elementos, tanto de carácter interno (fortalezas y debilidades) como externo (oportunidades y amenazas), que caracterizan la propuesta del nuevo Instituto CAPA, y que deberán tenerse en cuenta a la hora de desplegar, en los capítulos posteriores, sus objetivos y líneas de actuación.

Tras el diagnóstico mostrado en la tabla 3.1, y la exposición del contexto de las secciones anteriores, se puede listar varias conclusiones y consideraciones:

- La investigación realizada en la comunidad representada por el CAPA, así como la realizada en algunos otros centros y grupos de Aragón, en temáticas relacionadas, cuenta con una trayectoria y calidad científica de primer nivel. Sin embargo, no entra en el ámbito de ninguno de los institutos universitarios existentes hasta la fecha en nuestra comunidad. La creación del nuevo Instituto CAPA, permitirá solventar esa carencia y capitalizar la producción científica ya existente, así como fomentar su crecimiento.
- Nuestra región cuenta ya con un conjunto de infraestructuras, centros y grupos de investigación de gran calidad, y alta singularidad, en los ámbitos que nos ocupan. El futuro Instituto, por las características de la comunidad proponente, se encuentra en una situación privilegiada en cuanto a la interconexión entre todos éstos, y el potencial de crear sinergias con todos ellos. La creación del nuevo Instituto tendrá un papel catalizador, llevando a un mayor aprovechamiento científico de las capacidades ya existentes en Aragón.
- Las amenazas y debilidades señaladas en el análisis DAFO tienen su origen, en su mayoría, en aspectos de índole sistémico tanto de la gestión de la investigación en general, como del sistema investigador nacional y regional. Aunque no sea una garantía absoluta contra las mismas, la creación de una estructura de Instituto sin duda proporcionará herramientas a la comunidad para paliarlas en buena medida (cierta financiación basal, y nuevas opciones de obtener recursos, capacidad de hacer estrategia de Instituto, etc.).

#### 3.5 | Impacto previsible del futuro instituto

Como conclusión de este capítulo, y en base a lo expuesto en secciones anteriores, detallamos a continuación una serie de resultados previsibles de la creación del instituto, a modo de ventajas y mejoras de la investigación de la comunidad CAPA, nuevas sinergias con el entorno regional y nacional, y en general impactos previsibles en el mismo. Como ya se ha expuesto de manera genérica anteriormente, el nuevo instituto permitirá 1) una financiación

#### INTERNO

#### Fortalezas

#### Debilidades

- Calidad de la comunidad investigadora actual, con capacidad investigadora probada.
- Capacidad de atracción de proyectos de excelencia en convocatorias competitivas, tanto nacionales como europeas.
- Excelentes recursos en términos de acceso a infraestructura científica.
- Trayectoria científica previa de excelencia, posición internacional de prestigio.
- Entorno científico atractivo para nuevos investigadores.
- Capacidad formativa especializada cercana a la temática investigadora con el Máster en Física del Universo (MFU).
- Entorno universitario con fácil acceso a estudiantes de máster y doctorado y oportunidades de desarrollo de la faceta docente del investigador.

- Comunidad investigadora relativamente reducida en comparación con otros institutos similares.
- Falta de financiación basal, demasiada dependencia de la captación de financiación competitiva externa.
- Las trabas burocráticas y las relativamente bajas retribuciones, en comparación con el circuito de investigación de excelencia europeo, resta atractivo de cara a la atracción de nuevo talento joven.
- Dificultades en la captación de investigadores jóvenes y, sobre todo, su posterior estabilización.
- Las posibilidades y recursos para la implementación de una estrategia de Instituto son muy limitadas.

#### **EXTERNO**

#### **Oportunidades**

#### Amenazas

- Las temáticas de investigación CAPA se encuentran entre las más priorizadas en las hojas de ruta europeas e internacionales en física fundamental.
- Se han identificado focos de investigación en las que el CAPA tiene una ventaja competitiva a nivel internacional y potencial de impacto.
- Aragón disfruta de dos ICTS, de carácter distinto y complementario, directamente relacionadas con la investigación del CAPA.
- Hay todavía mucho margen de aprovechamiento científico en la relación/sinergia de la comunidad CAPA con las ICTS, así como otros centros de investigación en Aragón.
- La comunidad CAPA cuenta con unas conexiones internacionales con centros clave en esta temática, como el CERN, DESY, GSSI, IRFU, entre otros

- La investigación en los campos del CAPA es altamente competitiva a nivel internacional y evoluciona rápidamente.
- Alta competencia en el circuito internacional por el talento joven (emigración y/o no retorno del talento formado localmente)
- La falta de una carrera de tecnólogo amenaza los planes de consolidar un personal de plantilla tecnológico de calidad, necesario para una investigación experimental de excelencia.
- Fluctuaciones en la consecución de futuros ingresos, debido a un posible éxito desigual en futuras convocatorias competitivas, lo cual amenaza la realización de una planificación eficiente del Instituto a medio plazo.

Tabla 3.1: Análisis DAFO del Instituto propuesto

basal, 1) nuevas opciones de obtención de recursos y 3) capacidad de hacer estrategia de instituto. A continuación desarrollamos todos estos puntos.

#### 3.5.1 | Financiación basal

El futuro instituto CAPA, como el resto de IUIs de UNIZAR recibirá una financiación basal, siguiendo las disposiciones del contrato-programa del Gobierno de Aragón para la financiación vinculada a la consecución de objetivos de la actividad de I+D+i realizada por la Universidad de Zaragoza, o acuerdo similar que esté vigente en su momento. La cantidad concreta dependerá de las condiciones del programa que esté vigente, la financiación disponible total (para todos los IUIs) y de la consecución de los indicadores establecidos para la definición de la distribución de la misma. Sin embargo, con las condiciones actualmente activas, la financiación esperable para el CAPA estaría en torno a los 100 k€. Aunque esta financiación seguirá siendo minoritaria en el presupuesto global del instituto (ver capítulo 8.3), dominado por la captación de recursos en convocatorias externas, ésta ofrecerá oportunidades ahora mismo vetadas al actual centro:

- Contratación de personal de apoyo transversal a todo el CAPA, como personal tecnólogo para la unidad tecnológica.
- Adquisición de equipamiento o de materiales de necesidad transversal para todo el CAPA.
- Uso de la financiación del instituto para acceder a convocatorias que requieran una cofinanciación de la institución.
- Financiación de pequeñas acciones exploratorias de investigación que se juzguen pertinentes por razones estratégicas
- Financiación de otras actividades de instituto, p.ej. eventos, web, outreach, etc... que ayudan a visibilizar el CAPA en su conjunto y que habitualmente son difíciles de cubrir con la financiación finalista de proyectos.

#### 3.5.2 | Acceso a nuevos recursos de investigación

La creación del nuevo instituto permitirá al CAPA acceder a nuevos recursos, más allá de la financiación basal directa mencionada en el punto anterior. Esto es así de manera genérica, aumentando el peso y visibilidad del CAPA y por tanto su competitividad en convocatorias nacionales, pero también de manera directa. A continuación desarrollamos algunos ejemplos:

Algunas convocatorias regionales están diseñadas exclusivamente para institutos<sup>5</sup>, como por ejemplo la convocatoria de equipamiento científico del Gobierno de Aragón. Como instituto se nos facilita el acceso a ellas, lo que supone una opción muy importante para reforzar los recursos transversales del CAPA.

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup>En realidad, formalmente también como centro hemos podido acceder a ellas, aunque habitualmente con un tope de financiación máxima inferior al de los institutos.

- Igualmente, también se facilita el acceso a convocatorias nacionales muy importantes como la de equipamiento científico o la de técnicos de apoyo. Aunque estrictamente los centros también son elegibles, la competitividad en dichas convocatorias depende a menudo de disponer de recursos propios para cierta cofinanciación, o también de disponer de una estructura con servicios comunes al instituto (en la que la nueva infraestructura o personal técnico se incorpora). Está claro que el nuevo instituto aumentará sustancialmente la capacidad de competir en estas convocatorias con respecto al centro.
- Otra importante posibilidad que se abre, cierto es que más ambiciosa, es la de acceder a un sello de excelencia como la Maria de Maeztu. Aunque como centro fuéramos también elegibles, parece evidente que solo con la estructura de instituto, el apoyo político que dicha figura implica localmente y con la capacidad estratégica que supone, es realista aspirar a ser competitivos en dicho tipo de convocatoria. La obtención de tal distinción supondría un empuje excepcional al proceso de consolidación del nuevo instituto.
- La constitución del nuevo instituto dará a la comunidad CAPA un mejor acceso a convocatorias de atracción de talento postdoctoral, en particular a programas (Ramon y Cajal, Beatriz Galindo, etc.) que, bajo ciertos condicionantes, permiten la estabilización del candidato en la plantilla de la Universidad y son, de facto, el equivalente español de puestos *tenure-track*. Estas convocatorias son cruciales para instituciones de investigación como el CAPA en tanto en cuanto permiten implementar estrategia de atracción de talento y expansión de la plantilla permanente de investigadores. El éxito en estas convocatorias depende de dos factores: 1) la capacidad de la institución de atraer el interés de candidatos con suficiente calidad como para ser competitivos en estas convocatorias; y 2) lograr el peso estratégico suficiente internamente como para que la institución matriz (en este caso UNIZAR) acepte ofertar la contrapartida de la institución en esta convocatoria, en especial la vía hacia la estabilización de estos investigadores. Esta claro que la promoción a instituto aumentará tanto 1) (aumentando el atractivo de CAPA a nuevos investigadores jóvenes, especialmente del extranjero) como 2) (constituyendo una área estratégica para UNIZAR).
- En relación al punto anterior, hay que comentar también la convocatoria de atracción de talento senior de ARAID, la Fundación Agencia Aragonesa para la Investigación y el Desarrollo. ARAID tiene por objeto atraer investigadores excelentes a Aragón, para trabajar en los distintos organismos e institutos de investigación de la región, en áreas consideradas estratégicas. Es evidente que la promoción a instituto del CAPA hará de éste un polo de atracción, y una área estratégica y aumentará las posibilidades de atracción de investigadores ARAID.
- La constitución de instituto permitirá asimismo la implementación de políticas de incentivación y preparación de solicitudes a convocatorias competitivas de excelencia como las del ERC, aumentando así la capacidad de captación de recursos del instituto en esas convocatorias.

#### 3.5.3 | Capacidad de hacer estrategia de instituto

Entre las obligaciones de un IUI, según la normativa marco de institutos de investigación de la Universidad de Zaragoza, está la realización (y evaluación) de planes estratégicos quinquenales. Los recursos basales mencionados más arriba permiten la planificación, por parte de la dirección del instituto, de una estrategia científica que vaya más allá de acomodar las iniciativas *bottom-up* que surjan de la propia comunidad científica. El capítulo 9 presenta unas

directrices concretas sobre la estrategia prevista para el instituto durante sus primeros años de vida. Entre las acciones concretas que se puedes contemplar como instituto, que no son posibles en el actual centro se pueden destacar las siguientes:

- Adquisición de infraestructura científica transversal, ya sea de manera directa con los fondos basales del instituto
  o a través de convocatorias como las que se ha descrito más arriba, que respondan a cuestiones estratégicas del
  instituto (nuevas líneas a potenciar, iniciativas emergentes o exploratorias, captación de talento,...)
- Creación de puestos técnicos o de tecnólogos, financiados por fondos basales del instituto o por convocatorias de apoyo técnico, que respondan a criterios estratégicos.
- Financiación de pequeños proyectos exploratorios que se juzguen estratégicos para p.ej., aumentar las posibilidades de éxito en una convocatoria posterior o para explorar sinergias entre líneas actuales, etc.
- Financiación de pequeñas iniciativas que sean difíciles de cubrir con financiación finalista pero que tengan un claro valor estratégico, como alguna actividad de transferencia o de divulgación (outreach).

#### 3.5.4 | Sinergias e impacto en el ámbito regional

Uno de los argumentos principales en favor de la creación del instituto CAPA es la promoción de nuevas sinergias, en particular con actores del ámbito investigador aragonés. En los siguientes puntos desarrollamos algunas de estas sinergias, así como posible interés e impacto de la creación del nuevo instituto en otros organismos del entorno investigador regional:

- El Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC) es una ICTS aragonesa con una larga trayectoria de colaboración con la comunidad CAPA (ver sección 3.3.1). La creación del nuevo instituto supondría un salto cualitativo en la relación con el LSC, con la posibilidad de intensificar la colaboración científica, la participación bidireccional en proyectos de investigación y en el apoyo al desarrollo de la infraestructura científica de ambas instituciones. La creación del instituto tendría un efecto favorable en el aprovechamiento de esta ICTS por la comunidad científica aragonesa. Además, la paulatina consolidación de un grupo investigador en el LSC (uno de los objetivos estratégicos del LSC en los últimos años) se vería positivamente realimentado por la creación del instituto CAPA.
- El CEFCA de Teruel (ver sección 3.3.2) gestiona el OAJ, otra ICTS aragonesa ligada temáticamente al CAPA. Aunque la relación entre el CEFCA y el CAPA no es tan importante históricamente como con el LSC, en los últimos años se está empezando a colaborar en varias investigaciones. La creación del nuevo instituto dará un mayor impulso a estas colaboraciones emergentes, y facilitará en general una relación más intensa entre ambos centros.
- La investigación realizada en el LSC y el OAJ, aunque conectadas conceptualmente (estudio del Universo) son altamente complementarias y metodológicamente muy distintas. El "encuentro" de ambas en el CAPA supondrá en sí mismo otra oportunidad para sinergias (las astropartículas y la física subterránea, frente a la astrofísica observacional). Como ya se ha mencionado anteriormente, es notable que ninguna de las dos ICTS

referidas, tanto el LSC como el OAJ, están cubiertas temáticamente por ninguno de los IUIs actualmente existentes en Aragón. El nuevo instituto CAPA paliará esta deficiencia. Solo este hecho es un ingrediente de generación de sinergias futuras.

- Varios científicos del CAPA colaboran desde hace poco tiempo también con el Instituto Tecnológico de Aragón (ITA, ver sección 3.3.3). La creación del nuevo instituto servirá también de catalizador e intensificador de estas colaboraciones. La relación CAPA-ITA es especialmente complementaria y con alto potencial de sinergias para ambas instituciones. El ITA es ampliamente reconocido en Aragón por su innovación tecnológica, con un exitoso portfolio de transferencia a la industria. La colaboración con el CAPA servirá para dar más visibilidad al ITA y conexión con temática de investigación básica de frontera, mientras que para el CAPA el ITA puede ser un socio tecnológico y un modelo a seguir de cara a promover una mayor actividad de transferencia en el CAPA (ver sección 9.1.3).
- La colaboración de los científicos del CAPA con el Centro de Ciencias de Benasque se remonta a la fecha de su creación en 1995, en la que participaron muy activamente varios de sus miembros. La consolidación del Centro de Benasque a través de una Fundación ha potenciado las sinergias con los miembros del CAPA. En primer lugar el CCBPP se ha convertido en el epicentro de las actividades de difusión de las actividades de Física de Altas Energías a nivel español. En la actualidad es la sede del anual Taller de Altas Energías (TAE) organizado en estrecha colaboración entre el CPAN y el CAPA que lidera una de las Redes Temáticas, la Red de Altas Energías, que organiza y financia dicho taller. Asimismo numerosas sesiones del prestigioso International Meeting of Fundamental Physics se celebraron en Benasque. Todo ello mantiene al CAPA en un nodo central del ecosistema de la Física de Altas Energías con una gran sinergia entre los dos Centros. Sin duda el impulso que proporcionará la creación del IUI CAPA reforzará dichos vínculos y fortalecerá la presencia de sus miembros en lugares destacados del panorama científico nacional e internacional.
- La creación del instituto CAPA tendrá también impacto en el propio ecosistema investigador de UNIZAR, compuesto por los otros IUIs actuales. Los científicos del CAPA ya colaboran, en particular, con el BIFI (ver sección 3.3.4 y con el Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón (INMA). Estas colaboraciones se verán reforzadas por el nuevo instituto. En particular esta última, ya que una de las líneas estratégicas (ver 9), sobre sensores cuánticos, involucra experiencia de colegas del INMA.
- De manera similar, la creación del instituto CAPA supondrá también un empuje adicional a la creación de sinergias internas entre grupos del propio CAPA. Particularmente relevantes son las sinergias entre los grupos teóricos y experimentales, que ya ha sido instrumentales en varios resultados exitosos del actual centro. Aunque estas sinergias ya ha sido explotadas en el pasado, las posibilidades que el instituto trae (financiación basal, estrategia,...) permitirán ahondar en ellas o crear nuevas.
- La creación del nuevo instituto supondrá la creación de una unidad tecnológica (ver 9) de características únicas en Aragón y que supone una nueva oportunidad de oferta tecnológica e innovación para la comunidad.
- De manera más genérica, y dada la gran internacionalización de la comunidad CAPA, la creación del nuevo instituto supondrá un atractivo más de Aragón para la atracción de talento internacional. Atraer nuevos

31

profesionales del más alto nivel a Aragón conlleva un impacto positivo en la economía, la cultura y en la sociedad en su conjunto.

## **Objetivos del Instituto**

El objetivo fundamental del Instituto Universitario de Investigación *Centro de Astropartículas y Física de Altas Energías* es el fomento de la investigación en los ámbitos de la física de altas energías, física nuclear y de partículas, astrofísica, cosmología, astropartículas y física teórica, así como de los desarrollos tecnológicos asociados a los mismos. Para ello, el Instituto impulsará la colaboración con otros centros e institutos de investigación, tanto a nivel nacional como internacional.

Entre los fines propios del Instituto se encuentran:

- Promover la excelencia científica y el desarrollo tecnológico y la transferencia, en los ámbitos de la física de altas energías, física nuclear y de partículas, astrofísica, cosmología, astropartículas y física teórica, reforzando y consolidando el marco de la investigación a nivel regional, nacional e internacional.
- 2. Potenciar la presencia, tanto nacional como internacional, de los investigadores de la Universidad de Zaragoza involucrados en los campos de investigación arriba mencionados, procurando incrementar su peso específico en dichos ámbitos, y fomentando la participación significativa en colaboraciones y centros de investigación del mayor nivel internacional en estos campos.
- 3. Potenciar la participación activa de los miembros del Instituto en las infraestructuras de investigación aragonesa estrechamente relacionadas, en particular, el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC), el Observatorio Astrofísico de Javalambre (OAJ) y el Centro de Ciencias de Benasque Pedro Pascual (CCBPP). Potenciar en particular la colaboración científica, por medio de proyectos de investigación comunes y, cuando corresponda, de convenios de colaboración, con otros centros de investigación de Aragón con temática relacionada, como el Centro de Estudios en Física de Cosmos de Teruel (CEFCA) o el Instituto Tecnológico de Aragón (ITAinnova), entre otros.
- 4. Promover la cooperación y potenciar las relaciones con otros centros, departamentos e institutos universitarios de investigación de la Universidad de Zaragoza, así como con otras entidades públicas o privadas, nacionales e internacionales, en el ámbito de sus competencias, de modo que se favorezca una mayor integración en el Espacio Europeo de Investigación.

- Catalizar las sinergias entre los miembros de las distintas áreas involucradas, en particular entre teóricas y experimentales.
- 6. Organizar, desarrollar y evaluar sus planes de investigación, desarrollo e innovación y transferencia de resultados en los campos citados anteriormente.
- 7. Promover la captación de los recursos económicos necesarios para el cumplimiento de los objetivos del Instituto. En particular, fomentar y dar soporte institucional a las solicitudes de financiación tanto en programas nacionales (Planes Nacionales de Investigación Científico-Técnica, María de Maeztu, etc.), como internacionales (European Research Council (ERC), European Innovation Council (EIC), European Cooperation in Science and Technology (COST), y otros).
- 8. Promover la divulgación de la Ciencia como actividad cultural, y especialmente de los temas y resultados de investigación del Instituto, así como la conexión con la sociedad para demostrar los beneficios de adoptar una gestión basada en el conocimiento científico.
- 9. Contribuir al balance de género en todas las etapas de la carrera investigadora, mediante acciones alineadas con iniciativas de género en el ámbito científico-técnico (STEM).
- Impulsar las actividades de formación especializada, facilitando la incorporación de jóvenes científicos y tecnólogos a la carrera investigadora.
- 11. Contribuir a la organización, gestión e impartición de programas de máster y doctorado en los temas objeto de su actuación en el marco de la normativa de la UNIZAR.
- 12. Servir de centro de información de referencia tecnológica, de difusión y transferencia de los resultados de la investigación.
- 13. Promover la identificación de oportunidades de innovación y transferencia que pudieran surgir de la actividad principal de investigación básica del Instituto, y fomentar la colaboración con empresas y centros tecnológicos precisos para ello.
- 14. Cualesquiera otras funciones que, conforme a la ley, le asigne el Reglamento de Régimen Interno en vigor, los planes estratégicos de la Universidad de Zaragoza, y los diversos Planes Autonómicos de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Conocimientos elaborados por el Gobierno de Aragón.

# Areas temáticas y líneas de investigación

El Instituto de Investigación Universitario *Centro de Astropartículas y Física de Altas Energías* nace con la vocación de realizar investigación de excelencia en los ámbitos de la física de altas energías, física nuclear y de partículas, astrofísica, cosmología, astropartículas y física teórica, así como de los desarrollos tecnológicos asociados a los mismos. A continuación se describen de manera más específica, las líneas de investigación que, en este momento, se desarrollan en la comunidad proponente del Instituto y que cuentan ya con una trayectoria reconocida, a menudo avalada por la consecución de proyectos de investigación de importancia (los más recientes se listan en el anexo C). Naturalmente no se excluye la creación de nuevas líneas en un futuro, en función de la evolución de las presentes, del campo de investigación o de consideraciones estratégicas del Instituto.

#### 5.1 | Detección directa de materia oscura

La búsqueda de partículas candidatas a materia oscura, en experimentos de detección directa y a través de helioscopios de axiones, es una de las líneas de investigación del CAPA. El descubrimiento de una nueva partícula fundamental, componente potencial de la materia oscura del universo, constituiría un hallazgo de primer orden en física de partículas. El establecimiento experimental de física más allá del modelo estándar tendría consecuencias revolucionarias para la física de partículas, astrofísica y cosmología, y redefiniría la estrategia de investigación en estos campos. Los resultados en esta línea pueden tener una gran repercusión para el posicionamiento de la física española de astropartículas en el contexto internacional.

Gran parte de este trabajo experimental se realiza en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC), utilizando técnicas propias de la física nuclear y, en particular, trabajando en condiciones de ultra bajo fondo radiactivo. El LSC es una de las ICTS existentes en Aragón, en la que miembros del grupo de investigación de Física Nuclear y Astropartículas (GIFNA), que actualmente ostenta la condición de Unidad Científica Asociada, llevan trabajando desde hace 30 años. Su colaboración técnica y científica con el LSC y su participación directa en algunos de los experimentos que allí se desarrollan suponen un apoyo sustancial a una ICTS del sistema aragonés. Actualmente la investigación del grupo en dicho laboratorio se centra en la búsqueda de WIMPs (Weakly Interacting Massive Parti-

cles), que son uno de los candidatos preferidos para constituir la materia oscura del universo. El grupo, que es pionero en los estudios de materia oscura en España, dirige dos experimentos (ANAIS-112 y TREX-DM) estratégicamente elegidos para complementarse y cubrir dos de las aproximaciones experimentales más prometedoras en la detección directa de materia oscura: modulación anual y WIMPs de baja masa. ANAIS-112, aprobado como experimento del LSC en 2010, tiene como objetivo la confirmación o refutación del controvertido resultado del experimento DAMA/LIBRA, en el laboratorio nacional del Gran Sasso, Italia, que ha observado una modulación anual en el ritmo de detección compatible con la esperada para WIMPs pero difícil de reconciliar con los resultados negativos del resto de esfuerzos experimentales. Sin embargo, la comparación entre experimentos con diferente material blanco depende del modelo de WIMP y halo de materia oscura considerado, y no se puede descartar el resultado de DAMA/LIBRA de forma independiente de dichos modelos. El experimento ANAIS-112, consistente en 112.5 kg de centelladores ultrapuros de ioduro de sodio, el mismo blanco que utiliza DAMA/LIBRA, lleva acumulando datos desde agosto de 2017 y lidera los esfuerzos internacionales para ponerlo a prueba con un significado estadístico de 5 sigmas de forma independiente de los modelos de WIMP y halo. El experimento TREX-DM está orientado a la detección de WIMPs de baja masa, y consiste en un detector con tecnología Micromegas y componentes de máxima radiopureza, resultado de los desarrollos realizados en la Universidad de Zaragoza como parte del proyecto TREX (ERC-StG 2009-2015). TREX-DM fue aprobado como experimento del LSC a comienzos de 2017 y lleva en fase de toma de datos desde 2020. Miembros del GIFNA participan también en uno de los mayores proyectos de detección directa de materia oscura del contexto internacional, el proyecto DarkSide, dentro de la Global Argon Dark Matter Collaboration (GADMC). Además de contribuir en diferentes aspectos relacionados con el ultrabajo fondo radiactivo que requiere el experimento, colaboran en la puesta a punto y el programa de medidas de la instalación DArTinArDM, en el LSC, que medirá la radiopureza del Argón que se utilizará como blanco en el experimento, y que se puede convertir en una infraestructura de referencia de utilidad en otros proyectos como DUNE, LEGEND, etc.

#### 5.2 | Modelización de materia oscura en galaxias

El primer argumento en favor de la existencia de materia oscura no bariónica resultó de la descripción de las curvas de rotación observadas en galaxias. A él se añadieron posteriormente nuevas evidencias provenientes de la nucleosíntesis primordial, el espectro de potencias angular del fondo cósmico de microondas, las grandes estructuras del universo y las lentes gravitacionales producidas por cúmulos de galaxias.

Pero la materia oscura no es suficiente. También se precisa de otra nueva componente para explicar la edad de las estrellas más viejas y la expansión acelerada de nuestro universo. Esta nueva componente, denominada "energía oscura", presentaría, desde un punto de vista hidrodinámico, una presión negativa que sería una función de su densidad de energía. El modelo más sencillo de energía oscura es el de la constante cosmológica.

El modelo estándar con el que se ha tratado el universo es el modelo de constante cosmológica y materia oscura fría (LCDM). En este modelo, la constante cosmológica presenta una presión constante que es igual a menos su densidad de energía, y la materia oscura fría es considerada como partículas no-relativistas (presión despreciable) que solo interaccionan gravitacionalmente.

Siguiendo este modelo, se han estudiado los efectos de la constante cosmológica en cúmulos de materia oscura. En particular, se ha investigado la región de colapso de estos cúmulos. Los resultados obtenidos son consistentes con

resultados observacionales de los cúmulos de galaxias estudiados en el CAIRNS (Cluster and Infall Region Nearby Survey).

Por otro lado, el modelo LCDM, a grandes escalas, da cuenta de las observaciones de grupos y de cúmulos de galaxias. Sin embargo, a pequeña escala se están encontrando grandes discrepancias. En simulaciones de grupos de galaxias, el número de galaxias enanas en estos grupos supera en más de un factor 10 al número de las observadas. Además, las simulaciones para estas galaxias dan densidades de materia oscura muy picadas en torno a su centro, mientras que los resultados a partir de mediciones de las velocidades de sus estrellas dan densidades constantes. Todo esto indicaría que la materia oscura podría ser diferente a la considerada en el modelo estándar.

A este respecto, desde el grupo teórico ya se propuso hace algunos años la posibilidad de halos oscuros compuestos de condensados de Bose-Einstein. Se han estudiado cúmulos oscuros de fermiones degenerados, y se han presentado sus curvas de rotación, que podrían dar cuenta de las observadas en galaxias. En el futuro se planea estimar valores para las masas de estas partículas, tanto en el caso de fermiones degenerados, como en el de halos oscuros compuestos de condensados de Bose-Einstein, mediante el estudio de enanas esferoidales (dSph) del grupo de la Vía Láctea (los sistemas galácticos más pequeños y débiles y los objetos más dominados por la materia oscura en el universo).

#### 5.3 | Física de axiones: teoría y detección

Aunque los fenómenos más relevantes del Modelo Estándar de las partículas fundamentales pueden describirse mediante dicha teoría, existen numerosos indicios de que hay nuevos sectores de materia e interacciones que no encajan en ella y que presumiblemente pueden ser también descritos en el marco de teorías cuánticas de campos. En particular, es posible que la materia oscura admita también una descripción dentro de ese marco. La propuesta más interesante actualmente es la basada en axiones, que son las partículas hipotéticas predichas por el mecanismo de Peccei-Quinn, formulado en el marco de la Cromodinámica Cuántica (QCD) para solucionar el llamado problema "CP fuerte". Varias líneas de investigación se centran en la fenomenología de la materia oscura axiónica y su detección, así como en la búsqueda de axiones solares en el Observatorio Internacional de Axiones (IAXO) recientemente propuesto.

La colaboración internacional IAXO está formada por más de 20 instituciones, incluyendo CERN y DESY, y está liderada desde el CAPA. IAXO es un helioscopio de axiones de nueva generación, sucesor del helioscopio CAST que ha estado funcionando en el CERN durante casi 20 años (hasta 2021), y que buscará axiones solares con una sensibilidad sin precedentes. La colaboración contempla como primer paso la realización de una versión intermedia del experimento, denominada BabyIAXO, que constituirá un test para los subsistemas finales, además de aportar resultados de física relevantes en sí mismos. BabyIAXO está en fase de construcción en DESY. El grupo de la Universidad de Zaragoza contribuirá con la realización de los detectores Micromegas de rayos-X situados en el punto focal de las ópticas, y los estudios de fondo de los mismos, incluida la operación de prototipos, ya en marcha, uno de ellos en el LSC. Además, se trabaja en una revisión del potencial físico de IAXO, así como en una estrategia para medir la masa del axión en caso de que IAXO detectase alguna señal.

Un tema angular del proyecto es el estudio del escenario en que la materia oscura es altamente inhomogénea a pequeña escala (menor que un parsec). En esa línea completaremos el estudio del papel de las cuerdas cósmicas en el Universo primitivo, así como la formación de axitones y minicúmulos de axiones en el universo mediante

simulaciones numéricas y extrapolaciones analíticas. En colaboración con los grupos de Jens Niemeyer (Universidad de Goettingen) e Yvonne Y.Y. Wong (Universidad de New South Wales), se está estudiando el colapso gravitatorio que describirá la densidad de estos cúmulos. En colaboración con el Instituto Max Planck de Munich, se está trabajando en astrofísica de axiones, cuerdas cósmicas y axtronomía (astronomía de axiones) con detectores de materia oscura axiónica, así como en la distribución local de velocidades y la identificación de mini clusters o tidal streams. En la detección de materia oscura axiónica, el grupo forma parte de las colaboraciones RADES (en el ámbito español) y MADMAX (colaboración internacional basada principalmente en Alemania). Con estos grupos se participará optimizando el diseño y caracterización de la señal en situaciones no ideales.

Dentro del proyecto RADES se estudia la posibilidad de extender el potencial de BabyIAXO en la detección directa de axiones de materia oscura mediante la utilización de sistemas tipo "haloscopio" (cavidades de radiofrecuencia) dentro del imán de BabyIAXO. Finalmente, otra avenida muy prometedora es la aplicación de tecnologías cuánticas para incrementar la sensibilidad de este tipo de montajes experimentales.

#### 5.4 | Física de neutrinos: desintegración beta doble

La búsqueda de la desintegración beta doble sin neutrinos de los núcleos es uno de los retos más importantes de la física de astropartículas. Su detección daría información única sobre la naturaleza del neutrino y su masa, y sobre el papel de esta partícula en el universo primitivo. Como se ha mencionado en la sección de antecedentes de esta memoria, la Universidad de Zaragoza tiene una trayectoria muy importante en esta línea de investigación, con aportaciones históricas ampliamente reconocidas en el campo, como la realización del experimento IGEX en los años 90. Posteriormente, miembros del grupo han participado en otros experimentos beta doble como CUORE o SuperNEMO, así como en el montaje BiPo, realizado en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc como apoyo a este último experimento. Miembros de los grupos proponentes han tenido un papel central en la concepción, propuesta y etapa inicial del experimento NEXT, actualmente parte del programa científico del LSC. Aunque actualmente no hay una participación formal en el mismo, se mantiene una actividad de apoyo en aspectos de radiopureza. Posteriormente, en 2015, la colaboración PandaX-III, compuesta principalmente por instituciones chinas, ha iniciado un ambicioso experimento para la detección de la desintegración beta doble del isótopo 136Xe con cámaras de proyección temporal leídas con planos Micromegas basadas en gran medida en conceptos desarrollados en Zaragoza como parte del proyecto TREX. En este contexto, se mantiene una relación de apoyo a dicha colaboración en aspectos de asesoramiento en la concepción y diseño de los planos Micromegas del experimento. Otra actividad en el LSC con participación CAPA es el experimento CROSS, que tiene como objetivo desarrollar y probar una nueva tecnología bolométrica que se aplicará a futuros experimentos a gran escala que busquen la desintegración doble beta sin neutrinos de los prometedores núcleos <sup>100</sup>Mo y <sup>130</sup>Te. Más recientemente, como parte de la colaboración LiquidO, se han iniciado estudios sobre la posibilidad de aplicar esta novedosa tecnología, basada en el centelleo de un líquido traslúcido registrado por una red tridimensional de fibras ópticas, a la búsqueda de la desintegración beta doble.

#### 5.5 | Radiactividad y técnicas de ultra bajo fondo

En el LABAC (Laboratorio de Bajas Actividades) se realiza el estudio de la radiactividad medioambiental mediante la caracterización de muestras orgánicas e inorgánicas. Una parte de este estudio se engloba dentro de la Red de Vigilancia Radiológica Ambiental nacional (REVIRA) del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), en la que se realizan medidas periódicas de aerosoles, suelos, agua potable y alimentos. También se hacen medidas para otros organismos públicos (entre ellos el Gobierno de Aragón y ayuntamientos) y empresas privadas, incluyendo, además de las muestras anteriores, materias primas, productos elaborados, residuos industriales, etc., que se gestionan mediante proyectos y contratos. Además, en colaboración con el LSC se realiza la monitorización del <sup>222</sup>Rn en el aire del laboratorio para verificar que es inferior a los límites legalmente establecidos en España, la determinación de un conjunto de parámetros físicos y químicos de las instalaciones del LSC y el uso conjunto de equipos de medida de radiopureza de materiales. El LABAC es un servicio oficialmente reconocido por la Universidad de Zaragoza y dispone desde febrero de 2019 de la acreditación de ENAC (1324/LE2490) para la medida de actividad alfa total y beta total en aguas de consumo y continentales según la norma UNE-EN ISO/IEC 17025; la acreditación fue renovada 2023.

En relación con otras líneas, también existe una colaboración en I+D con instituciones y empresas, tanto nacionales como internacionales, para el desarrollo y construcción de detectores de radiación radiopuros y de gran sensibilidad que puedan ser aplicados en experimentos de ultrabajo fondo radiactivo o en medidas de niveles de radiactividad muy inferiores a los correspondientes a la radiactividad natural.

#### 5.6 | Desarrollo de nuevos detectores de partículas

La actividad experimental mencionada en los puntos anteriores implica una vertiente instrumental importante, derivada del hecho de requerir especificaciones muy especiales a los equipos de detección (expresadas en términos de bajos niveles de ruido, radiopureza extrema de los materiales, etc.), para las que no existen estándares industriales. Evidentemente, esto implica ir más allá de la mera operación o utilización de detectores de partículas comerciales, y a menudo conlleva el reemplazo, mejora o desarrollo completo de partes de los detectores. Esto implica un conocimiento casi a nivel de construcción del detector y su tecnología asociada. La trayectoria de las actividades de física experimental de partículas ha permitido atesorar este tipo de saber-hacer para diversas tecnologías de detección, como por ejemplo, detectores de germanio, centelleadores, bolómetros y cámaras de proyección temporal. Esto ha propiciado un caldo de cultivo idóneo en el que realizar desarrollos más allá del estado-del-arte en estas tecnologías, siempre en conjunción con las técnicas de bajo fondo y radiopureza en las que la Universidad de Zaragoza es líder. Ejemplo destacado de esto es el proyecto TREX, financiado con una Starting Grant del ERC durante 2009-2015, en el que se han desarrollado nuevas cámaras de proyección temporal (TPCs), y, más específicamente, TPCs leídas por planos Micromegas, para su aplicación en búsquedas de sucesos poco probables como las descritas en los puntos anteriores. Esto ha permitido posicionar a la Universidad de Zaragoza como un referente internacional en esta tecnología de detección. Los desarrollos de TREX han resultado importantes en la participación en un buen número de las investigaciones mencionadas en los puntos anteriores; en particular, en los experimentos CAST, NEXT, PandaX-III, TREX-DM o IAXO. Otros ejemplos en esta línea son el desarrollo de detectores de centelleo avanzados, incorporando interesantes innovaciones para su aplicación en las líneas de investigación de CAPA. Se puede mencionar el proyecto ANAIS+, en el que se aprovecha la experiencia en la aplicación de detectores de NaI en la detección de materia oscura para intentar incrementar la sensibilidad con su operación en frío y con lectura mediante SiPMs, que puede permitir reducir sensiblemente el umbral del experimento y operar en el interior de un tanque de argón líquido como veto. Asimismo, recientemente, miembros del GIFNA se han incorporado en la colaboración LiquidO, que tiene como objetivo desarrollar detectores centelleadores opacos que ofrecen interesantes prestaciones en numerosos ámbitos de la física de sucesos poco probables.

#### 5.7 | Teorías gauge en el retículo

En el año 1974, Kenneth Wilson introdujo el retículo como una regularización no perturbativa de las Teorías de Campos. En 1980, Mike Creutz demostró, usando la formulación de Wilson y retículos relativamente pequeños, que se puede simular QCD en un ordenador obteniendo los resultados correctos de la Física del continuo. Desde la publicación de estos trabajos pioneros, la aplicación de las técnicas del retículo al estudio de los efectos no perturbativos en el Modelo Estándar ha logrado grandes éxitos. Las primeras contribuciones de científicos españoles en este campo aparecieron a principios de los 80, y los grupos de la Universidad de Zaragoza y de la Universidad Autónoma de Madrid fueron los pioneros en España. La actividad del grupo de la Universidad de Zaragoza en el campo del "Lattice" se ha mantenido ininterrumpidamente desde entonces. Miembros del grupo han sido invitados a dar charlas plenarias en diversas conferencias "Lattice Symposium" y han participado en la organización del último de estos simposios, celebrado en Granada en 2017, que contó con la participación de más de 400 congresistas de todo el mundo.

En la actualidad, dentro de la colaboración HPQCD (High Precision QCD), se desarrolla el cálculo a partir de primeros principios (usando la formulación del retículo), de magnitudes de interés fenomenológico en QCD. Esto es importante como test de precisión en el régimen no perturbativo, además de ser crucial en la búsqueda de física más allá del Modelo Estándar. Recientemente, hemos desarrollado métodos muy precisos para tratar sistemas con quarks charm, que han sido tradicionalmente difíciles de incluir en las simulaciones en el retículo. Hemos calculado las constantes de desintegración leptónicas de los mesones D y DS con una precisión muy superior a la que había sido posible hasta ahora, así como el valor de la masa del quark charm.

Por otra parte, entender el papel del parámetro 'theta' (θ) en QCD y su conexión con el problema CP fuerte, la física de axiones y sus implicaciones en el universo primitivo, es uno de los mayores desafíos para los físicos teóricos de altas energías. Investigadores del grupo de la Universidad de Zaragoza tienen mucha experiencia en la elaboración de algoritmos eficientes para simular sistemas con un término de vacío theta superando el problema de signo severo, así como en la aplicación de ellos al cálculo de la energía del vacío y de la carga topológica en varios sistemas físicos excepcionales. Uno de nuestros principales objetivos es escribir un código para simular QCD con término topológico y calcular la dependencia en theta. Existe un interés añadido en esta línea debido a que por primera vez el comportamiento de la materia hadrónica en condiciones extremas de temperatura y densidad puede verificarse mediante colisiones de iones pesados que están realizándose en los laboratorios de Brookhaven y CERN. También se posee una extensa experiencia en simular QCD a densidad bariónica finita, donde el problema de signo severo está también presente.

# 5.8 | Aplicaciones de la teoría de campos en información cuántica y materiales topológicos

Las técnicas de la física de partículas han encontrado recientemente aplicaciones inesperadas en dos campos de la física con importantes perspectivas desde el punto de vista tecnológico: la teoría de información cuántica y la obtención de materiales topológicos. La pléyade de nuevos materiales con interesantes propiedades tipo conductor/aislante, debido a su estructura topológica interna, abre nuevas perspectivas a la aplicación de los métodos de teoría de campos de la física de altas energías. Aunque a nivel fundamental los materiales topológicos no son relativistas, en ciertos regímenes presentan estados de borde en los que existen pseudopartículas que se comportan como las partículas de las teorías cuánticas de campos. Utilizando técnicas de la física de partículas se pueden predecir nuevos efectos y tipos de comportamientos conductor/aislante que pueden dar lugar a interesantes aplicaciones en computación cuántica y espintrónica.

# 5.9 | Fenomenología del Modelo Estándar de Física de Partículas y nueva física más allá del Modelo Estándar

El Modelo Estándar de la Física de Partículas (SM) ha sido confirmado en los aceleradores de altas energías con una precisión del orden de la milésima, siendo su más reciente éxito el descubrimiento de la partícula de Higgs en el Large Hadron Collider (LHC). No obstante, existen razones teóricas para creer que el SM podría no ser la última palabra en la teoría de las interacciones fundamentales. Algunos problemas teóricos permanecen aún sin respuesta, como por ejemplo: la gran diferencia entre la escala electrodébil y la escala de Planck, el origen de la materia oscura, la existencia de tres generaciones de fermiones, etc. En consecuencia, se proyectan e investigan extensiones del SM que tratan de solucionar estos problemas, llamadas teorías o modelos de Nueva Física. Actualmente no se han observado aún las nuevas partículas propuestas en estos modelos, imponiéndose restricciones sobre sus masas y parámetros, sin excluir totalmente la posible observación de partículas de Nueva Física en los experimentos actuales o futuros.

Existen muchas extensiones del Modelo Estándar que pretenden describir la física de altas energías en regímenes de energías superiores a las actuales donde se espera que aparezcan próximamente discrepancias que requieran un cambio de modelo. Entre estas propuestas destacan los modelos que incorporan supersimetría como simetría básica complementaria de las simetría gauge y Poincaré. Las predicciones fenomenológicas de estos modelos han sido muy discutidas en trabajos previos de nuestro grupo. Actualmente, estos modelos se han visto muy restringidos por los recientes resultados de los experimentos ATLAS y CMS del CERN. Sin embargo, existen todavía regiones de parámetros que no están excluidas y es imprescindible tener al día todos los datos y predicciones de los modelos supersimétricos posibles para contrastar con los resultados experimentales y posibilitar el descarte definitivo o no de estos modelos. Los cálculos requieren poderosas herramientas de análisis y un desarrollo del software apropiado. Nuestro grupo trabaja activamente en esta área, formando parte además del grupo de trabajo "LHC Higgs Cross Section Working Group", creado con el objetivo de investigar de manera coordinada entre físicos teóricos y experimentales, todos los observables de precisión y pseudo-observables relevantes para la física de los bosones de Higgs, tanto en el SM como en sus extensiones supersimétricas. Este trabajo requiere la colaboración activa de los principales

físicos teóricos que desarrollan los marcos teóricos y las herramientas de cálculo, con las diferentes colaboraciones experimentales. Esta es una de las líneas que nuestro grupo desarrollará con gran interés en los próximos años.

Por otra parte, con la avalancha de nuevas mediciones experimentales en el LHC se hacen necesarias predicciones teóricas cada vez más precisas, bien desarrollando estrategias para obtener información de partículas que incluso puedan ser demasiado pesadas para ser descubiertas, pero cuya existencia se manifestaría a través de correcciones cuánticas (medibles experimentalmente), o mediante la utilización del método de lagrangianos efectivos, que nos permite describir la física de un sistema en función de los grados de libertad ligeros de la teoría (los que se detectan en los experimentos) y codificar así los efectos de Nueva Física en acoplamientos efectivos entre estos campos. Las diferencias entre estos acoplamientos efectivos y los acoplamientos del SM nos proporcionan información sobre la posible Nueva Física, y/o nos confirman la validez del SM y sus posibles extensiones. En este marco de estudio, la física de observables de sabor ha cobrado un interés especial en los últimos años motivado por las discrepancias con respecto a las predicciones del SM obtenidas en el experimento LHCb en el CERN. Nuestro grupo posee también experiencia en este campo de trabajo, y actualmente se están dirigiendo tesis doctorales en este campo de investigación de temática actual.

#### 5.10 | Teorías mas allá de la Relatividad General

Una componente fundamental de la física del universo que está más allá del Modelo Estándar de Partículas es todo lo relacionado con la interacción gravitatoria, de hecho la primera interacción descubierta por la humanidad. Hasta ahora la teoría de la Relatividad General de Einstein describe con bastante éxito dicha interacción en un amplio rango de escalas físicas que van desde el milímetro hasta escalas intergalácticas. Sin embargo hay varias razones para esperar una modificación de la teoría tanto a distancias más cortas como a mayores distancias.

Pretendemos analizar, a la vista de los resultados de LIGO/VIRGO sobre ondas gravitatorias, los efectos de alternativas a la teoría de Einstein de gravitación que pueden ser importantes para la solución de los principales problemas cosmológicos del Modelo Estándar: el problema de la pérdida de información, energía oscura, materia oscura, etc. La multitud de modelos alternativos que explican algunos de estos fenómenos se ha visto muy constreñida por los resultados recientes de LIGO/VIRGO. Las teorías que se están analizando en el Centro pasan este filtro y son compatibles también con los resultados del satélite PLANCK. Asimismo, consideraremos consecuencias más formales a nivel de teoría de campos, como el estudio de los diferentes mecanismos de desacoplo necesarios para hacer compatible la presencia de campos escalares adicionales (dilatón, etc.) con los tests experimentales de la relatividad general.

A grandes escalas, el modelo de universo inflacionario que mejor se ajusta a los datos observacionales es el modelo de Starobinsky, que implica una modificación de la teoría de Einstein mediante un término  $R^2$ .

Por otra parte la aparición de efectos cuánticos debido a la existencia de anomalías conformes equivale a una modificación bien definida de la teoría de la gravitación (GR) de Einstein. Estos efectos pueden codificarse en una teoría de campos efectivos (EFT) y su papel puede ser especialmente relevante en dos campos de investigación: la física de colisión de los agujeros negros (BH) y la cosmología estándar  $\Lambda$ CDM.

El incesante incremento de datos provenientes de observaciones cosmológicas y astrofísicas de múltiples fusiones de agujeros negros (BH) proporcionan nuevas fuentes de información que hacen posible probar la relevancia de estos

efectos cuánticos en dichos fenómenos.

Otro argumento que lleva considerar la teoría de Einstein como una teoría efectiva de otra más fundamental es su no renormalizabilidad como teoría cuántica de campos.

Este problema puede solucionarse introduciendo términos con derivadas más altas de la curvatura espaciotemporal que generalicen el modelo de Starobinsky. Muchas de las teorías de este son renormalizables pero la mayoría presenta problemas de consistencia relacionados con violaciones de la causalidad y la unitaridad. Otro efecto de estas teorías es que a pesar de que no tienen divergencias ultravioletas, presentan soluciones de agujeros negros con propiedades peculiares y una dinámica bastante diferente a los agujeros negros de la teoría de Einstein.

La línea de investigación de CAPA que aborda este problema tiene los siguientes objetivos fundamentales:

- Completar la teoría de Einstein mediante términos con derivadas más altas para lograr una teoría consistente de la gravedad cuántica.
- Explorar el comportamiento de las diferentes teorías de la gravedad en escalas inferiores al milímetro para encontrar posibles desviaciones de la Relatividad General.
- Analizar la física de los agujeros negros de las teorías derivadas superiores de la gravitación y sus implicaciones para las fusiones binarias de agujeros negros.

#### 5.11 | Fenomenología de gravedad cuántica

La construcción de una teoría de gravitación cuántica es uno de los problemas abiertos más importantes de la física teórica, que sin embargo se enfrenta a la falta de guía experimental como consecuencia de que la exploración de la gravedad cuántica requiere energías mucho mayores de las alcanzables en nuestros aceleradores de partículas. No obstante, el entendimiento de que podrían encontrarse efectos de gravedad cuántica en las partículas más energéticas a las que tenemos acceso (los mensajeros cósmicos de más alta energía) dio lugar a partir de los años 90 al campo de la fenomenología de gravedad cuántica.

En la presente línea se pretende explorar la posibilidad de ir más allá del marco de la teoría cuántica de campos relativista para incorporar efectos cuánticos de gravedad que puedan resultar observables, así como estudiar la fenomenología asociada. Una de las posibles consecuencias de una teoría de gravedad cuántica es la modificación de las simetrías del espacio-tiempo, lo cual deja abierta la cuestión de identificar huellas de las posibles modificaciones a la invariancia relativista. La física de astropartículas (rayos gamma, neutrinos y rayos cósmicos de muy alta energía) es el lugar idóneo para el estudio de las huellas de una modificación de la relatividad especial, tanto por las altas energías alcanzadas por los mensajeros cósmicos como por las enormes distancias recorridas en su propagación desde sus fuentes hasta nuestros detectores. Los datos futuros de las colaboraciones AUGER, IceCube, KM3NeT, Fermi o CTA serán vitales para este estudio. Nos proponemos llevar a cabo un análisis detallado de las consecuencias fenomenológicas de las posibles formas en que las simetrías de relatividad especial pueden estar rotas o deformadas a altas energías, incluyendo una aproximación multimensajero (análisis combinado de las distintas astropartículas) al problema. Para ello, nuestro grupo mantiene contactos con investigadores expertos en la detección de los mensajeros cósmicos, resultado de nuestro liderazgo en la acción COST CA18108, tales como Tomislav Terzić (Universidad de Rijeka, colaboraciones MAGIC y CTA), Denise Boncioli (Universidad de L'Aquila y GSSI, colaboración AUGER), o

Antoine Kouchner (Université Paris Cité y APC, colaboración KM3NeT), y con grupos teóricos de otras universidades (Giovanni Amelino-Camelia, Universidad de Nápoles, o Stefano Liberati, IFPU y SISSA, Trieste).

# 5.12 | Sistemas híbridos clásico-cuánticos y sus implicaciones en teoría de campos: geometrodinámica híbrida

Se denominan sistemas híbridos a aquellos sistemas dinámicos en los que coexisten partículas descritas clásicamente que interactúan con partículas descritas cuánticamente. Normalmente, se obtienen como aproximaciones a modelos cuánticos en los que la dinámica de algunos de los grados de libertad, con masas mucho más elevadas que otros (y escalas de tiempo características mucho más largas), pueden ser aproximadas por modelos clásicos con una exactitud compatible con la escala de medida del sistema. El ejemplo más habitual es el de la dinámica de sistemas moleculares en los que los electrones de la capa de valencia se modelizan como objetos cuánticos para explicar la reactividad mientras todos los demás grados de libertad pueden representarse como un sistema de partículas clásicas. Nuestro grupo lleva varios años estudiando distintas propiedades de estos sistemas y desarrollando aplicaciones para la simulación numérica de los mismos.

Un esquema similar puede proponerse para un sistema de teoría de campos en el que un campo de materia cuántico evolucione acoplado a un campo gravitatorio clásico. En este caso, podemos considerar que esta descripción híbrida debería de ser una aproximación para un hipotético modelo donde un campo gravitatorio cuántico evolucionase acoplado a un campo de materia también cuántico. Es bien sabido que tal descripción cuántica de la gravedad no está todavía disponible; sin embargo, este enfoque híbrido puede proporcionar intuición suficiente para anticipar algunas de las propiedades de esta teoría futura dado que debería aproximar su comportamiento en los regímenes adecuados. Las aplicaciones más naturales son los sistemas próximos a singularidades del campo gravitatorio, como agujeros negros o el *Big Bang*. Nótese, sin embargo, que los desafíos técnicos de la descripción híbrida son notables, pues obligan a un tratamiento de teoría cuántica de campos sobre una métrica arbitraria y en evolución, y al estudio de la *backreaction* entre ambos objetos. Las técnicas de cálculo estocástico (cálculo de Malliavin) proporcionan herramientas tremendamente útiles para estos modelos cuyas aplicaciones estamos desarrollando.

# Actividades de formación y divulgación

La mayoría de la comunidad proponente del nuevo Instituto CAPA es personal docente e investigador (PDI) de la Universidad de Zaragoza. Como tal, se trata de académicos comprometidos, además de con la investigación, con las actividades de docencia, tanto de grado (especialmente en el Grado de Física), como de máster y de doctorado. Las actividades de formación más relacionadas con la actividad investigadora del CAPA son las llevadas a cabo como parte de los nuevos estudios de máster en "Física del Universo" que se describe específicamente en la sección 6.2, así como en el programa de doctorado. Un buen indicador de la intensidad de estas actividades son las tesis dirigidas, tanto doctorales como de máster y grado. En el anexo D se lista la totalidad de las tesis dirigidas por miembros del CAPA en el último quinquenio 2019-2023, que suman un total de 8 (16 más en curso), 17 y 67, tesis doctorales, de máster y de grado, respectivamente.

Por otro lado, la comunidad proponente está ampliamente comprometida con tareas de divulgación científica, dirigida tanto a estudiantes preuniversitarios, como a la sociedad en general. La trayectoria en divulgación es muy notable, con algunas actividades periódicas consolidadas y reconocidas en el entorno local, como son el *Handson particle physics*, el Día de la Materia Oscura (*Dark Matter Day*), la noche europea de los investigadores e investigadoras, entre otras. Algunas de éstas se describen en las secciones siguientes. Una mención especial merecen las actividades encaminadas a visibilizar el trabajo de las científicas y promover futuras vocaciones entre las niñas y adolescentes. La comunidad CAPA está especialmente comprometida con el objetivo de contrarrestar los estereotipos de género en las carreras STEM, que contribuyen a perpetuar la brecha de género en cuanto a la actitud de los estudiantes, especialmente de género femenino, ante estos estudios. Un listado de todas las actividades de divulgación con participación de miembros CAPA, en los últimos cinco años, se lista en el anexo G.

La creación del nuevo Instituto servirá para intensificar y dar más visibilidad a las tareas de formación especializada y de divulgación científica en las temáticas del CAPA.

#### 6.1 | Tesis y otros trabajos académicos

En CAPA, desde el año 2019 se han defendido 8 tesis doctorales con temáticas relacionadas con instrumentación y detección de materia oscura, fenomenología de física de partículas, relatividad especial, y teorías en el retículo. El listado aparece en el anexo D, junto con las 16 tesis doctorales en curso, que deberán finalizar, en su mayoría, en los dos próximos cursos.

Así mismo, tal y como se recoge en el anexo D, en este periodo se han dirigido 17 Trabajos Fin de Máster y casi 70 Trabajos Fin de Grado, lo que muestra el interés de los estudiantes en la temática del CAPA. También se han tutelado y realizado cerca de 20 prácticas internas de estudiantes de grado y máster.

#### 6.2 | Máster en Física del Universo

El Máster en Física del Universo: Cosmología, Astrofísica, Partículas y Astropartículas fue aprobado por el Gobierno de Aragón en febrero de 2021, y comenzó a impartirse el curso 2021-22. Fue propuesto, y es coordinado e impartido, por profesores del Centro de Astropartículas y Física de Altas Energías (CAPA). Cuenta también con la implicación del Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón (CEFCA) y del Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC).

Este máster está dirigido a graduados o licenciados que quieran especializarse en el estudio de la Cosmología, Astrofísica, Astronomía, Astropartículas y Física de Partículas, tanto en una orientación teórica-fenomenológica, como experimental o tecnológica. El Máster ofrece una formación única, fusionando Física de Partículas, Cosmología, Astrofísica, Astronomía y Astropartículas, y con acceso a dos Infraestructuras Científicas y Técnicas Singulares (ICTS), como son el como el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC) y el Observatorio Astrofísico de Javalambre (OAJ), gestionado por el CEFCA. Este enfoque es diferente de otros programas nacionales e internacionales que abordan estas áreas por separado. Las diferentes materias han sido diseñadas para que, dentro del ámbito de estudio de la Cosmología, Astrofísica, Astronomía, Astropartículas y Física de Partículas, los estudiantes, además de profundizar en los avances más recientes y en las actuales líneas de investigación, aprendan técnicas y herramientas informáticas, técnicas instrumentales, desarrollos teóricos, resolución de problemas, análisis de datos, trabajo colaborativo y en grupo, etc. Así, al finalizar sus estudios, los titulados pueden iniciar una Tesis Doctoral y/o integrarse como investigadores o técnicos cualificados en equipos de investigación en los ámbitos de Cosmología, Astrofísica, Partículas y Astropartículas.

La propuesta tiene una fuerte vocación internacional, con docencia tanto en inglés como en castellano: se cuenta con recursos para que cualquier actividad formativa pueda ser realizada en cualquiera de los dos idiomas, a elección del estudiante. Se quiere abrir las fronteras a estudiantes de la Universidad de Zaragoza, facilitando intercambios y estancias en prácticas, y atraer estudiantes internacionales. Se ha firmado un convenio de doble titulación con la Universidad de Cergy-Paris, y se trabaja en convenios similares con las universidades de Turín y de Bari.

En los dos cursos de impartición del este título, el perfil de los estudiantes ha sido muy variado: físicos, matemáticos, ingenieros; de la Universidad de Zaragoza, de otras universidades, Erasmus; combinando estudiantes a tiempo completo y a tiempo parcial. Los profesores han sabido adaptar sus clases a esta diversidad y el grado de satisfacción de los estudiantes es muy alto. Además la formación avanzada en estos temas, ha posibilitado que muchos de los estudiantes hayan iniciado estudios de doctorado, y otros hayan obtenido contratos de investigación.

6.3. Cursos y escuelas 47

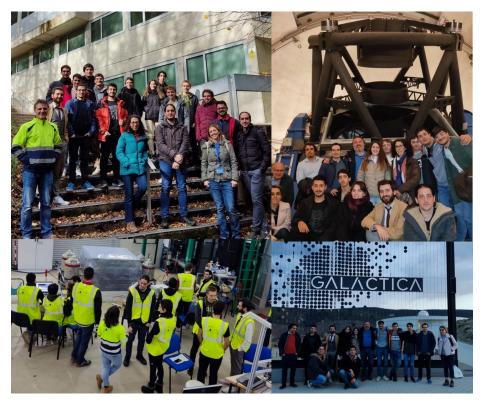


Figura 6.1: Estudiantes del Máster en Física del Universo en el LSC y el OAJ

#### 6.3 | Cursos y escuelas

Además de la docencia reglada en la Facultad de Ciencias, investigadores del CAPA también han organizado diferentes escuelas y cursos de formación, enumerados en el anexo F.

En el año 2022 se participó por primera vez, y como CAPA, en los cursos extraordinarios de UNIZAR, con el curso *La física del Universo*. El objetivo del curso fue dar una pequeña introducción de temas relacionados con la Física del Universo, proporcionando los conceptos básicos y el estado actual de nuestros conocimientos. Tuvo una gran aceptación, por lo que se participará en futuras ediciones.

En 2023 se organizó la primera escuela sobre el software REST-for-Physics. Este software ha sido concebido por investigadores de CAPA, ha sido adoptado por experimentos como IAXO, TREX-DM o PandaX-III para ayudar en el procesamiento y almacenamiento de datos experimentales oficiales, y es ampliamente utilizado en el ámbito académico por estudiantes de grado, máster y doctorado. La escuela, que tendrá una continuidad, tiene como objetivo proporcionar una visión general de las diferentes capacidades de REST-for-Physics a través de sesiones interactivas.

Cabe destacar también la frecuente participación en la organización del TAE - Taller sobre Física de Altas Energías. Es un taller internacional dirigido a complementar la formación de estudiantes graduados de primer y segundo año que están comenzando su investigación en Física de Altas Energías experimental o teórica, Astropartículas y Cosmología, y que realiza de forma anual en el CCBPP.

Entre 2021 y 2023, investigadores del CAPA han coorganizado tres escuelas Training Schools en el ámbito de

astropartículas y fenomenología de la gravedad cuántica (en Corfú, Belgrado y Wojanów), en el marco de la Acción COST CA18108, y, una vez acabada esta, se continúa coorganizando escuelas dirigidas a la misma comunidad (la próxima, en 2025, tendrá lugar en Bad-Honnef).

Por último, investigadores del CAPA han participado en los Comités Organizadores de varias escuelas temáticas internacionales, recogidas en el anexo F.

#### 6.4 | Hands on particle physics

Hands on particle physics es un proyecto educativo que trata sobre uno de los temas más avanzados de la Física, los componentes fundamentales de la materia y sus interacciones. Está dirigido a profesores y estudiantes de enseñanza secundaria que estén interesados en la Física de Partículas. Promovida por el Grupo Internacional de Divulgación de Física de Partículas, IPPOG, del CERN, el departamento de Física Teórica, y ahora CAPA, han organizado esta actividad desde hace más de 15 años en la Facultad de Ciencias, y desde hace 6 años en el Centro de Ciencias de Benasque Pedro Pascual. Actualmente hay 9 centros españoles implicados (la UB, la UGr, el CIEMAT, el IFAE, el IFCA, el IFIC, el IFGAE, el IFT, y el CAPA), aunque, bajo la coordinación del CIEMAT, nuevos centros se unirán próximamente.



Figura 6.2: Participantes buscando decaimientos del Higgs en datos de ATLAS. Actividad en la Facultad de Ciencias (arriba) y en el CCBPP (abajo)

Se busca que los estudiantes de secundaria entren en contacto con el mundo de la física de partículas, modelo estándar, aceleradores de partículas, colisiones, detectores, y análisis de datos, en un entorno internacional. El propósito es aumentar su conocimiento sobre los procesos más fundamentales que ocurren en el interior de la materia, y que los alumnos conozcan los nuevos descubrimientos en la Física de Partículas.

6.5. Dark matter day 49

Tras unas charlas sobre el Modelo Estándar, el sistema de aceleradores y detectores del LHC, los estudiantes, analizan visualmente los resultados de interacciones de protones en ATLAS, y clasifican los sucesos según diferentes canales de desintegración de las partículas que se buscan. Mas tarde, en una videoconferencia moderada por investigadores del CERN, los resultados se comparten con estudiantes principalmente de países europeos, pero también México, Nicaragua, Brasil, Turquía, Israel, Sudáfrica, Zambia, Marruecos, Argelia o Emiratos ...

#### 6.5 | Dark matter day



Figura 6.3: Noche del Dark Matter Day en la Facultad de Ciencias

Desde 2017, se celebra el Dark Matter Day. se trata de una iniciativa internacional que busca dar a conocer lo que ya sabemos acerca de la materia oscura y los numerosos experimentos que intentan resolver sus misterios

Desde ese mismo año, el Departamento de Física Teórica, y ahora el CAPA, organiza la semana previa la actividad *Hands on Dark Matter*. Durante una mañana, estudiantes de centros de enseñanza secundaria, visitan la Facultad de Ciencias, asisten a charlas, y realizan actividades interactivas y en el laboratorio relacionadas con la materia oscura.

La actividad se complementa con la *Yincana «A la caza de la materia oscura»* donde niños y mayores están invitados a participar para aprender sobre la materia oscura realizando una serie de pruebas en la Facultad de Ciencias.

Las actividades están pensadas para que las encuentren divertidas e interesantes desde niños de primaria hasta adolescentes y adultos. Al celebrarse la noche de Halloween, se anima a los participantes a venir disfrazados.

Esta fiesta científica de Halloween acaba con «El baile de las partículas» en la explanada delante de la Facultad de Ciencias y, si es posible, una observación astronómica con telescopios.

#### 6.6 | Noche europea de los investigadores e investigadoras

Cada año, este evento tiene lugar el último viernes de septiembre en más de 300 ciudades de toda Europa con el fin de dar a conocer el trabajo de los investigadores de una forma amena y divertida. Si bien, la celebración de este evento llevaba ya varios años, a partir del 2020, UNIZAR ( su unidad de cultura científica) se une al grupo G9 de universidades para su organización. Y los investigadores del CAPA han participado de forma activa en todas las ediciones. Se pueden mencionar las últimas: 2023, 2022 o 2021. En estas ediciones los investigadores de CAPA han colaborado con dos *talleres-experimentos* (*Bajo los rayos cósmicos* y *Un mundo radioactivo*), para todos los públicos en el edificio *Paraninfo*, charlas, y mesas redondas.

Conectado a esta celebración internacional y como un pre-evento, se ofrecieron algunas actividades a estudiantes de primaria en el *Rincón de la Ciencia* del *Mercado agroalimentario* del Campus San Francisco.

#### 6.7 | Otras actividades

#### 6.7.1 | Jornadas de Puertas Abiertas, y de Inmersión en Ciencias, de la Facultad

Ya antes de la creación de CAPA, se contaba con sus investigadores para estas actividades de la Facultad. Los laboratorios de docencia se abren en estas jornadas para que grupos de estudiantes de secundaria conozcan de qué está formado el Universo y realicen actividades sobre rayos cósmicos o radioactividad. En la *Semana de Inmersión en Ciencias*, CAPA ofrece actividades sobre cosmología y astrofísica, física de partículas, astropartículas y rayos cósmicos a estudiantes de primer curso de bachillerato interesados por la física.

#### 6.7.2 | Jornadas de Puertas abiertas del LSC

Cada año, en otoño, el LSC organiza un día de puertas abiertas. Además de una visita guiada al laboratorio subterráneo, los participantes disfrutan de talleres diseñados tanto para adultos como para niños, charlas informativas y demostraciones de diferentes técnicas de detección. Investigadores del CAPA colaboran cada año con actividades para este día.

#### 6.7.3 | Maratón de Astropartículas

CAPA ha participado en dos ediciones en este proyecto financiado por FECYT "III Serie de Maratones de Astropartículas: detectores de rayos cósmicos en colegios de ámbito nacional", FCT-20-16233, coordinado por la Universidad de Alcala. Ha consistido en un maratón de actividades relacionadas con las Astropartículas y, junto con el CAPA, han colaborado la Facultad de Ciencias y el Laboratorio Subterráneo de Canfranc en las tareas realizadas en Aragón: talleres y charlas en centros de secundaria, actividades lúdicas para colegios en el *Mercado agroalimentario* del Campus de San Francisco, y talleres en la Facultad de Ciencias. En febrero de 2020 las actividades se focalizaron en el Planetario de Aragón, en Huesca.

6.7. Otras actividades 51

#### 6.7.4 | Charlas, podcast y artículos de divulgación

Entre las actividades de divulgación que se realizan desde la creación del Instituto se pueden mencionar también: charlas en centros de secundaria, en universidades, o en sociedades astronómicas; entrevistas de radio y podcast; y artículos de divulgación científica en la revista *conCiencias* de la Facultad, el suplemento *tercer Milenio* del periódico "Heraldo de Aragón", en la sección *Materia* de "El País", o en la revista "Muy interesante".

#### 6.7.5 | Actividades con nombre de mujer

Desde CAPA se considera que es importante poner en valor el trabajo realizado por sus científicas. Por ello, se participa en varias actividades cuya finalidad en visibilizar a las científicas y promover futuras vocaciones entre las niñas y adolescentes. Así, se pueden destacar: charlas con ocasión del 11F, participación, junto en el proyecto de la Facultad de Ciencias Hola, somos Científicas, y la aparición en dos ediciones en la campaña fotográfica Soy Científica. Vivo en tu barrio, organizada por la Unidad de Cultura Científica de UNIZAR en colaboración con el Ayuntamiento de Zaragoza.

## Estructura y Reglamento

Las dimensiones y objetivos del Instituto propuesto requieren la definición de una estructura para el mismo, así como un reglamento que regule su funcionamiento.

#### 7.1 | Reglamento

El art. 37 del Reglamento marco de Institutos de investigación de la Universidad de Zaragoza establece que la Memoria de creación de un Instituto Universitario debe contener la propuesta de un Reglamento de funcionamiento del mismo.

En cumplimiento de dicha disposición se desarrolla en el anexo A una propuesta de reglamento que atiende y regula los siguientes aspectos del futuro Instituto:

- la denominación, naturaleza y régimen jurídico del Instituto;
- sus objetivos y fines;
- el procedimiento y requisitos para la admisión de sus miembros, así como sus derechos y deberes;
- la organización científica del mismo y su estructura orgánica;

#### 7.2 | Estructura

Como se desarrolla en detalle en el anexo A, el futuro Instituto contará con los siguientes órganos de gobierno: el Consejo de Instituto y el Equipo de Dirección. Éste último se compone de los siguientes cargos unipersonales: el director, el (o los) subdirector(es) y el secretario. Además se contemplan dos comités con funciones de asesoramiento científico al equipo de Dirección, uno interno y otro externo al Instituto.

A nivel científico, el Instituto se organizará por líneas de investigación. Estas líneas podrán organizarse en áreas temáticas, cuya definición y modificación corresponde al equipo de Dirección (con aprobación del Consejo de Instituto). Dado el tamaño del instituto, no se considera necesario subdividir en exceso en áreas a su comunidad investigadora, con el objeto de potenciar las sinergias entres los distintos grupos de investigación. Una posible organización contaría con tan solo dos áreas científicas, englobando, las líneas de investigación teóricas y experimentales

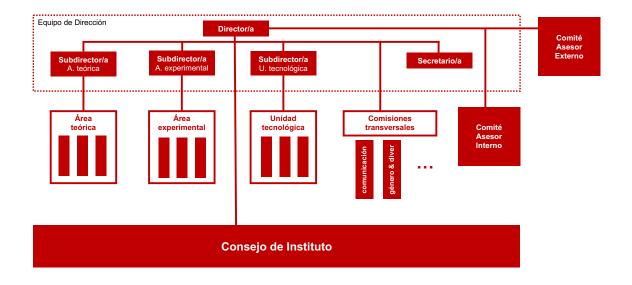


Figura 7.1: Organigrama del nuevo instituto.

respectivamente. La unidad tecnológica del CAPA, cuya creación está prevista como uno de los objetivos estratégicos del nuevo instituto (ver capítulo 9) podría constituir una tercera área. Esta estructura aconsejaría la definición de tres subdirectores, cada uno con competencias en la organización de cada una de estas tres áreas. Esta propuesta de estructura es la que está reflejada en el organigrama mostrado en la figura 7.1.

Finalmente, se prevé también la creación de comisiones de trabajo transversales, que permiten abordar cuestiones no científicas de interés transversal. Sin menoscabo de que en el futuro se creen otras, se proponen las comisiones listadas a continuación. Las dos primeras ya existen en el CAPA centro actual:

- Comisión de divulgación (outreach): encargada de promover y coordinar las actividades de divulgación del instituto.
- Comisión de igualdad de género y diversidad: encargada de diseñar protocolos de género y diversidad en todas las acciones del instituto, en particular en temas de reclutamiento, comités de evaluación, etc.
- Comisión de estudiantes: encargada de apoyar a los nuevos estudiantes e investigadores jóvenes, especialmente los extranjeros, en su integración en el CAPA.
- Comisión de reclutamiento y convocatorias: encargada de homogeneizar los procesos de publicidad y selección en las convocatorias de nuevos investigadores.
- Comisión de organización de seminarios: encargada de la organización de un calendario de seminarios científicos del instituto.

### Estudio de viabilidad

En este capítulo se aborda el estudio de viabilidad del nuevo Instituto de Investigación *Centro de Astropartículas* y *Física de Altas Energías*, en los ámbitos científico, técnico y económico.

#### 8.1 | Viabilidad científica

La viabilidad científica del Instituto viene avalada por el capital humano que lo integra: sus investigadores y su producción científica.

#### 8.1.1 | Investigadores

Como se mencionó en la sección 1.4, la comunidad investigadora proponente del nuevo instituto CAPA incluye actualmente a 74 investigadores y tecnólogos, 38 de ellos son investigadores doctores con contratos permanentes o *tenure-track* consolidados en la UNIZAR. Estos números no incluyen los investigadores que, perteneciendo a otros institutos universitarios u otros organismos del sistema investigador aragonés, realizan investigación relacionada y en estrecha colaboración con los investigadores del CAPA. Sin embargo, es previsible que estos últimos se incorporen al futuro Instituto, una vez creado, mediante la figura de miembros asociados. En la tabla 1.1 se mostraron estos números desglosados por categorías y en la tabla 1.2 los grupos de investigación reconocidos a los que dichos investigadores pertenecen. Finalmente en el anexo B se incluye la lista completa de los investigadores de la comunidad proponente del nuevo Instituto.

Esta comunidad realiza su investigación en estrecha colaboración con otros grupos y otros centros del ecosistema investigador aragonés, en particular los listados en la tabla 1.2. Destaca en particular la actividad realizada en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc, una de las dos ICTS (la otra es el Observatorio Astrofísico de Javalambre) temáticamente muy conectadas al CAPA (y que llamativamente no entran dentro del ámbito científico de ningún otro instituto de investigación universitario creado hasta la fecha en la Universidad de Zaragoza). La comunidad proponente del CAPA disfruta por tanto de una posición privilegiada con un gran potencial de generar nuevas sinergias entre los distintos agentes e infraestructuras científicas de nuestra región. La creación del nuevo Instituto promete llevar la

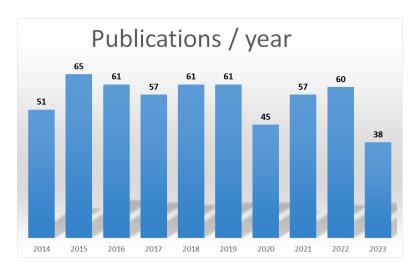


Figura 8.1: Evolución del número de publicaciones de la comunidad proponente CAPA.

investigación en Aragón, en las temáticas del CAPA, a un nuevo nivel de aprovechamiento y capitalización de las ya muy notables capacidades de nuestra región en este ámbito.

Como se expuso en el capítulo 4, uno de los objetivos del futuro Instituto es la promoción de la participación activa de los miembros del Instituto en las infraestructuras de investigación aragonesas mencionadas, así como la colaboración con otros centros de nuestra región. El Instituto propuesto nace claramente con la vocación de catalizador de nuevas sinergias y colaboraciones entre los agentes mencionados. Es importante resaltar que estas conexiones ya existen a determinados niveles, lo que hace de estas proyecciones objetivos realistas. Además, durante la preparación de esta memoria se ha recabado el apoyo explícito de instituciones como el LSC, el CEFCA o el ITAinnova, a la propuesta de creación del nuevo Instituto que aquí se expone. Es intención de la comunidad proponente, una vez creado el nuevo Instituto, el impulso de convenios de colaboración con los citados centros para articular de manera clara una estrategia común no solo en investigación, sino en otros ámbitos que resulten pertinentes como, p.ej., en formación, transferencia o divulgación.

#### 8.1.2 | Producción científica

La comunidad proponente disfruta de una trayectoria del máximo nivel en las líneas de investigación activas, como se describió en los capítulos 2 y 5. Disfruta asimismo del prestigio y reconocimiento de la comunidad internacional en esos ámbitos, avalado por una producción científica de calidad, con un impacto científico en constante aumento en años recientes. En la figura 8.1 se muestra el ritmo anual de producción científica en términos de número de publicaciones en revistas indexadas de la comunidad CAPA durante los últimos años. En la figura 8.2 se muestra la evolución del número de citas por año que dichas publicaciones reciben. En el anexo I se incluye la lista completa de publicaciones en el periodo de los últimos cinco años (2019-2023), mientras que en el anexo E se incluye la lista de participaciones en congresos científicos, otro indicador importante de la producción científica de la comunidad proponente. Otro indicador importante, que además demuestra el compromiso con la formación de nuevos investigadores, es la dirección de tesis doctorales, de máster y de grado. Las tesis defendidas en los últimos años se listan en el anexo D.

8.2. Viabilidad técnica 57

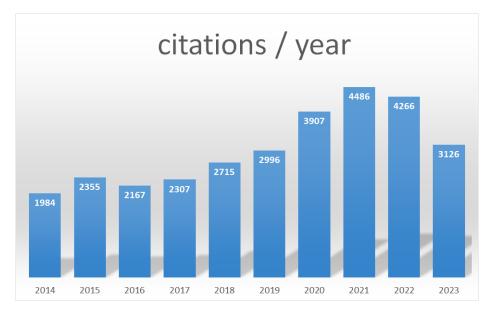


Figura 8.2: Evolución del número de citas por año a publicaciones de la comunidad proponente CAPA.

#### 8.1.3 | Proyectos en convocatorias competitivas

La comunidad proponente disfruta de una excelente trayectoria en la consecución de proyectos de investigación en convocatorias competitivas. En el anexo C se listan todos los proyectos que han estado (o están) activos en el ultimo quinquenio (2019-2023). Destacan, por su importancia, los proyectos del European Research Council (ERC), de la Agencia Estatal de Investigación (AEI) o del European Cooperation for Science and Technology (COST), entre otras agencias de financiación. En la tabla 8.1 se resume el número de proyectos por categoría.

#### 8.2 | Viabilidad técnica

La investigación específica llevada a cabo por la comunidad proponente del nuevo Instituto, especialmente en su vertiente experimental, requiere infraestructura muy especializada típicamente disponible en instalaciones y centros de investigación internacionales como CERN, DESY o LSC. Este último es particularmente relevante para la trayectoria de investigación de CAPA, ya que alberga una infraestructura única asociada con la física subterránea

Proyectos científicos, 2019-2023:			
Proyectos europeos / internacionales	3	3287 k€	
Proyectos nacionales	20	5047 k€	
Proyectos regionales	7	281 k€	
Total	30	8614 k€	

Tabla 8.1: Proyectos de los investigadores CAPA activos durante el quinquenio (2019-2023), por categorías, así como su financiación correspondiente, usando la metodología 1.

y técnicas de bajo fondo que son fundamentales para la investigación experimental en el CAPA. La comunidad proponente cuenta con los acuerdos y colaboraciones pertinentes que garantizan el acceso a estas infraestructuras en el marco de los proyectos o experimentos concretos. Por añadidura, se cuenta asimismo con infraestructura local, equipos o instalaciones particulares que han sido desarrollados por investigadores de CAPA (o adquiridos como parte de proyectos de CAPA) y que actualmente se utilizan para proyectos particulares o de manera más transversal para brindar servicio a más de un proyecto. Algunas de estas infraestructuras se encuentran en las instalaciones de CAPA en la Universidad de Zaragoza, pero otras se encuentran físicamente en el LSC.

En el anexo H se describen con cierto detalle técnico las infraestructuras CAPA más singulares de las arriba referidas, en particular:

- Los detectores de Germanio de alta pureza, propiedad de investigadores del CAPA (grupo GIFNA), pero en operación en el LSC, para realizar medidas de espectrometría gamma para cuantificar la radiopureza de muestras y componentes a utilizar en los experimentos del CAPA.
- El espacio de laboratorio IAXOlab, situado en el edificio CIRCE, de 140 m², y preparado para albergar las actividades de investigación y desarrollo para el proyecto IAXO.
- El detector AlphaCAMM, desarrollado específicamente para la detección de contaminaciones superficiales con emisión de radiación alfa.
- El detector ANAIS en operación en el LSC, en búsqueda de la señal de modulación anual de WIMPs, candidatos a la materia oscura; así como el laboratorio ANAIS, situado en la Facultad de Ciencias, y equipado con infraestructura para manipular cristales higroscópicos como los usados en ANAIS, para el montaje de prototipos con lectura óptica del NaI basada en SiPMs y para su caracterización y operación a temperaturas del orden de 100 K.
- Los detectors IAXO-D0 y IAXO-D1, el primero en operación en el IAXOlab y el segundo en el LSC, prototipos de los detectores de rayos-X de ultra-bajo fondo para el experimento BabyIAXO de búsqueda de axiones solares en construcción en DESY, Hamburgo.
- El detector TREX-DM, actualmente en operación en el LSC, en búsqueda de WIMPs de baja masa.
- El laboratorio de bajas actividades (LABAC), ubicado en la Facultad de Ciencias, que incluye varios espacios equipados para sus funciones: laboratorio de recepción de muestras, laboratorio de radioquímica y laboratorio de radiofísica.

Además de la infraestructura específica listada arriba, se cuenta además con acceso a espacios propiedad de la Facultad de Ciencias, gestionados por el Departamento de Física Teórica, áreas de Física Teórica (FT) y Física Atómica, Molecular y Nuclear (FAMN): dos Seminarios (FT y FAMN), tres salas de reuniones (dos de FT y una de FAMN), una sala de informática (FT), dos laboratorios de docencia (FAMN) y dos laboratorios de investigación (FAMN), un laboratorio de electrónica (FAMN) y un taller (FAMN). Se disfruta también de acceso a los servicios centralizados de apoyo a la investigación de la Universidad de Zaragoza, destinados al apoyo de la investigación científica, y que se encuentran en distintas ubicaciones de los campus de la Universidad de Zaragoza.

Por último, se ha añadido en el anexo H información sobre infraestructura futura que se espera adquirir o desarrollar en los próximos años en el CAPA. En general se trata de ampliaciones de la infraestructura o espacios existentes, nuevos laboratorios o nuevos equipos asociados a la actividades estratégicas propuestas para los primeros años del nuevo instituto (capítulo 9).

8.3. Viabilidad económica 59



Figura 8.3: Evolución de la financiación disponible por año durante el quinquenio 2019-2023 (metodología 2). Nótese que los totales difieren de los de la tabla 8.1 debido a la diferente metodología. En este caso se asigna a cada año tan solo la parte proporcional de cada proyecto activo en dicho año. El promedio anual corresponde a 1011 k€, y se usa como base para la proyección de la tabla 8.3

#### 8.3 | Viabilidad económica

El futuro Instituto CAPA disfrutará de una financiación basal, siguiendo las disposiciones del contrato-programa del Gobierno de Aragón para la financiación vinculada a la consecución de objetivos de la actividad de I+D+i realizada por la Universidad de Zaragoza, o acuerdo similar que esté vigente en su momento. Sin embargo, la viabilidad económica de las actividades de investigación futuras se fundamenta esencialmente en los fondos captados por sus investigadores en convocatorias competitivas. La trayectoria reciente de la comunidad proponente en la captación de este tipo de fondos es muy notable, especialmente si se normaliza a la dimensión de la comunidad.

Como muestra de dicha trayectoria, la tabla 8.1 resume cuantitativamente los recursos externos logrados durante los últimos cinco años —2019-2023—. En el anexo C se presenta la lista completa de proyectos y contratos obtenidos en este periodo. Las cantidades incluidas corresponden a la financiación lograda para UNIZAR de todos los proyectos que han estado activos en el periodo indicado, lo cual asciende a un total de más de 8.5 M€. En esta cantidad no se incluye el proyecto ERC-SyG recientemente logrado en 2023, pero que no comenzará hasta 2024 y que añadiría otros 4 M€. Como se observa, los ingresos en este periodo tienen su origen principalmente en convocatorias competitivas nacionales y europeas, destacando las del Consejo Europeo de Investigación o la Agencia Estatal de Investigación, seguidos de otras fuentes como la financiación otorgada por el Gobierno de Aragón a través de los grupos de investigación u otras convocatorias y contratos de investigación. La capacidad de captación de fondos del CAPA, normalizada a su dimensión en número de investigadores, está ya ahora a niveles similares o superiores a los de los institutos de investigación de la UNIZAR más competitivos en este indicador.

Otra gráfica ilustrativa es la mostrada en la figura 8.3. Aquí se distribuye la financiación obtenida por proyectos distribuida en cada uno de los años de vigencia del proyecto de manera proporcional, lo que da una idea más realista de los fondos gestionados por el CAPA en un año concreto. Nótese que el total no coincide con el total que aparece en la tabla 8.1, debido a la distinta metodología usada: parte de la cantidad de la tabla 8.1 corresponde a años fuera del periodo mostrado en la figura 8.3. Es interesante observar el constante aumento de financiación captada del que ha disfrutado el actual CAPA en los últimos cinco años. Este aumento, junto con el mostrado en la figura 8.2, apoya la afirmación de que la investigación del CAPA está pasando por un periodo de crecimiento importante en términos de impacto y envergadura de sus proyectos, aunque la cantidad de publicaciones, en términos puramente cuantitativos, se mantenga aproximadamente constante (con fluctuaciones año a año, esperables estadísticamente) como muestra la figura 8.1. Esto es debido a una mayor tasa de éxito en convocatorias competitivas de proyectos, y, en menor medida, a un exitoso resultado en captación de talento joven, en particular investigadores postdoctorales seniors con planes de estabilización. Esto último no solo está permitiendo compensar progresivamente el cambio generacional, sino que está aumentando la plantilla investigadora, tanto permanente como temporal, del CAPA. Consideramos que esta importante evolución, relativamente reciente, todavía no se ha trasladado completamente a la producción científica y la captación de recursos, por lo que es razonable anticipar una continuación de este crecimiento en los próximos años. Esta es la base de la provisión de ingresos realizada a continuación.

## 8.3.1 | Previsión de Ingresos y Gastos relativos a los fondos de investigación y estructurales

Se realiza a continuación una previsión de ingresos para el primer quinquenio de existencia del instituto, basado en la tendencia pasada de captación de fondos. Hay que tener en cuenta que este tipo de previsiones son inciertas debido a que la mayoría de los ingresos previstos del nuevo instituto vendrán a partir de convocatorias externas de proyectos. La base de nuestra proyección son los ingresos totales quinquenales mostrados en tabla 8.1 y la evolución de la captación de recursos anual en la figura 8.3.

Con la creación de un nuevo IUI se produce un efecto llamada en la agrupación y colaboración de los investigadores. Se espera por tanto un incremento del número de personas adscritas al mismo y por tanto se podrá concurrir a un mayor número de convocatorias de subvenciones con las que incrementar los recursos económicos provenientes de fondos públicos nacionales e internacionales. Estos fondos permitirán satisfacer necesidades del futuro IUI y contribuir a su autofinanciación, sin que suponga mayor dedicación de fondos ni para la Comunidad Autónoma, ni para la Universidad de Zaragoza (excepto los costes de personal mostrados en la tabla 8.5).

Teniendo en cuenta lo antedicho, y con la experiencia de creación de IUIs anteriores, consideramos razonable que en un futuro los datos de captación de recursos mostrados experimenten un incremento aproximado de 20 % en convocatorias de carácter nacional y autonómico e incluso del 30 % para convocatorias de financiación europea dado el alto potencial de internacionalización del CAPA.

Estos incrementos se pueden aplicar al total de ingresos del quinquenio usando la metodología 1 (tabla 8.1) lo que nos da la proyección mostrada en tabla 8.2 para el quinquenio 2026-2030. La tabla 8.4 desglosa el total de los ingresos en categorías de gasto y usa la misma proporción para estimar dicho desglose también en el total proyectado.

Por otro lado, un incremento similar se puede aplicar al promedio anual derivado con la metodología 2 (figura 8.3), lo que nos daría la cifra recogida en la segunda columna de la tabla 8.3. En esta columna no se asume ninguna evolución

8.3. Viabilidad económica 61

posterior, de manera que se espera un nivel de captación constante en años posteriores. Esta proyección anual es relativamente conservadora, pues con los ingresos asegurados de la ERC-SyG que comienza en 2024, más una continuidad en los ingresos por proyectos regulares nacionales y la financiación basal esperable como instituto, sería suficiente para su cumplimiento. Siguiendo los argumentos expuestos más arriba, es razonable considerar otro escenario más optimista, definido como un 30 % superior al ingreso anual promedio en el quinquenio de referencia, para el primer año del quinquenio 2026-2030, seguido de ingresos progresivamente superiores en un 10 % anual. Este escenario se muestra en la tercera columna de la tabla 8.3.

La gestión de estos proyectos de investigación la seguirán realizando las respectivas unidades (SGI, OTRI, OPE, GESPI) de la Universidad de Zaragoza (UNIZAR) sin que sea necesario incrementar personal para esta labor. UNIZAR asignará un administrativo para las tareas de organización y gestión del Instituto, asumiendo su dotación a partir del 1 de enero del año natural siguiente a la creación del IUI CAPA. Así mismo, asumirá los complementos retributivos del personal directivo del Instituto. El administrativo ofrecerá apoyo de administración a los investigadores del instituto, así como tareas de gestión de proyectos.

A excepción del personal indicado en el párrafo anterior, los recursos de Instituto habrán de proceder de los obtenidos mediante subvenciones de convocatorias públicas en concurrencia competitiva y de contratos con empresas u otras entidades para la realización de trabajos, servicios y estudios de carácter científico-técnico.

Respecto a los espacios del IUI CAPA, seguirán siendo los mismos, es decir, ubicaciones en las dependencias de UNIZAR (Facultad de Ciencias, Campus Río Ebro, ...) y en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC). Los costes asociados por la utilización de estos espacios no supondrán coste adicional de mantenimiento, suministros eléctricos, seguridad, ..., puesto que son los mismos que se han venido acometiendo en los últimos años y son asumidos por UNIZAR con cargo a los costes indirectos retenidos en los proyectos o el propio LSC.

Por ello, el Gobierno de Aragón no asumirá ningún coste relativo a la financiación del IUI CAPA puesto que el mismo se integrará en el actual Contrato Programa que tiene suscrito con UNIZAR para la financiación basal de los Institutos de Investigación Propios y Mixtos.

Previsión de ingresos finalistas(*), metodología 1, para el periodo 2026-2030			
Concepto	Descripción	2019-2023	Previsión 2026-2030
Subvención instituto	Contrato programa	0 k€	500 k€
Proyectos competitivos	Autonómicos	281 k€	337 k€
Proyectos competitivos	Nacionales	5047 k€	6056 k€
Proyectos competitivos	Europeos	3267 k€	4247 k€
Total anual		8595 k€	11140 k€

Tabla 8.2: Escenario de ingresos y gastos finalistas relativos al futuro IUI CAPA.(\*) incluido el overhead.

Evolución previsión de ingresos finalistas(*), metodologia 2.			
Año	Escenario conservador	Escenario optimista	
2026	1359 k€	1415 k€	
2027	1359 k€	1556 k€	
2028	1359 k€	1712 k€	
2029	1359 k€	1883 k€	
2030	1359 k€	2071 k€	

Tabla 8.3: Previsión de ingresos anuales finalistas con la metodología 2, escenarios conservador y optimista.(\*) incluido el overhead.

Previsión de gastos directos finalistas, metodología 1, para el periodo 2026-2030:			
Categoría de gasto	2019-2023	2026-2030	
Gastos de personal	4040 k€	5236 k€	
Equipamiento	1805 k€	2340 k€	
Otros	2750 k€	3565 k€	
Total anual	8595 k€	11141 k€	

Tabla 8.4: Previsión de gastos anuales durante el quinquenio 2026-2030, metodología 1, y su desagregación en gastos de personal y otros gastos (suministros y equipamiento) asumiendo una relación similar a la ejecutada en años anteriores

Gastos indirectos adicionales, cifras anuales.				
Concepto	Descripción	Importe	Observaciones	
Tecnico apoyo de procesos administrativos	Coste de un grupo C1	36.600 €	Coste asumido por UNIZAR	
Personal directivo instituto	Complementos cargos dirección y reducción docente	28.500 €	Coste asumido por UNIZAR	
Total anual		65.100 €		

Tabla 8.5: Relación de gastos indirectos adicionales asociados a la creación del instituto, costes asumidos por la Universidad de Zaragoza.

## Definición estratégica

Una vez constituido como instituto, y conforme a la normativa de la Universidad de Zaragoza para los institutos universitarios, el CAPA deberá elaborar planes estratégicos de manera periódica (generalmente cada cinco años). El primero de estos planes deberá elaborarse poco después de su constitución como instituto. En previsión de ello, el proceso de definición de la estrategia del instituto ya está en marcha. En este capítulo se resumen las líneas principales del plan estratégico para el primer quinquenio de existencia del instituto, que se desarrollará de manera más completa durante los primeros meses tras su constitución.

#### 9.1 | Planteamiento general y justificación

Los objetivos y actividades de investigación científica y estratégica propuestos para el primer plan estratégico del instituto CAPA se pueden dividir en tres categorías. La primera se refiere a acciones totalmente alineadas con las principales áreas de investigación del CAPA, etiquetadas L1 a L5. Constituyen los principales objetivos científicos del plan e incluyen actividades de investigación directamente dirigidas a fortalecer las áreas donde CAPA ya está produciendo investigación de primer nivel. La segunda categoría abarca acciones que identifican iniciativas de investigación novedosas, ya sea porque son subproductos o extensiones potenciales de áreas actuales, que están emergiendo como sinergias entre ellas y/o que pueden surgir de colaboraciones y oportunidades recientes en el CAPA. Estas acciones, denominadas E1 a E4, incluyen actividades que enriquecerán y ampliarán la cartera de investigación del CAPA y podrían potencialmente evolucionar hacia líneas de investigación completamente nuevas en el futuro, dependiendo de la atracción de nuevo talento joven adecuado. La tercera categoría está formada por las acciones transversales, denominadas T1 a T4, vinculadas a la creación y consolidación de la Unidad Tecnológica del CAPA, que es uno de los principales objetivos estratégicos propuestos para el primer quinquenio de existencia del nuevo instituto.

Este enfoque se justifica por las oportunidades y desafíos a los que se enfrenta CAPA en este período particular de transición a un instituto universitario (ver el análisis DAFO en la sección 3.4). En particular queremos resaltar estas consideraciones:

■ CAPA es un centro de investigación de tamaño modesto, pero con resultados de investigación muy exitosos

en áreas específicas, gracias a la particular trayectoria de investigación y al conocimiento acumulado de los científicos de CAPA, combinado con la presencia de una infraestructura de investigación única en la región (LSC), así como por el establecimiento de colaboraciones científicas proactivas y duraderas con socios internacionales clave. Este carácter original debe preservarse, reforzarse y explotarse aún más para asegurar el impacto científico en el futuro.

- La cercanía y coherencia entre los grupos CAPA, especialmente entre las áreas teórica y experimental, ha sido un ingrediente del éxito, sobre todo en los últimos tiempos. Es necesario preservar y fomentar aún más este potencial de sinergia en el futuro.
- La presencia de infraestructuras científicas singulares en el entorno "local", especialmente la del LSC, con una relación muy fuerte con el CAPA, es una seña de identidad única, que ofrece capacidades y oportunidades diferenciales respecto a otros centros del panorama nacional e internacional. Es necesario reforzar y explotar aún más la relación y las sinergias con el LSC, así como con otras infraestructuras aragonesas como el OAJ (CEFCA, Teruel) y el CCPPB (Benasque).
- La atracción de nuevo talento investigador (especialmente postdocs internacionales, y en particular con fórmulas de permanencia) ha sido históricamente un difícil reto. Sin embargo, en los últimos años se está produciendo un cambio de tendencia muy fuerte (ver sección 8). Esta tendencia debe mantenerse y reforzarse en el futuro. Los buenos vínculos internacionales de los investigadores del CAPA deben utilizarse de manera efectiva para fomentar la internacionalización en todas las dimensiones del CAPA.
- Como centro de investigación (es decir, con una estructura y recursos transversales ausentes o muy livianos), todas las infraestructuras transversales, el personal técnico o los desarrollos tecnológicos existentes en CAPA se han establecido en el pasado como resultado de iniciativas basadas en proyectos u oportunidades coyunturales. Siguiendo la práctica de otras instituciones similares en el campo, es imperativa la consolidación y mayor expansión de dichos recursos transversales, mediante la creación de una unidad tecnológica del CAPA que los englobe y organice a todos ellos. La unidad debe tener en cuenta el carácter original y las necesidades de las líneas de investigación y tecnologías del CAPA, con el fin de apoyarlas adecuadamente, aumentar el atractivo del CAPA para nuevos investigadores y maximizar su impacto científico y social.
- Las oportunidades en los ámbitos de la formación y divulgación del CAPA son grandes. Esto se debe, entre otros motivos, a la reciente creación de un nuevo máster en UNIZAR y a la rica cartera de actividades de divulgación que llevan a cabo los investigadores del CAPA. Es necesario seguir fortaleciendo estas dimensiones y explorar y explotar nuevas sinergias entre ellas y la actividad e infraestructura de investigación.

#### 9.1.1 | Acciones alineadas con las líneas principales del CAPA

#### L1. Búsqueda experimental de axiones

Durante los próximos años, la colaboración internacional IAXO, liderada desde el CAPA, debería concluir la construcción de imán superconductor BabyIAXO, previsiblemente en 2028, lo cual permitirá completar el experimento e iniciar la primera toma de datos en 2029 en DESY, Hamburgo. El resto de los componentes deberían estar

listos mucho antes, y de hecho se plantea la puesta en marcha "sin imán" y su operación en búsqueda de fotones oscuros, como fase previa mientras se completa el imán. Durante esta importante fase, el CAPA pretende mantener su rol de liderazgo en IAXO, con involucración en varios frentes: motivación física, coordinación, detectores de rayos-X, líneas de detección, radiopureza, análisis y software. En paralelo, en el próximo quinquenio se deberían realizar los estudios para actualizar el diseño del helioscopio final de IAXO, una vez que la construcción de BabyIAXO está encauzada. CAPA mantendrá una estrecha colaboración con centros internacionales como el CERN o DESY, cuyo papel en IAXO es vital.

Por otro lado, el proyecto RADES de búsqueda de axiones de materia oscura se enfrenta a importantes retos en los próximos años. El primer "haloscopio" enfriado a 10 mK de la colaboración está siendo construido en el MPP de Munich, y se espera una primera fase de física pronto, con masa de axión blanco de en torno a los 30-40  $\mu$ eV. Con el proyecto ERC-SyG DarkQuantum (iniciado en octubre de 2024, y liderado desde el CAPA) se desarrollarán sensores cuánticos para incrementar la sensibilidad a axiones de RADES (y el rango de masas) de manera muy importante. Previsiblemente, un montaje RADES mejorado cuánticamente se instalará en el LSC, para lograr un paso más de mejoría en sensibilidad. En paralelo, RADES/DarkQuantum prepara otro haloscopio de mayor tamaño, concebido para el interior del imán de BabyIAXO, y con sensibilidad a axiones de menor masa (1-2  $\mu$ eV).

En general, CAPA pretende seguir jugando un papel de liderazgo en todas estas actuaciones, y maximizar el impacto y visibilidad internacional de las mismas.

#### L2. Búsqueda experimental de WIMPs en el LSC

Dentro de esta línea de investigación hay que considerar tres proyectos principales en los que participan investigadores del CAPA, ANAIS, TREX-DM y DarkSide, en los dos primeros liderando el proyecto. Se detallan a continuación las acciones correspondientes a cada uno de estos proyectos.

Durante los próximos años el experimento ANAIS-112 va a terminar la toma de datos (prevista para finales de 2025) y cerrará los distintos análisis pendientes, siendo el más importante el correspondiente al análisis de modulación anual para refutar el resultado de DAMA/LIBRA. Esta etapa de rentabilización en publicaciones de un importante esfuerzo experimental de más de 15 años se espera que se extienda a lo largo de los próximos 5 años, con una actividad decreciente. En paralelo se está desarrollando el proyecto ANAIS+ que tiene como objetivo alcanzar umbrales energéticos del orden de 0.1 keV con una tecnología de detección basada también en materiales centelleadores pero con lectura de la luz mediante SiPMs y la operación a temperaturas del orden de 100 K. Esta nueva tecnología permitiría además utilizar como sistema refrigerante un baño de Argón o Xenón líquido, que serviría al mismo tiempo como veto activo. ANAIS+ está en fase de I+D en estos momentos, utilizando cristales de yoduro de sodio, y en los próximos meses pondrá a prueba los primeros prototipos y se podrán llevar a cabo medidas en entorno subterráneo. Durante los próximos dos años se espera tener listo un estudio de la viabilidad de un experimento de materia oscura basado en esta nueva tecnología de detección y si es exitoso, se planteará la solicitud de fuentes de financiación que permitan llevar a cabo dicho proyecto en el LSC. ANAIS+ está en estos momentos iniciando su andadura como colaboración internacional, incluyendo investigadores del CAPA (liderando), CIEMAT y del LNGS (Italia), sin descartar otras incorporaciones en el próximo futuro. En función del umbral energético y nivel de fondo alcanzado con esta técnica, ANAIS+ podría liderar las búsquedas de WIMPs en algunas regiones del espacio de parámetros incluso con exposiciones modestas.

El experimento TREX-DM busca WIMPs de baja masa en el LSC con la técnica de cámara de proyección temporal leídas con planos de lectura Micromegas, una tecnología en la que el CAPA es líder. Durante el último año se ha logrado implementar una novedosa mejora en el plano de lectura que ha permitido bajar el umbral a niveles cercanos al equivalente a un solo electrón primario, lo que permite buscar señales de WIMPs de masa particularmente baja. El objetivo siguiente es consolidar esta mejora, y estudiar y mejorar el ruido de fondo en esta ventana energética. Para ello, hay que completar un echaustivo estudio de contaminaciones superficiales para el que se ha desarrollado el sistema AlphaCAMM (ver sección 9.1.1). De lograrse estos objetivos, TREX-DM podría alcanzar una sensibilidad récord en la búsqueda de estos candidatos a la materia oscura.

Por otro lado, en estos momentos los investigadores del CAPA están aumentando su participación en la colaboración DarkSide, que está iniciando la instalación en el LNGS del experimento DarkSide-20k, uno de los principales esfuerzos internacionales para llevar al límite del suelo de neutrinos la sensibilidad de los experimentos de detección directa de WIMPs en el rango de masas por encima de 10 GeV. Para el éxito de DarkSide-20k resulta fundamental el control de la radiopureza del Argón utilizado como blanco, cuya monitorización se llevará a cabo en la instalación DArT en el LSC. En los próximos años está previsto que los investigadores del CAPA participen de forma activa tanto en la operación de DArT como en el análisis de datos, adquiriendo un mayor peso específico dentro de la colaboración, en particular dentro del grupo dedicado a los estudios de radiopureza y fondo del experimento.

#### L3. Técnicas de bajo fondo y "física subterránea"

La aplicación de técnicas de bajo fondo radiactivo es imprescindible en los experimentos de búsqueda de sucesos poco probables. Los requisitos de sensibilidad de estos experimentos imponen una continua reducción de los niveles de fondo que exige nuevos desarrollos llevando al límite las técnicas de cuantificación de actividad y de eliminación de impurezas radiactivas en la superficie o el volumen de los materiales. El grupo GIFNA del CAPA y el LSC disponen ya de un convenio de colaboración que incluye la medida de radiopureza de materiales por espectroscopia gamma con detectores de germanio y el desarrollo conjunto de técnicas de electroformación con cobre radiopuro y la fabricación de piezas mediante esta técnica. Se explorarán otros ámbitos de colaboración de interés tanto para el CAPA como para el LSC, por ejemplo, para la medida de emanaciones de radón o la determinación de actividad en materiales con otras técnicas. Además, miembros del CAPA están ya involucrados en el desarrollo y operación del detector AlphaCAMM (para la medida de contaminaciones superficiales) y del detector DArT (para la cuantificación de actividades muy bajas de <sup>39</sup>Ar), en el contexto de los experimentos TREX-DM y DarkSide-20k, respectivamente; se potenciará su utilización con interés general más allá de estos experimentos.

El desarrollo de tecnologías de detección novedosas es necesario para afrontar los retos de la nueva generación de experimentos de búsqueda de sucesos poco probables (ultra bajo fondo radiactivo, reducción de umbral de detección en energías, estabilidad, registro de trazas, ...). En el CAPA existen ya desarrollos en marcha, ligados al experimento TREX-DM y a los proyectos de ANAIS+ y LiquidO. Además, en 2024 se ha recibido financiación específica para los próximos años, como la correspondiente a la prestigiosa ayuda Synergy Grant del ERC para el desarrollo del proyecto DarkQuantum basado en sensores cuánticos, o para un nuevo refrigerador de dilución del CAPA en el marco de una convocatoria de equipamiento científico-técnico del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (ver H.9.2), que permitirán potenciar dichos desarrollos y evaluar su posible aplicación en otros contextos.

#### L4. Fenomenología astrofísica y cosmológica de las partículas de materia oscura

La materia oscura sigue siendo una de las grandes incógnitas de la astrofísica y la cosmología. En los próximos años, CAPA tiene como objetivo consolidar su liderazgo en este campo mediante el avance en el estudio teórico y observacional de los candidatos a materia oscura y sus firmas astrofísicas.

Uno de los objetivos clave es perfeccionar las estrategias de detección aprovechando observaciones astrofísicas de alta energía, incluyendo aquellas de *Fermi* LAT, NuSTAR y telescopios futuros, así como los estudios ópticos y de radio del Observatorio Astrofísico de Javalambre (OAJ) y el SKA Observatory (SKAO). Estos estudios se centrarán en métodos de detección indirecta, buscando señales potenciales como desviaciones en los espectros de rayos gamma, interacciones de neutrinos y anomalías en la propagación de rayos cósmicos. La combinación de enfoques observacionales y teóricos será esencial para restringir las propiedades de la materia oscura e identificar posibles interacciones.

En paralelo, CAPA continuará desarrollando modelos teóricos que vinculen la física de partículas con la cosmología, con un enfoque en partículas masivas de interacción débil (WIMPs), axiones y partículas similares a axiones (ALPs). Los avances del grupo en simulaciones numéricas están proporcionando nuevas perspectivas sobre el comportamiento de la materia oscura en entornos galácticos y extragalácticos, ayudando a predecir y analizar efectos como la distribución no homogénea de la materia oscura (*clumpiness*), las firmas de lentes gravitacionales y señales de detección indirecta mejoradas. Estos esfuerzos serán fundamentales para guiar futuras observaciones y optimizar la búsqueda de materia oscura.

CAPA también ampliará su trabajo en partículas ligeras y débilmente interactuantes, como axiones, fotones oscuros y camaleones, que podrían dejar huellas observables en la evolución estelar y la formación de estructuras cósmicas. Optimizando el uso de observatorios de próxima generación, el grupo busca maximizar su potencial para detectar estas partículas elusivas.

A través de su participación en colaboraciones internacionales y el acceso a instrumentación de vanguardia, CAPA está estratégicamente posicionado para impulsar el progreso en la búsqueda de materia oscura y partículas débilmente interactuantes. Los próximos años serán cruciales para poner a prueba nuevos modelos teóricos, perfeccionar las técnicas observacionales y ampliar las fronteras en la detección de la materia oscura.

#### L5. Teorías más allá de los Modelos Estándar de Partículas y de Gravitación

El estudio de teorías que van más allá del Modelo Estándar de partículas y de las teorías relativistas de la gravitación, incluyendo tanto modificaciones a la Relatividad General como a la Relatividad Especial, es una de las líneas estratégicas del CAPA, con un énfasis particular en las predicciones fenomenológicas que podrían ser detectables en experimentos de alta energía y en observaciones multimensajero del cosmos. La comunidad del CAPA ha sido pionera en la exploración de los efectos de gravedad cuántica en la propagación de mensajeros cósmicos, liderando la Acción COST CA18108 sobre fenomenología de gravedad cuántica, que reunió a más de trescientos investigadores de 38 países entre 2019 y 2023. Actualmente, el CAPA también participa como representante español en el Comité de Gestión de la nueva Acción COST CA23130, fortaleciendo su liderazgo en la búsqueda de señales de nueva física en el régimen de altas energías. Además, nuestra investigación abarca modelos de física más allá del Modelo Estándar que incluyen extensiones del sector gauge y el estudio de la energía del vacío, tanto en su relación

con la estructura del vacío cuántico como en sus posibles implicaciones en la cosmología y en la teoría cuántica de campos en espacios curvos.

Los planes de investigación en esta línea incluyen el desarrollo de modelos teóricos y su contraste con observaciones experimentales en diferentes ámbitos. En el contexto de la fenomenología de gravedad cuántica, se explorarán en detalle escenarios de violación y deformación de la simetría de Lorentz, evaluando su consistencia teórica y sus posibles manifestaciones en datos astrofísicos y de laboratorio. Por otro lado, en el marco de la física más allá del Modelo Estándar, se estudiarán extensiones del sector gauge, con especial énfasis en mecanismos de ruptura de simetría y el origen de la masa de las partículas elementales, así como en la estructura del vacío cuántico y su conexión con la constante cosmológica. Se analizarán sus posibles señales en el LHC y otros experimentos de altas energías, incluyendo futuros colisionadores como el ILC o el FCC. Estas líneas de trabajo, apoyadas en el liderazgo internacional del CAPA en la fenomenología de nueva física, contribuirán al diseño de estrategias experimentales y fortalecerán la participación del instituto en colaboraciones internacionales clave.

En los próximos años, el CAPA consolidará su liderazgo en la fenomenología de gravedad cuántica y en la física más allá del Modelo Estándar mediante su participación en proyectos internacionales estratégicos y la atracción de talento joven. Se reforzará la colaboración con infraestructuras experimentales clave para identificar y analizar señales de desviaciones respecto a los modelos actuales, ampliando el impacto del instituto en la exploración de las leyes fundamentales de la naturaleza.

#### 9.1.2 | Acciones enfocadas en temas emergentes/sinérgicos

#### E1. Desarrollo de sensores cuánticos para sucesos "poco probables"

El desarrollo de sensores cuánticos está teniendo en los últimos años un enorme auge empujado por la revolución de las tecnologías cuánticas, actualmente en curso. Este tipo de sensor aprovecha algún recurso cuántico (cuantización, entrelazamiento, interferometría,...) para aumentar enormemente su sensibilidad a una determinada magnitud física. Las aplicaciones de este enorme potencial a la física de (astro)partículas está apenas siendo explorada. Desde el CAPA se disfruta de una posición privilegiada para contribuir a estas investigaciones, por dos razones. Por un lado, se dispone una larga experiencia en el desarrollo y operación de detectores criogénicos (bolómetros) que desde hace tiempo atraen la atención de esta comunidad, y que requieren para su lectura dispositivos sensibles a fonones. En particular, se cuenta con experiencia en sensores cuánticos como TES (transition edge sensors) y KIDs (Kinetic Inductance Detectors), cuya tecnología basada en superconductividad permite alcanzar una alta sensibilidad en la detección de señales débiles. Además, se ha trabajado en el estudio del efecto de la radiactividad sobre qubits superconductores, contribuyendo al desarrollo de estrategias para mitigar su impacto en la coherencia cuántica. Por otro lado, la física de axiones, en la que CAPA es líder (ver L1) es uno de los objetivos de la física de partículas actual en los que el impacto de las tecnologías cuánticas, y la hoja de ruta para alcanzarlo, está mejor definido. Esto último es el objetivo que se pretende con DarkQuantum, una ERC-SyG concedida en 2023, liderado desde el el CAPA (ver L1).

Debido a esto, y aprovechando el enorme impulso que esta ERC-SyG dará a las tecnologías cuánticas en el CAPA, se ha identificado como un objetivo estratégico la creación de recursos especializados, tanto infraestructura como saber-hacer, en tecnologías cuánticas y técnicas relacionadas (criogenia, electrónica RF, etc.). El objetivo es preparar un entorno adecuado para acometer desarrollos más genéricos (más allá de DarkQuantum) que puedan tener interés en el contexto de las búsquedas "poco probables" o de física de (astro)partículas en general. Estos desarrollos

podrían contemplar el desarrollo de qubits superconductores como sensores en general, detectores de materia oscura de baja masa, neutrinos, ondas gravitatorias o nuevas fuerzas o fenómenos en física fundamental. Estas capacidades constituirían un mayor atractivo del CAPA como receptor de nuevo talento joven y nuevas iniciativas de investigación.

#### E2. Nuevos centelleadores de bajo fondo basados en la técnica LiquidO

La tecnología LiquidO, aunque todavía en fase de I+D, ofrece un gran potencial para su aplicación en el ámbito de la física de sucesos poco probables. El confinamiento de la luz asociado a un medio fuertemente difusor de la luz, pero no absorbente, posibilita la reconstrucción espacial de la topología de los depósitos energéticos por un lado, mientras que no necesitar la transparencia del medio centelleador-difusor posibilita su dopaje con isótopos de interés en mucho mayor grado que los convencionales centelleadores líquidos transparentes. Este potencial de la tecnología y su sinergia con las líneas de investigación del CAPA han llevado a la reciente incorporación de varios de sus investigadores a la colaboración LiquidO.

En estos momentos se está trabajando en la simulación de detectores basados en esta tecnología y se han iniciado los trabajos para la construcción de un prototipo que será operado en las instalaciones de la Universidad de Zaragoza para evaluar sus prestaciones en varias líneas: veto activo frente a neutrones cósmicos (aplicable en IAXO), detector de gammas de alta energía generados por axiones procedentes de una posible explosión supernova en nuestra galaxia (extendiendo el caso científico de IAXO), detector dopado con algún isótopo que experimente la desintegración  $\beta\beta$  y que sea escalable a grandes masas (aplicable a la búsqueda de la desintegración  $\beta\beta$  sin neutrinos). En los próximos años se realizarán estudios de viabilidad de estos conceptos de detector, de su escalado y de su potencial implementación tanto en el entorno subterráneo del LSC, como en el diseño del blindaje de los detectores de rayos X de IAXO. En el caso de resultar competitivos los resultados de estos estudios el CAPA se planteará propuestas más ambiciosas basadas en esta tecnología en aquellas aplicaciones para las que resulte más adecuada.

#### E3. Nuevas técnicas numéricas

Un objetivo estratégico del CAPA como nuevo instituto de investigación es la consolidación de su capacidad computacional, desarrollando e implementando nuevas técnicas computacionales con aplicaciones transversales en la búsqueda de nueva física dentro de las diferentes líneas del instituto. El avance en procesamiento de *big data*, simulaciones numéricas de alto rendimiento y métodos basados en inteligencia artificial y aprendizaje automático está abriendo nuevas posibilidades en la exploración de señales sutiles que pudieran ser debidas a partículas débilmente interactuantes y a física más allá del Modelo Estándar.

Para alcanzar estos objetivos, se desarrollarán métodos optimizados para el análisis de grandes volúmenes de datos en experimentos de física de partículas y astropartículas, mejorando la sensibilidad en la búsqueda de desviaciones respecto a los modelos actuales. Se trabajará en la implementación de técnicas avanzadas de *machine learning* y redes neuronales para el reconocimiento de patrones en datos experimentales, así como en la optimización de algoritmos de simulación en infraestructuras de computación de alto rendimiento, incluyendo GPUs y arquitecturas híbridas. Además, se explorarán enfoques innovadores en la simulación de procesos físicos complejos, con aplicaciones en la caracterización de señales astrofísicas y en estudios fenomenológicos de gravedad cuántica. La combinación de nuevas técnicas numéricas con la fenomenología de nueva física permitirá mejorar la interpretación de datos experi-

mentales y optimizar estrategias de búsqueda, fortaleciendo la contribución del instituto en grandes colaboraciones internacionales.

#### E4. Investigaciones sobre ondas gravitatorias

Uno de los objetivos estratégicos del CAPA es la incorporación progresiva de la investigación en ondas gravitatorias, ampliando así su ámbito de estudio dentro de la astropartículas y la física fundamental. Este campo ha experimentado un enorme desarrollo en los últimos años, con detecciones que han abierto nuevas ventanas al universo y han consolidado la astronomía multimensajero como una herramienta clave para explorar fenómenos astrofísicos y nueva física. La futura incorporación de estas investigaciones en el CAPA se realizará explotando sinergias con las actividades actuales del instituto, y manteniendo un carácter propio que permita diferenciarse al CAPA en el contexto más general de este campo de investigación. Este caracter se puede lograr, por un lado, en la búsqueda de señales de nueva física a través de mensajeros cósmicos y en el estudio de la gravedad cuántica (en conexión con L5), o por otro lado, explorando la incipientes conexiones con física de axiones (L1) o sensores cuánticos (E1).

Por un lado, el desarrollo de esta línea de investigación se enfocará en aspectos teóricos y fenomenológicos de las ondas gravitatorias, explorando su potencial para restringir teorías más allá de la Relatividad General y para detectar efectos cuánticos en la gravedad. En particular, se analizarán las implicaciones de teorías alternativas a la Relatividad General y sus predicciones observacionales tanto en propagación de ondas gravitatorias como en la fusión de agujeros negros.

Además, se estudiarán técnicas avanzadas para la detección de ondas gravitatorias, evaluando su posible conexión con las capacidades experimentales y tecnológicas del CAPA. En este sentido, se explorarán las recientes propuestas (en las que ya hay una participación del CAPA) para usar técnicas de detección de axiones de materia oscura (haloscopios de axiones) para la detección de ondas gravitatorias de alta frecuencia (por encima de 10 kHz). Este rango ofrece una oportunidad única para explorar la física más allá del Modelo Estándar, incluidos los defectos topológicos, la superradiancia de los agujeros negros, los agujeros negros primordiales y las transiciones de fase en el universo primitivo. CAPA está bien posicionada para contribuir significativamente, aprovechando su experimentos de axiones, la aplicación de nuevas tecnologías cuánticas prometen avances significativos en la sensibilidad de estas estrategias.

#### 9.1.3 | Acciones para la consolidación de la Unidad Tecnológica (TU) del CAPA

El CAPA actual cuenta con numerosos recursos que en la práctica operan como una unidad tecnológica de manera informal, a saber, mucha de la infraestructura que sus investigadores han adquirido y desarrollado con el tiempo (ver anexo H) y el núcleo de personal técnico que se ha ido formando, en su mayoría, con contratos de proyectos. Como se ha argumentado anteriormente, es imperativo reforzar estos recursos y organizarlos de una manera que permita optimizar su eficiencia al apoyar las distintas necesidades técnicas y tecnológicas del CAPA. El nuevo instituto contará con una Unidad Tecnológica que englobe, expanda y coordine todos estos recursos, con el objetivo de 1) dar un mejor servicio a los investigadores del CAPA, 2) alojar proyectos con un mayor contenido en desarrollo tecnológico, 3) permitir participaciones en nuevos proyectos con contribuciones de índole tecnológica, y 4) permitir y fomentar acciones de transferencia.

Dicha unidad debe contar con personal técnico dedicado que pueda llevar a cabo las tareas definidas y encargarse del mantenimiento, operación y posible expansión de diversas instalaciones, descritas en el anexo H sobre equipamiento científico del CAPA, como los detectores de germanio para medidas de radiopureza, el detector AlphaCAMM par la cuantificación de contaminaciones radiactivas superficiales, el Laboratorio de Bajas Actividades (LABAC), el equipamiento para computación y toda la infraestructura futura que ya se está definiendo.

Los objetivos particulares de la Unidad Tecnológica incluyen:

- Impulsar y potenciar las técnicas de ultra bajo fondo y el desarrollo de nuevos detectores de partículas, de acuerdo con lo descrito en la línea estratégica L3.
- Gestionar los recursos informáticos y de computación del CAPA, necesarios para el desarrollo de las tareas (simulación, análisis de datos, ofrecer datos en abierto, ...) tanto de grupo teóricos como experimentales que requieren elevada potencia de cálculo y capacidad de almacenamiento de datos. En este aspecto es esencial disponer de personal especialista en este ámbito que permita explotar y actualizar los sistemas, tanto a nivel de *hardware* como de *software*, que facilite el trabajo del personal científico. El CAPA ya ha recibido ayudas para su equipamiento informático en el marco de las convocatorias para la adquisición de infraestructuras de investigación de la Universidad de Zaragoza. Se explorarán formas de colaboración con otros institutos como el BIFI que ofrecen el uso de superordenadores con el objetivo de optimizar los recursos disponibles.
- Consolidar el LABAC como un servicio de medidas de radiactividad ofrecido a la comunidad universitaria y a otros centros de investigación, a entidades públicas y empresas, al disponer de unas instalaciones que permiten la caracterización radiológica de muestras de distinto tipo (aire, agua, alimentos, ...). Los servicios incluyen medida de emisores alfa, beta y gamma y control del radón, con acreditación de ENAC en algunos ensayos. El control de radiactividad ambiental se realiza en contacto con el Consejo de Seguridad Nuclear. El grupo GIFNA y el LSC disponen de un convenio de colaboración entre el LSC y el LABAC en materia de medidas medioambientales y de determinación de diversos parámetros físicos y químicos en las instalaciones del LSC. Se explorará la conexión con el Servicio General de Apoyo a la Investigación (SAI) de la Universidad de Zaragoza.

Para progresar hacia esos objetivos, se plantean, como parte de este plan estratégico, las siguientes acciones:

#### T1. Creación y organización de la TU

Definida la Unidad Tecnológica en el organigrama del instituto, esta será dirigida por un subdirector del CAPA y se definirán personas responsables para las distintas áreas. El personal técnico que trabaja actualmente en el CAPA incluye un ingeniero (PTGAS de la Universidad de Zaragoza) y un técnico informático, involucrados en el conjunto de los proyectos, y siete técnicos o ingenieros con formación diversa contratados en el marco de varios proyectos para el desarrollo de tareas específicas. La Unidad Tecnológica, que englobará a este personal, tendrá que ser dotada de personal adicional a través de nuevos contratos, que proporcione apoyo técnico transversal en diversas áreas (mecánica, electrónica, informática, química, criogenia y gases), incluyendo nuevos perfiles como el de un ingeniero informático. Para ello, se realizarán solicitudes a través del instituto en las convocatorias de ayudas de Personal Técnico de Apoyo del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y se explorarán las opciones de contratación a través de la Universidad de Zaragoza.

#### T2. Inventario y regularización de infraestructuras

La Unidad Tecnológica definirá un inventario de sus infraestructuras de uso general partiendo del equipamiento científico disponible actualmente o en futuro próximo, listado en el anexo H. Se establecerá un programa de acceso a esas infraestructuras generales, para los miembros del CAPA y eventualmente para personal externo que pueda beneficiarse de las instalaciones disponibles; en este programa se definirán los requisitos y condiciones de uso para cada infraestructura.

#### T3. Refuerzo y programa de tecnólogos

Para alcanzar los objetivos planteados para la Unidad Tecnológica, será necesario ampliar el personal técnico que trabaja en los proyectos del CAPA, tal y como se ha descrito en la acción T1. Algunos de estos objetivos requieren desarrollos tecnológicos de vanguardia para cuyo cumplimiento será muy relevante disponer en el instituto de tecnólogos que puedan liderar estas tareas. En la medida de lo posible, se potenciará la incorporación de personal estable con formación superior (nivel de grado o doctor) especialista en áreas como la computación o los sistemas de detección.

#### T4. Incentivación de transferencia

La participación en proyectos o contratos de transferencia de miembros del CAPA ha sido tradicionalmente limitada, dado el carácter de los proyectos de investigación desarrollados; no obstante, desde el LABAC se colabora en proyectos para la realización de análisis relacionados con radiactividad, la vigilancia radiológica ambiental (a través de una red de estaciones de muestreo) y la medida de radiación gamma ambiental en España. Además de consolidar este área de trabajo como un servicio ofrecido a la sociedad, se explorará la posibilidad de transferir los desarrollos realizados en tecnologías punteras de detección que puedan encontrar aplicación en otros ámbitos por las prestaciones alcanzadas en su respuesta (umbral de energías, resolución espacial o temporal, eficiencia, ...). Estas actuaciones incluirán también la posibilidad de buscar financiación específica para proyectos de transferencia en convocatorias al efecto como las pathfinder de la UE o similares.

### Propuesta de reglamento interno

# TÍTULO PRELIMINAR Disposiciones generales

#### Artículo 1 | Denominación y naturaleza

 El Instituto Universitario de Investigación "Centro de Astropartículas y Física de Altas Energías", en adelante CAPA, se constituye como un Instituto Universitario de Investigación Propio, dependiente de la Universidad de Zaragoza. En consecuencia, forma parte de su estructura orgánica y carece de personalidad jurídica propia.

#### Artículo 2 | *Régimen jurídico*

- 1. Este CAPA se rige por el presente Reglamento, por la Ley Orgánica 2/2023, de 22 de marzo, del Sistema Universitario (LOSU) y por los Estatutos de la Universidad de Zaragoza.
- 2. En lo no previsto por el presente Reglamento se aplicará de forma supletoria el Reglamento marco de Institutos Universitarios de la Universidad de Zaragoza.

#### Artículo 3 | Objeto y fines

- 1. El objetivo fundamental del Instituto Universitario de Investigación *Centro de Astropartículas y Física de Altas Energías* es el fomento de la investigación en los ámbitos de la física de altas energías, física nuclear y de partículas, astrofísica, cosmología, astropartículas y física teórica, así como de los desarrollos tecnológicos asociados a los mismos. Para ello, el Instituto impulsará la colaboración con otros centros e institutos de investigación, tanto a nivel nacional como internacional.
- 2. Entre los fines propios del Instituto se encuentran:
  - a) Promover la excelencia científica, el desarrollo tecnológico y la transferencia, en los ámbitos de la física de altas energías, física nuclear y de partículas, astrofísica, cosmología, astropartículas y física

- teórica, reforzando y consolidando el marco de la investigación tanto a nivel regional, como nacional e internacional.
- b) Potenciar la presencia, tanto nacional como internacional, de los investigadores e investigadoras de la Universidad de Zaragoza involucrados en los campos de investigación arriba mencionados, procurando incrementar su peso específico en dichos ámbitos, y fomentando la participación significativa en colaboraciones y centros de investigación del mayor nivel internacional en estos campos.
- c) Potenciar la participación activa del personal investigador del Instituto en las infraestructuras de investigación aragonesa estrechamente relacionadas, en particular, el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC), el Observatorio Astrofísico de Javalambre (OAJ) y el Centro de Ciencias de Benasque Pedro Pascual (CCBPP). Potenciar en particular la colaboración científica, por medio de proyectos de investigación comunes y, cuando corresponda, de convenios de colaboración, con otros centros de investigación de Aragón con temática relacionada, como el Centro de Estudios en Física de Cosmos de Teruel (CEFCA) o el Instituto Tecnológico de Aragón (ITAinnova), entre otros.
- d) Promover la cooperación y potenciar las relaciones con otros centros, departamentos e institutos universitarios de investigación de la Universidad de Zaragoza, así como con otras entidades públicas o privadas, nacionales e internacionales, en el ámbito de sus competencias, de modo que se favorezca una mayor integración en el Espacio Europeo de Investigación.
- e) Catalizar las sinergias entre los miembros de las distintas áreas involucradas, en particular entre teóricas y experimentales.
- f) Organizar y desarrollar sus planes de investigación, desarrollo e innovación y transferencia de resultados en los campos citados anteriormente.
- g) Promover la captación de los recursos económicos necesarios para el cumplimiento de los objetivos del Instituto. En particular, fomentar y dar soporte institucional a las solicitudes de financiación tanto en programas nacionales (Planes Nacionales de Investigación Científico-Técnica, María de Maeztu, etc.), como internacionales (European Research Council (ERC), European Innovation Council (EIC), European Cooperation in Science and Technology (COST), y otros).
- h) Promover la divulgación de la Ciencia como actividad cultural, y especialmente de los temas y resultados de investigación del Instituto, así como la conexión con la sociedad para demostrar los beneficios de adoptar una gestión basada en el conocimiento científico.
- i) Contribuir al balance de género en todas las etapas de la carrera investigadora, mediante acciones alineadas con iniciativas de género en el ámbito científico-técnico (STEM).
- j) Impulsar las actividades de formación especializada, facilitando la incorporación de jóvenes científicas y científicos así como de tecnólogas y tecnólogos a la carrera investigadora.
- k) Contribuir a la organización, gestión e impartición de programas de máster y doctorado en los temas objeto de su actuación en el marco de la normativa de la UNIZAR.
- Servir de centro de información de referencia tecnológica, de difusión y transferencia de los resultados de la investigación.

- m) Promover la identificación de oportunidades de innovación y transferencia que pudieran surgir de la actividad principal de investigación básica del Instituto, y fomentar la colaboración con empresas y centros tecnológicos precisos para ello.
- n) Cualesquiera otras funciones que, conforme a la ley, le asigne el Reglamento de Régimen Interno en vigor, los planes estratégicos de la Universidad de Zaragoza, y los diversos Planes Autonómicos de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Conocimientos elaborados por el Gobierno de Aragón.

# TITULO II Del Personal del Instituto

#### Artículo 4 | Personal y categorías

- 1. El personal investigador del CAPA ingresará en el mismo a título individual, pudiendo formar parte o no de un grupo de investigación. Deberá pertenecer a una las categorías de personal señaladas en el punto 2 de este artículo para el caso del personal *adscrito* al Instituto, o el punto 3 para el caso del personal *asociado*, así como cumplir las reglas de adscripción al Instituto reguladas en el Artículo 5 de este Reglamento.
- 2. Tendrán la consideración de personal *adscrito* al CAPA quienes pertenezcan a las siguientes categorías de personal, que así lo soliciten y previa aprobación del Consejo del Instituto:
  - a) Personal Docente e Investigador de la Universidad de Zaragoza en posesión del título de doctor, con relación funcionarial o contractual de duración indefinida.
  - b) Personal Docente e Investigador de la Universidad de Zaragoza con relación contractual de duración definida mientras se mantenga vigente su relación contractual con la Universidad.
  - c) Personal Investigador en formación, incluido el personal investigador predoctoral, que realice su labor en el Instituto bajo la supervisión de un investigador o investigadora del mismo que esté en posesión dl título de doctor, mientras se mantenga vigente su relación contractual o académica con la Universidad.
  - d) El profesorado emérito y quienes tengan la condición de colaborador extraordinario, mientras conserven su vinculación con la Universidad de Zaragoza y cumplan con los requisitos de acceso que se establecen en el presente reglamento. Su participación en el Instituto se regirá por lo que establezca la normativa de la Universidad de Zaragoza al respecto de estas figuras.
  - e) Investigadoras e investigadores doctores pertenecientes a otras universidades o centros de investigación españoles o extranjeros, cuando realicen su actividad investigadora en el Instituto, en virtud de convenios de colaboración específicos o a través de la creación de unidades asociadas de I+D, sin que ello suponga ninguna relación de prestación de servicios con la Universidad de Zaragoza.
  - f) El personal técnico de apoyo a la investigación u otro personal de administración y servicios que bien pertenezca a la plantilla de la Universidad y preste sus servicios en el Instituto o bien sea contratado, en su caso, por la Universidad de Zaragoza para el desarrollo del trabajo en el Instituto, según se decida por sus órganos de dirección.

- 3. Podrán tener la consideración de personal *asociado* del Instituto, investigadores e investigadoras de otras universidades o centros de investigación españoles o extranjeros, cuando la relevancia de sus investigaciones y/o la conexión con las líneas del Instituto así lo justifiquen, y se sigan las reglas de ingreso reguladas en el Artículo 5 de este Reglamento, y previa aprobación por el Consejo de Instituto.
- 4. El personal docente e investigador de la Universidad, así como el resto de personal que se integre en el CAPA mantendrá el régimen jurídico que, en cada caso, sea aplicable, en función de la institución de la que dependa, de forma que su participación en el Instituto no comportará modificación del vínculo jurídico con su institución de origen.
- 5. Se podrá permitir la adscripción excepcional de investigadoras e investigadores de otra entidad análoga de la Universidad de Zaragoza siempre que se justifique por su parte la conveniencia de tal doble adscripción y sea aprobada por el Consejo del Instituto por mayoría simple, cumpliendo los requisitos que marca el Reglamento Marco de Institutos Universitarios de Investigación de la Universidad de Zaragoza a esos efectos. En ese caso, y a efectos de número de miembros del Instituto, tal miembro computará como medio.
- 6. La pertenencia a más de un instituto universitario de investigación requerirá autorización del/de la Rector/a, o persona en quien delegue, adoptada previo informe de la comisión de investigación y por el plazo que se determine en la legislación vigente.

#### Artículo 5 | Condiciones de ingreso

- 1. Para la adscripción de Personal Investigador al CAPA será condición necesaria que quien la solicite desarrolle de forma habitual su actividad en alguna de las líneas de investigación en las que centra su atención el Instituto.
- 2. Las solicitudes de incorporación como miembro del Instituto deberán presentarse a la Dirección del Instituto acompañadas de una memoria justificativa y del aval de tres miembros del Consejo del Instituto, con indicación de a qué categoría de personal se pertenece.
- 3. Para ingresar al Instituto se requiere:
  - a) Para aquellas investigadoras e investigadores que puedan ser valorados a través de Agencias de Calidad como CNEAI, ACPUA u otras semejantes, o por aquellas que en su día las vengan a sustituir, será requisito general que quien solicite la adscripción haya alcanzado el máximo de sexenios de investigación posibles en relación a la situación académica del solicitante o, subsidiariamente, tener concedidos al menos dos sexenios de investigación, estando vivo el último de ellos.
  - b) A los investigadores e investigadoras en posesión del título de doctor que no puedan ser valorados a través de Agencias de Calidad como las referidas en el apartado anterior se les exigirán méritos equivalentes a los anteriores, que serán valorados por el Equipo de Dirección o Comisión en la que éste delegue.
  - c) Para aquellass investigadoras e investigadores que hayan ocupado un cargo institucional que dificulte la solicitud de periodos de investigación, sufrido un periodo de baja prolongado, disfrutado de una comisión de servicios, de una excedencia, u otras causas justificadas, que a juicio del Equipo de Dirección o Comisión en que éste delegue, hayan impedido el normal desarrollo de su labor investigadora en los

- últimos años, será suficiente con que cumplan con los requisitos de ingreso señalados en las letras a) y b) en el momento en que se encuentren o accedan a cualquiera de las situaciones descritas en este apartado.
- d) El personal investigador con contratos con cargo a proyectos de I+D+i pasará de forma directa a considerarse personal adscrito al Instituto con la categoría que les corresponda, siempre que su directora o director de investigación sea miembro del Instituto.
- 4. La propuesta de aprobación de incorporación la elevará la Directora o Director del CAPA al Consejo del Instituto. Si el Consejo lo considera oportuno, podrá solicitar informe al Comité Asesor Externo del CAPA.
- 5. Las solicitudes de ingreso serán resueltas por el Consejo del Instituto, debiendo ir las resoluciones, que podrán ser recurridas ante el Rector o Rectora, acompañadas de un escrito justificativo.

#### Artículo 6 | Condiciones de egreso

- La pérdida de la condición de personal del Instituto se producirá cuando concurra cualquiera de las siguientes causas:
  - a) Solicitud de la persona interesada, siempre que se garantice el cumplimiento de los compromisos contraídos en su nombre por el Instituto.
  - b) Por fallecimiento.
  - c) Por jubilación, salvo que la persona continuase vonculada a la Universidad en condición de profesor emérito o colaborador extraordinario.
  - d) Por finalización del contrato o del convenio que define la categoría a que pertenece.
  - e) Incumplimiento de las obligaciones especificadas en el artículo Artículo 8, o de los criterios mínimos requeridos para la pertenencia al Instituto, a juicio del Consejo del Instituto.
  - f) Realización de actuaciones contrarias a los fines del Instituto o perjudiciales para sus intereses.
- 2. Cualquiera que sea la causa, la pérdida de la condición de miembro del Instituto se producirá por acuerdo del Consejo del Instituto, a propuesta del equipo de Dirección y una vez oída la persona interesada, pudiendo ser recurrido el acuerdo ante la persona que ocupe el cargo de Rector.

#### Artículo 7 | Derechos del personal del Instituto

- 1. Son derechos del personal del Instituto:
  - a) Participar en las actividades organizadas por el Instituto.
  - b) Usar los recursos necesarios (locales, material y equipamiento) del Instituto para el desarrollo de sus proyectos dentro de las disponibilidades del mismo y de acuerdo a la normativa que a tal efecto elaborará y aprobará el Equipo de Dirección.
  - c) Proponer por escrito sugerencias y quejas en relación con el funcionamiento del Instituto y sus actividades.

- 2. Es también un derecho del personal investigador adscrito en posesión del título de doctor formar parte del Consejo de Instituto, y de elegir y ser elegidos para cargos directivos, siempre que no exista una reglamentación específica sobre la categoría a la pertenece que la persona adscrita que limite este derecho.
- 3. Es también un derecho del personal investigador predoctora, del personal investigador asociado ydel personal técnico y de administración y servicios, elegir y ser elegidos como representantes correspondientes en el Consejo de Instituto.

#### Artículo 8 | Deberes del personal del Instituto

- 1. Son obligaciones del personal investigador del Instituto:
  - a) Utilizar como filiación en las publicaciones científicas y técnicas u otros soportes de difusión de la actividad el nombre de "Centro de Astropartículas y Física de Altas Energias (CAPA) de la Universidad de Zaragoza". En el caso del personal investigador asociado, esta obligación solo se aplicará cuando la producción científica sea fruto, total o parcialmente, de la labor llevada a cabo en el CAPA.
  - b) Colaborar mediante su actividad investigadora al desarrollo y a la consecución de los fines del Instituto, potenciando su área de actividad y cumpliendo los estándares de calidad fijados en los programas científicos.
  - c) Mantener una actividad investigadora que les permita obtener todos los posibles sexenios de investigación o un indicador de calidad equivalente, lo que será condición de permanencia. No obstante, se eximirá del cumplimiento de estos requisitos a quienes hayan ocupado un cargo institucional que dificulte la solicitud de periodos de investigación, sufrido un periodo de baja prolongado, disfrutado de una comisión de servicios, de una excedencia o ha justificado debidamente las situaciones de permisos de maternidad o paternidad, excedencias por el cuidado de dependientes en primer grado que estén a su cargo, por razón de violencia de género y por razón de violencia terrorista previstas en el artículo 89.1 del texto refundido de la Ley del Estatuto Básico del Empleado Público, o bajas de larga duración por enfermedad, además de otras causas justificadas, que, a juicio del Equipo de Dirección del Instituto, hayan impedido el normal desarrollo de su labor investigadora en los últimos años.
  - d) Usar adecuadamente los medios asignados al Instituto por las instituciones.
  - e) Desempeñar, en su caso, los cargos para los que fueren designados.
  - f) Cumplir y respetar lo establecido en este Reglamento y demás normativa aplicable.
  - g) Mantener informada a la Dirección del Instituto de su actividad investigadora proyectada, solicitada, en curso o realizada, con el fin de contribuir a facilitar una buena organización y una visión estratégica del Instituto por parte de la Dirección. En particular, se deberá suministrar aquellos informes que, sobre las actividades realizadas en determinados periodos, la Dirección del Instituto pudiera requerir: elaboración del Informe Anual de Actividades del Instituto, la solicitud de proyectos, la actualización de la página web o cualquier otra actividad profesional relacionada con el mismo.
  - h) Colaborar puntualmente, a petición de la Dirección o del Consejo de Instituto, en las tareas de gestión del Instituto. En particular, en actividades tales como participar en tribunales internos de evaluación, en

- determinadas comisiones de trabajo, en la elaboración de planes estratégicos, en responsabilidades de servicios del Instituto, etc.
- i) Conocer y cumplir lo establecido en los códigos de buenas prácticas en la investigación definidos por las instituciones que le incumban.
- 2. Son obligaciones del personal técnico, de gestión y de administración y servicios:
  - a) Las enumeradas en los puntos 1d, 1e y 1f del punto anterior.

# TITULO III Organización del Instituto

#### Artículo 9 | De las áreas temáticas y las líneas de investigación

- 1. Para el cumplimiento de sus objetivos y el desarrollo de sus funciones el CAPA podrá estructurarse en áreas temáticas y líneas de investigación.
- 2. Las líneas de investigación estarán formadas por un equipo de investigación con un tema de trabajo común. Las líneas de investigación activas se listarán en las memorias anuales del Instituto.
- 3. Las áreas temáticas incorporan varias líneas de investigación y buscan potenciar las sinergias entre ellas, mejorando al mismo tiempo la organización y la multidisciplinaridad del Instituto. En este sentido, las líneas de investigación pueden estar contenidas en más de un Área. Asimismo, una investigadora o un investigador puede estar asignado a más de una línea de investigación.
- 4. Corresponde al Equipo de Dirección proponer la creación, modificación o supresión de áreas temáticas, así como la creación o supresión de líneas de investigación. La propuesta, que deberá ir razonada, requerirá su aprobación por mayoría simple en el Consejo de Instituto.
- 5. En el momento de su creación el CAPA se concibe con una única área temática, con el objeto de potenciar las sinergias entre los distintos grupos de investigación iniciales, sin menoscabo de que, en un futuro, se opte por una estructuración distinta.

#### Artículo 10 | Comité Asesor Científico Externo

- A propuesta de dirección y con la aprobación del Consejo del Instituto, el CAPA podrá tener un Comité Asesor Científico Externo cuya misión será velar por la pertinencia e interés de las líneas de investigación y proyectos a desarrollar.
- 2. El Comité Asesor Científico Externo estará presidido por la Directora o el Director y estará formado por al menos cinco personas elegidas entre investigadores e investigadoras de reconocido prestigio de otras instituciones, denominados Asesores/as Científicos/as (Scientific Advisors). Sus funciones serán:

- a) Evaluar la actividad del Instituto, a través del análisis de la memoria científica anual y de visitas periódicas al Instituto.
- b) Asesorar al Equipo de Dirección y expresar sugerencias para la mejora de la actividad del Instituto.
- 3. Los informes del Comité Asesor Científico Externo se pondrán en conocimiento de todo el personal del Instituto. Sin embargo, no constituirán documentos vinculantes para los órganos de gobierno del mismo.

#### Artículo 11 | Comité Asesor Científico Interno

- A propuesta de dirección y con la aprobación del Consejo del Instituto, el CAPA podrá tener un Comité Asesor Científico Interno cuya misión será asesorar al Equipo de Dirección sobre decisiones que afecten al gobierno y la administración de las distintas áreas y líneas de investigación del Instituto, y otras cuestiones estratégicas del mismo.
- 2. El Comité Asesor Científico Interno estará presidido por el Director o Directora y estará formado por al menos cinco personas elegidas entre el personal investigador senior que sean miembros del Instituto, además del/de la Subdirector/a o Subdirectores/as, y el/la Secretario/a. La composición de este Comité será propuesta por la Directora o Director, con aprobación del Consejo del Instituto, teniendo en cuenta criterios de representación de las diversas Áreas y líneas de investigación del Instituto. Sus funciones serán:
  - *a*) Transmitir al Equipo de Dirección la problemática, logros y situación de áreas o líneas de investigación particulares.
  - b) Ayudar al Equipo de Dirección en tareas para las que su experiencia sea importante, como la redacción de la memoria anual o la preparación de propuestas o proyectos a nivel de Instituto.
  - c) Participar en tribunales de evaluación internos, determinadas comisiones de trabajo, u otras tareas de planificación estratégica del Instituto,
  - d) Asesorar al Equipo de Dirección y expresar sugerencias para la mejora de la actividad del Instituto, o cualquier otra tarea que el Equipo de Dirección les proponga.

#### TITULO IV

### Del Gobierno, Administración y Gestión del Instituto

### Artículo 12 | Órganos de gobierno y de administración

- 1. Los órganos colegiados de gobierno y administración del Instituto son:
  - a) el Consejo del Instituto,
  - b) el Equipo de Dirección
- 2. Los órganos unipersonales de gobierno y administración del Instituto son:
  - a) la Directora o Director

- b) la/el Subdirectora/or (o en su caso, Subdirectoras/es)
- c) la Secretaria o Secretario
- 3. Se considerarán como órganos de apoyo al gobierno del Instituto al Comité Científico Asesor Externo y el Comité Científico Asesor Interno, regulados en el Artículo 10 y el Artículo 11 de este Reglamento.

#### Artículo 13 | El Consejo de Instituto. Composición.

- 1. El Consejo del Instituto es su órgano de gobierno.
- 2. El Consejo del Instituto estará compuesto por:
  - a) El Directoro Directora, que lo presidirá.
  - b) Todo el personal investigador del Instituto que esté en posesión del título de doctor, siempre que la normativa específica de su categoría lo permita.
  - c) Tres representantes del resto del personal docente e investigador.
  - d) Dos representantes del personal de administración y servicios adscrito al Instituto.
  - e) Dos representantes del personal investigador asociado del Instituto.

#### Artículo 14 | Funciones y competencias del Consejo de Instituto

- 1. Corresponden al Consejo del Instituto CAPA las siguientes funciones y competencias:
  - a) Elegir a la Directora o Director del Instituto.
  - b) Revocar, en su caso, a la Directora o Director, previa aprobación por mayoría absoluta de una moción de censura que deberá ser propuesta por, al menos, una cuarta parte de las personas que forman parte del Consejo de Instituto.
  - c) Acordar la admisión y exclusión del personal del Instituto en los supuestos previstos en este Reglamento.
  - d) Aprobar la creación, modificación, supresión o cambio de nombre de las áreas temáticas, y la creación y supresión de líneas de investigación del Instituto, en los casos previstos en este Reglamento, y tras propuesta del Equipo de Dirección.
  - e) Aprobar los posteriores proyectos de modificación de este Reglamento, que deberán ser aprobados por el Consejo de Gobierno, conforme a lo dispuesto en los Estatutos de la Universidad de Zaragoza.
  - f) Aprobar la propuesta de presupuesto y de dotaciones de personal del Instituto del Equipo de Dirección.
  - g) Proponer cursos de formación continua, especialización y estudios propios en materias de la competencia del Instituto, de manera independiente o en colaboración con otros departamentos, institutos universitarios o centros de investigación.
  - Recabar información sobre el funcionamiento del Instituto y velar por la calidad de las actividades que realice.

- i) Planificar y administrar sus recursos y servicios.
- j) Aprobar la rendición de cuentas y la memoria anual de actividades que presenten desde la Dirección.
- *k*) Cualesquiera otras que le atribuyan los Estatutos de la Universidad de Zaragoza, el Reglamento Marco de institutos universitarios de investigación, el presente Reglamento y las restantes normas aplicables.

#### Artículo 15 | Representación en el Consejo de Instituto

- 1. La representación en el Consejo del Instituto es personal durante los años de mandato.
- El mandato de los representantes de personal investigador temporal que no está en posesión del título de doctor y los del personal investigador asociado será de dos años y el de personal de administración y servicios de seis años.
- 3. En el caso de producirse vacantes, se producirá la sustitución de la representante o del representante en el Consejo por su suplente, cuyo mandato cesará al finalizar el mandato de la persona que fue sustituidA.
- 4. Las elecciones a representantes en el Consejo las convocará el Director o Directora con un plazo de 15 días hábiles de antelación.
- 5. La representación del personal de cada uno de los estamentos del Instituto, titulares y suplentes, se elegirá por las personas que componen dicho estamento, de entre las candidatas y candidatos presentados.
- 6. Las candidaturas serán nominales y se dirigirán a la Direcciónx mediante escrito firmado, con una antelación mínima a la celebración de las elecciones de siete días hábiles.
- 7. El Equipo de Dirección hará público el resultado de las elecciones, abriéndose un periodo de siete días naturales para presentar alegaciones que, en su caso, serán elevadas a la Junta Electoral de la Universidad de Zaragoza para su resolución. Una vez resueltas las alegaciones, si las hubiere, se procederá a la proclamación de las personas que formarán parte del Consejo.

#### Artículo 16 | Funcionamiento del Consejo de Instituto

- El Consejo del Instituto se reunirá en sesión ordinaria al menos una vez al semestre y, en sesión extraordinaria, cuando sea convocado por la Directora o Director, a iniciativa propia o a solicitud de al menos la quinta parte de sus componentes.
- 2. Las reuniones serán convocadas por la Directora o Director, con una antelación mínima de quince días naturales. En la convocatoria se incluirá el orden del día de la reunión.
- 3. Las reuniones serán presididas por la/el Directora/or o, en su ausencia, por la/el Subdirectora/or del Instituto.
- 4. Para las reuniones del Consejo se precisará, en primera convocatoria, la presencia de, al menos, la mitad de las personas que lo componen. En segunda convocatoria no se establece quorum.

- 5. Por razones de urgencia justificada, la/el Directora/or podrá convocar una reunión extraordinaria del Consejo con una antelación de 48 horas.
- 6. Las decisiones del Consejo se adoptarán por mayoría simple de los miembros asistentes a la reunión, excepto cuando se requiera otra mayoría más cualificada.
- 7. Se exigirá mayoría absoluta del Consejo para proponer la modificación del presente reglamento.
- 8. No podrán votarse puntos no incluidos en el orden del día, salvo que estén presentes todas las personas que forman parte del Consejo y sea declarada la urgencia del asunto por el voto favorable de la mayoría.
- 9. En el apartado de ruegos y preguntas no podrá tomarse acuerdos, salvo la inclusión de algún punto en el orden del día de la siguiente reunión.
- 10. En caso de ausencia justificada, documentalmente avalada, se admitirá la delegación de voto presentada por escrito en la Secretaría del Instituto con una antelación de veinticuatro horas a la celebración del Consejo.
- 11. Cuando a juicio del Director o Directora la naturaleza del asunto lo requiera, podrá invitar a las sesiones del Consejo, o a una parte de ellas, a las personas que estime conveniente, que participarán con voz pero sin voto.
- 12. Las votaciones podrán ser:
  - a) Por asentimiento, a propuesta de la Dirección de la cuestión relativa al acuerdo y cuando nadie en el Consejo haya formulado objeciones.
  - b) Votaciones simples y públicas, que consistirán en la pregunta formulada por Presidencia al Consejo sobre la aprobación de una determinada resolución en los términos en que considere debe someterse a acuerdo del Consejo tras la deliberación.
  - c) Votaciones secretas cuando lo establezca la normativa correspondiente.
- 13. Se entenderá aprobada una propuesta cuando el número de votos a favor sea superior al de votos en contra. En caso de empate se procederá a una segunda votación en la que, de persistir el empate, decidirá el voto de calidad del Director o Directora.
- 14. Corresponde al Secretario o Secretaria proclamar el resultado de las votaciones.
- 15. Los acuerdos del Consejo serán inmediatamente aplicables y vinculantes, sin perjuicio de la ratificación del acta en que se consignen.
- 16. De cada sesión que se celebre, se levantará acta por el Secretario o Secretaria, que especificará necesariamente los asistentes, el orden del día de la reunión, las circunstancias del lugar y tiempo en que se ha celebrado, los puntos principales de las deliberaciones, así como el contenido de los acuerdos adoptados.
- 17. En el acta figurará, a solicitud de las correspondientes personas del órgano, el voto contrario al acuerdo adoptado, su abstención y los motivos que la justifiquen, o el sentido de su voto favorable.
- 18. Las personas que discrepen del acuerdo mayoritario podrán formular su voto particular por escrito en el plazo de cuarenta y ocho horas, que se incorporará al texto aprobado.

#### Artículo 17 | El Equipo de Dirección

- 1. El Equipo de Dirección estará formado:
  - a) Por la Directora o Director del Instituto, que lo presidirá.
  - b) Por la(el Subdirectora/or (o Subdirectoras/es) nombrados a propuesta de la Directora o Director.
  - c) Por la Secretaria o Secretario.
- 2. Son funciones del Equipo de Dirección:
  - a) Elaborar, en su caso, el anteproyecto de presupuesto del Instituto y elevarlo al Consejo de Instituto para su aprobación.
  - b) Elaborar la memoria anual de actividades, según las indicaciones incluidas en el art. 12 del Reglamento Marco, y elevarlo para su aprobación al Consejo del Instituto. Este informe se presentará en la Secretaría General de la Universidad.
  - c) Elaborar un Plan de Actividades plurianual para su aprobación por el Consejo.
  - d) Recabar información sobre los convenios, contratos y proyectos de investigación que se desarrollen en el seno del Instituto.
  - e) Informar las solicitudes de adscripción de nuevo personal investigador al Instituto.
  - f) Elaborar y proponer las instrucciones que regulen el uso de locales, material y equipamiento del Instituto, así como la dedicación del personal técnico de apoyo propio del Instituto.
  - g) Proponer al Consejo de Instituto las posibles modificaciones al reglamento de régimen interno del
  - h) Informar la composición del Comité Científico Asesor Externo previo a su nombramiento por el Consejo del Instituto.
  - i) Cuantas otras puedan serle atribuidas por el presente Reglamento o por el Consejo del Instituto.

#### Artículo 18 | La Directora o Director del Instituto

- 1. El Director o Directora es la primera autoridad del Instituto y su máximo representante. Como tal ejercerá la dirección del mismo, ejecutará los acuerdos del Equipo de Dirección y del Consejo del Instituto y presidirá y convocará los órganos colegiados del Instituto.
- 2. Son funciones del Director o Directora del Instituto las siguientes:
  - a) Representar oficialmente al Instituto.
  - b) Presidir y convocar las reuniones del Consejo de Instituto, así como ejecutar sus acuerdos y velar por su cumplimiento.
  - c) Presidir, en ausencia de representación de mayor rango, los actos académicos del Instituto a los que concurra.

- d) Ejercer la dirección científica del Instituto en el marco de la planificación del mismo.
- *e*) Coordinar la elaboración, ejecución y seguimiento del plan estratégico del Instituto en el que se establezcan los objetivos científicos y técnicos a corto, medio y largo plazo.
- f) Proponer el nombramiento del Subdirector o Subdirectora o, en su caso, Subdirectores o Subdirectoras del Instituto y el nombramiento de Secretario o Secretaria, así como dirigir y coordinar su actividad.
- g) Proponer a las direcciones de cada una de las Áreas temáticas de investigación.
- h) Ser quien ordene los pagos, con sujeción a lo establecido en las Normas de Gestión Económica de la Universidad de Zaragoza, y, en su caso, en las Bases de Ejecución del Presupuesto. Podrá acordar gastos cuya cuantía no supere el 10% del Presupuesto anual. En otro caso la competencia corresponderá al Equipo de Dirección.
- i) Supervisar el ejercicio de las funciones encomendadas a los distintos órganos y servicios del instituto.
- j) Celebrar, de acuerdo con las competencias que puedan serle delegadas o desconcentradas, contratos de investigación y convenios de colaboración.

#### Artículo 19 | Elección, mandato y cese del Director o Directora

- 1. El Director o Directora se elegirá por el Consejo de Instituto entre el personal doctor permanente del Instituto pertenecientes a las categorías a) y b) del punto 2 del Artículo 4, que acrediten una cualificada labor investigadora. Su nombramiento lo hará la/el Rectora/or. El mandato del Director o de la Directora tendrá una duración de seis años improrrogables y no renovables.
- 2. Para ser candidato a Director o Directora será necesario el aval de cinco personas del Consejo del Instituto y presentar por escrito su candidatura junto a un breve informe con el programa de trabajo, en la secretaría del Instituto.
- 3. La elección del Director o Directora del Instituto, como órgano unipersonal de gobierno, se regirá por lo dispuesto con carácter general en los Estatutos de la Universidad de Zaragoza, el Reglamento Marco de institutos de investigación y el presente reglamento. En particular:
  - a) Producido el cese del Director o Directora, tanto este cargo como el resto de su Equipo de Dirección se mantendrán en funciones, y en el menor plazo posible, procederá a la convocatoria de nuevas elecciones, abriendo un periodo de siete días lectivos para la presentación de candidaturas. Transcurrido ese periodo, el Equipo de Dirección procederá a la proclamación de las candidaturas. Caso de que el Director o Directora en funciones presente su candidatura de nuevo o se haya revocado su cargo por el Consejo, cesará automáticamente en sus funciones, que serán asumidas provisionalmente por el Subdirector o Subdirectora con mayor antigüedad más antiguo en el cargo. Caso de que este cargo también presentara su candidatura a Director/a, la dirección en funciones será asumida por otro Subdirector o Subdirectora o, en su ausencia, por la persona con el título de doctor de mayor antigüedad del Instituto.
  - b) Las votaciones serán secretas y tendrán lugar en una sesión del Consejo del Instituto que estará presidida por el Director o Directora, o por quien asuma la dirección según lo contemplado en el apartado a).

- c) Las personas que forman parte del Consejo del Instituto podrán ejercer el voto anticipado.
- d) En caso de empate entre las candidaturas más votadas, se realizará una nueva votación para elegir exclusivamente entre estas. Si hay una sola candidatura, la votación será de ratificación, siendo necesario, para poder ser elegida, obtener un mayor número de votos afirmativos que negativos.
- e) Una vez proclamado el candidato electo, durante un plazo de tres días hábiles podrá presentarse reclamación ante el Equipo de Dirección, el cual la resolverá en un plazo máximo de dos días hábiles. La decisión de este órgano podrá recurrirse ante la Rectora o Rector, sin que dicho recurso paralice el proceso de nombramiento del Director o Directora.
- f) El Equipo de Dirección elevará a la/al Rectora/or la propuesta de nombramiento de Director o Directora, para que se pueda proceder al mismo.
- 4. En caso de ausencia o enfermedad de la Directora o Director, asumirá interinamente sus funciones la Subdirectora o Subdirector al que corresponda. Esta suplencia se comunicará al Consejo del Instituto y no podrá prolongarse más de seis meses.
- 5. La Directora o Director del Instituto cesará en su cargo al término de su mandato, a petición propia, por una moción de censura o por otra causa legal, y podrá permanecer en funciones hasta la toma de posesión de la nueva Direccióndel Instituto en los términos establecidos en el artículo anterior.
- 6. La presentación de una moción de censura se realizará en la Secretaría del Instituto, mediante escrito motivado de al menos un veinticinco por ciento de los miembros del Consejo del Instituto. Deberá ser aprobada por mayoría absoluta del Consejo. Caso de no prosperar la moción de censura, ninguno de sus firmantes podrá avalar otra moción a la misma Dirección hasta un año después de resuelta la anterior. Caso de prosperar se iniciará el proceso de elección de una nueva directora o Director, tal como se establece en el punto 3 anterior.

#### Artículo 20 | Las Subdirectoras o Subdirectores del Instituto

- 1. El Director o Directora propondrá el nombramiento de una o más Subdirectoras/es, de acuerdo con los criterios establecidos por el Consejo de Gobierno de la Universidad de Zaragoza, para el gobierno del Instituto y para auxiliarle en sus funciones. Serán nombrados por la Rectora o Rector. El Director o Directora, cuando haya más de una/un Subdirectora/or, establecerá el orden de nombramiento en la propuesta que eleve a Rectorado.
- Las Subdirectoras y Subdirectores cesarán a petición propia, a propuesta del Dirección, o cuando concluya el mandato del Director o Directora que los propuso.
- 3. Es función de las Subdirectoras y Subdirectores la dirección y coordinación de las materias de su competencia y las restantes funciones que el reglamento les asigne dentro del Equipo de Dirección y todas aquellas que el Director o Directora les delegue.
- 4. En particular, corresponde a la Subdirectora o Subdirector primero o la única Subdirectora o Subdirector designadas la función de sustituir al Director o Directora, ejerciendo sus funciones en caso de vacante, ausencia o imposibilidad de su dirección. Esta suplencia se comunicará al Consejo de Instituto y no podrá prolongarse más de seis meses.

 Cesado el Director o Directora que los nombró por causa de haberse interpuesto una moción de censura, la Subdirectora o el Subdirector primero seguirá en funciones hasta que sea designada una nuevA Directora o Director del Instituto.

#### Artículo 21 | El Secretario o Secretaria del Instituto

- 1. El Rector o Rectora nombrará al Secretario o Secretaria del Instituto a propuesta de Dirección, entre el personal adscrito de forma permanente al Instituto.
- 2. Corresponden al Secretario o Secretaria de Instituto las funciones siguientes:
  - a) Auxiliar a la Directora o Director y desempeñar las funciones que se le encomienden desde Dirección.
  - b) Actuar como Secretario o Secretaria del Consejo del Instituto y del Equipo de Dirección, custodiar las actas de sus reuniones y expedir las certificaciones de los acuerdos que consten en las indicadas actas.
  - c) Expedir los certificados y tramitar los procedimientos de su competencia.
  - d) La custodia del archivo y del sello oficial del Instituto.
  - e) La organización de los actos solemnes y el cumplimiento del protocolo.
  - f) La publicidad de los acuerdos del Equipo de Dirección así como el Consejo del Instituto
  - g) Ejercer las demás funciones que se deriven de su cargo o que le sean encomendadas por la normativa vigente.
- 3. La Secretaria o Secretario del Instituto cesará a petición propia, por decisión del Director o Directora o cuando concluya el mandato de la Dirección que le propuso. En cualquier caso, permanecerá en funciones hasta la toma de posesión del nuevo Secretario o Secretaria.

#### **DISPOSICION FINAL**

### Disposición Final Única. Entrada en vigor.

El presente Reglamento entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Boletín Oficial de la Universidad de Zaragoza.

# Lista de proponentes

Se incluye en este anexo la lista completa del personal investigador y técnico que constituyen la comunidad proponente del Instituto Universitario de Investigación CAPA. Además, se indica en la columna de la derecha la línea o líneas de investigación en las que participa actualmente cada uno, siguiendo la numeración de las secciones del capítulo 5.

	Persona	l investigador permane	ente o en situación tenure-track	Línea(s)
1	Asensio Chaves	César	Profesor Titular EUPLA	5.10
2	Azcoiti Pérez	Vicente	Catedrático de Universidad	5.7
3	Carmona Martínez	Jose Manuel	Catedrático de Universidad	5.11
4	Cavero Peláez	Inés	Profesor Ayudante Doctor	5.8
5	Cebrián Guajardo	Susana	Profesor Titular	5.1, 5.5
6	Clemente Gallardo	Jesus	Profesor Titular	5.12
7	Dafní	Theopisti	Profesor Titular	5.1, 5.3
8	Díaz Benito	Pablo	Profesor Contratado Doctor	5.10
9	Falceto Blecua	Fernando	Catedrático de Universidad	5.8
10	Follana Adin	Eduardo	Profesor Titular	5.7, 5.9
11	García Abancéns	Eduardo	Catedrático de Universidad	5.1
12	García Esteve	José Vicente	Catedrático de Universidad	5.8
13	García Irastorza	Igor	Catedrático de Universidad	5.1, 5.3
14	Luzón Marco	Gloria	Catedrático de Universidad	5.1, 5.3
15	Martínez Pérez	María	Profesor Titular	5.1, 5.4
16	Membrado Ibáñez	Manuel Clemente	Profesor Titular	5.2

17	Ortigoza Paredes	Ysrael Richard	Profesor Titular EUPLA	5.1	
18	Peñaranda Rivas	Siannah	Profesor Titular	5.9	
19	Puimedón Santolaria	Jorge	Catedrático de Universidad	5.1, 5.5	
20	Redondo Martín	Javier	Profesor Contratado Doctor	5.3	
21	Salinas Baldellou	Ana Maria	Profesor Titular	5.1	
22	Sarsa Sarsa	María Luisa	Catedrático de Universidad	5.1	
23	Velázquez Campoy	Luis Fernando	Profesor Titular	5.9	
24	Alonso Buj	Jose Luis	Colaborador extraordinario (profesor honorario)	5.12	
25	Asorey Carballeira	Manuel	Profesor Emérito	5.8, 5.10	
26	Cariñena Marzo	José Fernando	Colaborador extraordinario (profesor honorario)	5.12	
27	Amaré Tafalla	Julio	Colaborador extraordinario	5.1	
28	Cortés Azcoiti	José Luis	Colaborador extraordinario	5.11	
29	Gracia Bondía	José Mariano	Colaborador extraordinario	5.9	
30	Asorey Barreiro	Jacobo	Contrato María Zambrano	5.2	
31	Galan Lacarra	Javier	Contrato postdoctoral de acceso	5.1, 5.3	
32	García Pascual	Juan Antonio	Contrato Marie Curie (MSCA)	5.1, 5.3	
33	Giannotti	Maurizio	Contrato Beatriz Galindo	5.3	
34	López Sarrion	Justo	Contrato María Zambrano	5.9	
35	Ruz Armendáriz	Jaime	Contrato María Zambrano	5.1, 5.3	
36	Seguí Iglesia	Laura	Contrato Ramón y Cajal	5.1, 5.3	
37	Vaquero Avilés-Casco	Alejandro	Contrato Ramón y Cajal	5.7, 5.9	
38	Vogel	Julia	Contrato María Zambrano	5.1, 5.3	
Personal investigador temporal y personal técnico/administrativo: Línea(s)					
39	Antolín Rojo	Itxaso Beatriz	Contratado predoctoral	5.1, 5.3	
40	Apilluelo Allué	Jaime	Contratado predoctoral	5.1	
41	Bouthelier Madre	Carlos	Contratado predoctoral	5.12	
42	Butti	Pietro	Contratado postdoctoral	5.7, 5.9	
43	Coarasa Casas	Iván	Contratado postdoctoral	5.1	
44	Díez Ibáñez	David	Contratado predoctoral	5.1, 5.3	
45	Ezquerro Sastre	Fernando	Contratado predoctoral	5.7, 5.8	

46	Ezquerro Sastre	Álvaro	Contratado predoctoral	5.1, 5.3
47	Gu	Yikun	Contratado predoctoral	5.1, 5.3
48	Jiménez Puyuelo	María	Contratado predoctoral	5.1, 5.3
49	Kaltschmidt	Mathieu	Contratado predoctoral	5.3
50	Margalejo Blasco	Cristina	Contratado predoctoral	5.1, 5.3
51	Martínez Crespo	David	Contratado predoctoral	5.12
52	Martínez Pérez	Yiseli	Contratado predoctoral	5.8
53	Obis Aparicio	Luis Antonio	Contratado predoctoral	5.1, 5.3
54	O'Shea	Tomas	Contratado predoctoral	5.3
55	Hollick	Sofia	Contratado predoctoral	5.1
56	Pardina García	Miguel	Contratado predoctoral	5.10
57	Pardo Yanguas	Tamara	Contratado predoctoral	5.1
58	Pérez Lázaro	Óscar	Contratado predoctoral	5.1
59	Porrón Lafuente	Jorge	Contratado predoctoral	5.1, 5.3
60	Quintana García	Ana	Contratado predoctoral	5.3, 5.5
61	Rescic	Filip	Contratado predoctoral	5.11
62	Reyes Hung	Maykoll A.	Contratado postdoctoral	5.11
63	Royo Amondarain	Eduardo	Profesor interino	5.7
64	Rybak	Ivan	Contratado postdoctoral	5.3
65	Rodríguez Candón	Francisco	Contratado predoctoral	5.1, 5.3
66	Castel Pablo	Juan Francisco	Personal de apoyo técnico y administración	5.1, 5.3
67	de Mira Bartolomé	Angel	Personal de apoyo técnico y administración	5.1, 5.3
68	Justes Aizpún	Pedro José	Personal de apoyo técnico y administración	-
69	Marqués García	Jorge	Personal de apoyo técnico y administración	5.1, 5.3
70	Mena Alastuey	Francisco Javier	Personal de apoyo técnico y administración	5.1, 5.3
71	Mirallas Sánchez	Héctor	Personal de apoyo técnico y administración	5.1, 5.3
72	Ortiz de Solórzano Aurusa	Alfonso	Personal de apoyo técnico y administración	5.1, 5.3
73	Pérez Marín	María del Carmen	Personal de apoyo técnico y administración	5.5
74	Rodríguez Romeo	Virginia	Personal de apoyo técnico y administración	-

## **Proyectos recientes**

Se presentan en este anexo los proyectos de investigación conseguidos por la comunidad proponente del nuevo instituto en convocatorias competitivas, así como contratos de investigación, en los últimos cinco años (2019-2023). Se incluyen todos los proyectos que estuvieron activos en dicho periodo, aunque se consiguieran antes.

1. Título: Desvelando los Secretos de las Estrellas de Neutrones y del Lado Oscuro del Sol: Estudio de Magnetares y Búsquedas de Axiones con NuSTAR (MagAxNu) (Consolidación Investigadora 2023)

Investigador(es) principal(es): Julia K. Vogel

Presupuesto: 166 400 €

Agencia: Ministerio de Ciencia e Innovación/Agencia Estatal de Investigación/NextGenerationEU

Años: 2024-2026

Este proyecto no está incluido en la tabla 8.1, por tener fecha de inicio 2024.

2. Título: QRADES: Quantum relic axion detection sensors (QuantERA Call 2023 - Quantum Phenomena and Resources (QPR))

Investigador(es) principal(es): T. Kontos (CNRS, coord), Igor G. Irastorza (CAPA PI)

Presupuesto: 100 000 € Agencia: QuantERA Años: 2024-2027

Este proyecto no está incluido en la tabla 8.1, por tener fecha de inicio 2024.

3. Título: Quantum Technologies for Axion Dark Matter Search (Dark Quantum) (ERC-2023-SyG 101118911)

Investigador(es) principal(es): Igor G. Irastorza (coord), T. Kontos, S. Paraoanu, W. Wernsdorfer

Presupuesto: 4 051 464 €

Agencia: European Research Council

Años: 2024-2029

Este proyecto no está incluido en la tabla 8.1, por tener fecha de inicio 2024.

4. Título: Un detector basado en LiquidO para búsqueda de axiones (EUR2023-143444)

Investigador(es) principal(es): Juan Antonio García Pascual

Presupuesto: 100.000 €

Agencia: MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea «NextGenerationEU»/PRTR

Años: 2023-2025

5. Título: ANAIS-112 y ANAIS+: detectores avanzados de ioduro de sodio para la búsqueda de materia oscura e I+D en otras técnicas basadas en centelleo (PID2022-138357NB-C21)

Investigador(es) principal(es): María Luisa Sarsa Sarsa y María Martínez Pérez

Presupuesto: 438.375 €

Agencia: Agencia Estatal de Investigación

Años: 2023-2026

 Título: Actividades de coordinación hacia la construcción de BabyIAXO, implementación de los detectores de rayos-x de bajo fondo del experimento y otras contribuciones relacionadas (PID2022-137268NB-C51)

Investigador(es) principal(es): Igor G. Irastorza y Gloria Luzón Marco

Presupuesto: 589.625 €

Agencia: Agencia Estatal de Investigación

Años: 2023-2026

7. Título: Red de Física de Partículas (RED2022-134487-T)

Investigador(es) principal(es): Igor G. Irastorza

Presupuesto: 20.300 €

Agencia: Agencia Estatal de Investigación

Años: 2023-2025

8. Título: Física Nuclear y Astropartículas (Grupo de Referencia DGA-FSE, 2253622 E27-23R)

Investigador(es) principal(es): Susana Cebrián y Gloria Luzón

Presupuesto: 60398,79 €
Agencia: DGA-FSE
Años: 2023-2025

9. Título: Grupo Teórico de Física de Altas Energías (E21-23R)

Investigador(es) principal(es): Eduardo Follana

Presupuesto: 41.174,86 €
Agencia: DGA-FSE
Años: 2023-2025

#### 10. Título: Análisis y Física Matemática (E48-23R)

Investigador(es) principal(es): Luis Velázquez

Presupuesto: 54.899,81 € Agencia: DGA-FSE

Años: 2023-2025

#### 11. Título: Red Española de Lattice Gauge Theory (LATTICENET) (RED2022-134428-T)

Investigador(es) principal(es): Eduardo Follana

Presupuesto: 20.300 €

Agencia: Ministerio de Ciencia e Innovación

Años: 2023-2025

#### 12. Título: MULTIDARK (RED2022-134411-T)

Investigador(es) principal(es): Miguel Ángel Sánchez Conde (Universidad Autónoma de Madrid), María Luisa

Sarsa (CAPA)

Presupuesto: 20.300 €

Agencia: Agencia Estatal de Investigación

Años: 2023-2024

Este proyecto no está incluido en la tabla 8.1 porque su financiación no está gestionada por CAPA.

### 13. Título: Low background techniques on particle detectors for Rare Event Searches (LOBRES) (MSCA 101026819)

Investigador(es) principal(es): Theopisti Dafni, Juan Antonio García

Presupuesto: 160.932 €

Agencia: European Union (MSCA Horizon 2020)

Años: 2022-2024

### 14. Título: IAXO+: Towards the detection of the axion with the International Axion Observatory (ERC-AdG 788781)

Investigador(es) principal(es): Igor G. Irastorza

Presupuesto: 3.106.875 €

Agencia: European Research Council

Años: 2018-2023

## 15. Título: ANAIS-112 experiment and new research lines for rare events detection at Canfranc Underground Laboratory (PID2019-104374GB-I00)

Investigador(es) principal(es): María Luisa Sarsa Sarsa y María Martínez Pérez

Presupuesto: 219.010 €

Agencia: Agencia Estatal de Investigación

Años: 2020-2023

## 16. Título: Actividades de coordinación de la construcción de BabyIAXO, construcción de los detectores de rayos-X del experimento, y otras contribuciones relacionadas. (PID2019-108122GB-C31)

Investigador(es) principal(es): Igor G. Irastorza y Gloria Luzón

Presupuesto: 340 736 €

Agencia: Agencia Estatal de Investigación

Años: 2020-2024

### 17. Título: Further beyond the standard models in dark matter, gravity and symmetry (PGC2021-126078NB-C2)

Investigador(es) principal(es): Javier Redondo, Siannah Peñaranda

Presupuesto: 387.200 €

Agencia: Ministerio de Ciencia e Innovación

Años: 2022-2025

#### 18. Título: Beyond the standard models: symmetry, gravity and dark matter (PGC2018-095328-B-100)

Investigador(es) principal(es): Eduardo Follana, Javier Redondo

Presupuesto: 326.700 €

Agencia: Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades

Años: 2019-2022

## 19. Título: Quantum ENIA: creación de un ecosistema de computación cuántica para la Inteligencia Artificial (IA) (605851-C16.R1)

Investigador(es) principal(es): Manuel Asorey

Presupuesto: 250.000 €

Agencia: Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital

Años: 2022-2025

#### 20. Título: Dinámica y control de sistemas cuánticos e híbridos clásico-cuánticos (PID2021-123251NB-I00)

Investigador(es) principal(es): Alberto Castro, Jesús Clemente

Presupuesto: 48.000 €

Agencia: Ministerio de Ciencia e Innovación

Años: 2022-2026

21. Título: Large area high-granularity segmented-mesh microbulk for future rare event searches ( RD51-2021 )

Investigador(es) principal(es): Javier Galán

Presupuesto: 20.000 €

Agencia: RD51 Collaboration, CERN

Años: 2021-2022

22. Título: Búsquedas directas de materia oscura (Integración de la línea de detección de ultra-bajo fondo del heliscopio de axiones BabyIAXO, y estudio de la ampliación del caso de física a la detección de axiones de Materia Oscura), en el marco del Convenio de Colaboración entre el Gobierno de Aragón, la Fundación Centro de Estudios de Físicas del Cosmos de Aragón, la Universidad de Zaragoza y el Instituto Tecnológico de Aragón para la ejecución de líneas de actuación de I+D+i en el marco de los planes complementarios previstos en el Plan de Recuperación, transformación y Resiliencia-MRR (LA5.A1.)

Investigador(es) principal(es): Igor G. Irastorza y Gloria Luzón

Presupuesto: 1.282.700 €

Agencia: Ministerio de Ciencia e Innovación / Gobierno de Aragón

Años: 2022-2025

23. Título: Búsquedas directas de materia oscura (Implementación de mejoras en umbral energético y ruido de fondo del experimento TREX-DM de búsqueda de WIMPs de baja masa en el LSC), en el marco del Convenio de Colaboración entre el Gobierno de Aragón, la Fundación Centro de Estudios de Físicas del Cosmos de Aragón, la Universidad de Zaragoza y el Instituto Tecnológico de Aragón para la ejecución de líneas de actuación de I+D+i en el marco de los planes complementarios previstos en el Plan de Recuperación, transformación y Resiliencia-MRR (LA5.A2.)

Investigador(es) principal(es): Theopisti Dafni

Presupuesto: 301.655 €

Agencia: Ministerio de Ciencia e Innovación / Gobierno de Aragón

Años: 2022-2025

24. Título: Búsquedas directas de materia oscura (ANAIS+: mejoras en la sensibilidad de ANAIS-112 usando aprendizaje automático y una nueva aproximación experimental), en el marco del Convenio de Colaboración entre el Gobierno de Aragón, la Fundación Centro de Estudios de Físicas del Cosmos de Aragón, la Universidad de Zaragoza y el Instituto Tecnológico de Aragón para la ejecución de líneas de actuación de I+D+i en el marco de los planes complementarios previstos en el Plan de Recuperación, transformación y Resiliencia-MRR (LA5.A3.)

Investigador(es) principal(es): María Martínez

Presupuesto: 327.296 €

Agencia: Ministerio de Ciencia e Innovación / Gobierno de Aragón

Años: 2022-2025

#### 25. Título: Quantum gravity phenomenology in the multi-messenger approach (COST Action CA18108)

Investigador(es) principal(es): José Manuel Carmona (Action Chair). Otros investigadores de CAPA en la

Acción: José Luis Cortés, Manuel Asorey, José Gracia Bondía, Maykoll Reyes, Filip Reščić

Presupuesto: 592.290 €

Agencia: COST (European Cooperation in Science and Technology)

Años: 2019-2023

Este proyecto no está incluido en la tabla 8.1 porque su financiación no fue gestionada por CAPA.

#### 26. Título: Red española de Lattice Gauge Theory LATTICENET (RED2018-102504-T)

Investigador(es) principal(es): Vicente Azcoiti

Presupuesto: 12.000 €

Agencia: Agencia Estatal de Investigación

Años: 2020-2022

### 27. Título: COSMIC WISPers in the Dark Universe: Theory, astrophysics and experiment (COST Action CA21106)

Investigador(es) principal(es): Alessandro Mirizzi (Bari University), Action chair. LOCAL NODE MAIN RESEARCHER(S): Igor G. Irastorza (Spanish representative in Managing Committee), Javier Redondo (Leader of Working Group 2, Cosmology), Julia Vogel, Maurizio Giannotti (Leader of Working Group 3, Astrophysics), Jaime Ruz Armendáriz

Agencia: COST (European Cooperation in Science and Technology)

Años: 2022-2026

Este proyecto no está incluido en la tabla 8.1 porque su financiación no está gestionada por CAPA.

#### 28. Título: Nanosistemas con potenciales aplicaciones en Seguridad y Defensa (CUD20-02)

Investigador(es) principal(es): Inés Cavero

Presupuesto: 3.500 €

Agencia: Centro Universitario de la Defensa

Años: 2021-2021

Este proyecto no está incluido en la tabla 8.1 porque su financiación no fue gestionada por CAPA.

#### 29. Título: Red CONSOLIDER "MultiDark" (FPA2017-90566-REDC)

Investigador(es) principal(es): Carlos Muñoz (Universidad Autónoma de Madrid), María Luisa Sarsa (CAPA)

Presupuesto: 30.000 €
Agencia: MINECO
Años: 2018-2020

Este proyecto no está incluido en la tabla 8.1 porque su financiación no fue gestionada por CAPA.

#### 30. Título: Red temática de física de partículas (PA2017-90714- REDT)

Investigador(es) principal(es): Igor G. Irastorza

Presupuesto: 20.000 € Agencia: MINECO Años: 2018-2021

#### 31. Título: RENATA: Red Nacional Temática de Astropartículas (RED2018/102661- T)

Investigador(es) principal(es): Carlos Delgado, (CIEMAT), Javier Redondo, María Martínez (CAPA)

Agencia: MINECO

Años: 2018-

Este proyecto no está incluido en la tabla 8.1 porque su financiación no fue gestionada por CAPA.

#### 32. Título: InvisiblesPlus, European Cooperation (MSCA-RISE Action 690575)

Investigador(es) principal(es): Belén Gavela (IFT), José M. Gracia (CAPA)

Presupuesto: €

Agencia: 0476 European Commision, H2020

Años: 2016-2020

Este proyecto no está incluido en la tabla 8.1 porque su financiación no fue gestionada por CAPA.

## 33. Título: Connecting insights in fundamental physics – FUNDAMENTAL- CONNECTIONS (COST Action CA1510.8)

Investigador(es) principal(es): A. Weiler (TUM, Munich), Manuel Asorey is member of the Management

Committee

Agencia: COST Años: 2016-2020

Este proyecto no está incluido en la tabla 8.1 porque su financiación no fue gestionada por CAPA.

#### 34. Título: Grupo Teórico de Altas Energías (Grupo de Referencia DGA-FSE, 2020-E21-20R)

Investigador(es) principal(es): Manuel Asorey

Presupuesto: 26.953 € Agencia: DGA-FSE Años: 2020-2022

#### 35. Título: Física Nuclear y Astropartículas (Grupo de Referencia DGA-FSE, 225352 E27-20R)

Investigador(es) principal(es): Gloria Luzón

Presupuesto: 28.192 € Agencia: DGA-FSE Años: 2020-2022

#### 36. Título: Programa de vigilancia radiológica ambiental (red de estaciones de muestreo) (OTRI 2020/0439)

Investigador(es) principal(es): Jorge Puimedón

Presupuesto: 183.606 €

Agencia: Consejo de Seguridad Nuclear

Años: 2020-2023

### 37. Título: Programa de vigilancia radiológica ambiental (red de estaciones de muestreo) (OTRI 2020/0439-

24)

Investigador(es) principal(es): Jorge Puimedón

Presupuesto: 211.697,72 €

Agencia: Consejo de Seguridad Nuclear

Años: 2024-2027

#### 38. Título: Análisis y Física Matemática (E48-20R)

Investigador(es) principal(es): Luis Velázquez

Presupuesto: 23.855 € Agencia: DGA-FSE Años: 2020-2022

#### 39. Título: Dotación adicional proyecto Ramón y Cajal (RYC2020-030244-I)

Investigador(es) principal(es): Alejandro Vaquero Avilés-Casco

Presupuesto: 42.000 € Agencia: MICINN Años: 2021-2023

# 40. Título: Comprobación de la señal de DAMA/LIBRA con ANAIS-112 en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (FPA2017-83133-P)

Investigador(es) principal(es): María Luisa Sarsa

Presupuesto: 96.800 € Agencia: MINECO/FEDER

Años: 2018-2020

### 41. Título: Interacción Física-Tecnología-Matemáticas: métodos geométricos modernos (PGC2018-098265-B-C31)

Investigador(es) principal(es): Eduardo Martínez (José F. Cariñena, Jesús Clemente, CAPA)

Presupuesto: 29.161 € Agencia: MINECO/FEDER Años: 2019-2021

Este proyecto no está incluido en la tabla 8.1 porque su financiación no fue gestionada por CAPA.

#### 42. Título: Optimización y modelos microscópicos desde primeros principios (FIS2017-82426-P)

Investigador(es) principal(es): Alberto Castro, (Jesús Clemente, CAPA)

Presupuesto: 42.350 €

Agencia: Ministerio de Economía y competitividad

Años: 2018-2021

Este proyecto no está incluido en la tabla 8.1 porque su financiación no fue gestionada por CAPA.

### 43. Título: Sistemas basados en nanoestructuras metálicas con potenciales aplicaciones en Seguridad y Defensa (CUD19-11)

Investigador(es) principal(es): Inés Cavero

Presupuesto: 3.540 €

Agencia: Centro Universitario de la Defensa

Años: 2020-2020

Este proyecto no está incluido en la tabla 8.1 porque su financiación no fue gestionada por CAPA.

#### 44. Título: Campos cuánticos string-locales (820-B8-225)

Investigador(es) principal(es): Joseph C. Varilly (José M. Gracia, CAPA)

Agencia: Universidad de Costa Rica

Años: 2018-2020

Este proyecto no está incluido en la tabla 8.1 porque su financiación no fue gestionada por CAPA.

# 45. Título: Búsqueda de materia oscura en la frontera de baja masa: preparación del observatorio internacional de axiones (IAXO) y otras actividades de bajo fondo en el LSC (FPA2016-76978-C3-1-P)

Investigador(es) principal(es): Igor García Irastorza

Presupuesto: 361.790 € Agencia: MINECO Años: 2016-2019

#### 46. Título: Programa de vigilancia radiológica ambiental (red de estaciones de muestreo) (OTRI 2016/0439)

Investigador(es) principal(es): José Ángel Villar y Jorge Puimedón

Presupuesto: 158.967 €

Agencia: Consejo de Seguridad Nuclear

Años: 2016-2019

#### 47. Título: Física Nuclear y Astropartículas (Grupo de Referencia DGA, E27\_17R)

Investigador(es) principal(es): Eduardo García

Presupuesto: 45.610 € Agencia: DGA-FSE Años: 2017-2019

#### 48. Título: MICROMASCOTAS II (FCT-17-12577)

Investigador(es) principal(es): Jesús Clemente Gallardo

Presupuesto: 40.000 € Agencia: FECYT Años: 2018-2019

#### 49. Título: Realización de análisis relacionados con radiactividad (-)

Investigador(es) principal(es): Jorge Puimedón

Presupuesto: 61.000 €

Agencia: Public and private sources

Años: 2019-2024

### Tesis recientes defendidas y en curso

### D.1 | Tesis doctorales defendidas en el periodo 2019-2023

1. Título: Development of new strategies for the improvement of the sensitivity of the ANAIS-112 experiment at the Canfranc Underground Laboratory.

Estudiante: David Cintas González

Director(es): María Martínez Pérez, María Luisa Sarsa Sarsa

Periodo: 2019-2023

2. Título: Exploración en física de astropartículas de alta energía de posibles señales de una deformación de la relatividad especial

Estudiante: Maykoll A. Reyes Hung

Director(es): José Manuel Carmona, José Luis Cortés

Periodo: 2020-2023

3. Título: Quantum vaccum energy in cavities: from singular interactions to magnetodielectrics

Estudiante: César Romaniega Sancho

Director(es): Inés Cavero Peláez (codirigida en la Universidad de Valladolid)

Periodo: 2017-2022

4. Título: A Glance into Flavour Physics with Effective Field Theories and Machine Learning

Estudiante: Jorge Alda Gallo

Director(es): Siannah Peñaranda Rivas

Periodo: 2017-2022

5. Título: Non-perturbative physics in lattice gauge theories

Estudiante: Eduardo Royo-Amondarain

Director(es): Vicente Azcoiti Pérez, Eduardo Follana Adín

Periodo: 2016-2021

6. Título: ANAIS-112. Searching for the annual modulation of dark matter with a 112.5 kg NaI(Tl) detector at the Canfranc Underground Laboratory

Estudiante: Iván Coarasa Casas

Director(es): Miguel Ángel Oliván Monge, Jorge Mario Puimedón Santolaria

Periodo: 2016-2021

7. Título: Beyond special relativity and the notion of space-time

Estudiante: José Manuel Relancio

Director(es): José Manuel Carmona, José Luis Cortés

Periodo: 2015-2020

8. Título: Ultra-Low Background Microbulk Micromegas X-Ray Detectors for Axion

Estudiante: Elisa Ruiz Chóliz

Director(es): Igor García Irastorza, Gloria Luzón Marco

Periodo: 2014-2019

### D.2 | Tesis doctorales en curso

1. Título: Desarrollo de nuevas técnicas de detección para búsqueda de materia oscura en la frontera de baja masa

Estudiante: María Jiménez Puyelo

Director(es): Theopisti Dafni, Juan Antonio García Pascual

Periodo: 2023-2027

2. Título: Beyond Einstein: Exploring the Universe's Transparency through Lorentz Invariance Violation and Doubly Special Relativity in Astrophysical Phenomena

Estudiante: Filip Reščić

Director(es): José Manuel Carmona, Tomislav Terzić (tesis en cotutela Universidad de Zaragoza — Universidad

de Rijeka)

Periodo: 2023-2028

#### 3. Título: Predicting the Properties of Axion Dark Matter with Supercomputers

Estudiante: Mathieu Kaltschmidt Director(es): Javier Redondo

Periodo: 2022-2026

#### 4. Título: Nuevos desarrollos de bajo fondo para la detección de axiones solares en BabyIAXO.

Estudiante: Ana Quintana García

Director(es): Susana Cebrián and Igor G. Irastorza

Periodo: 2022-2026

#### 5. Título: Design of advanced scintillators for rare event searches at the Canfranc Underground Laboratory.

Estudiante: Jaime Apilluelo Allué

Director(es): María Martínez Pérez, María Luisa Sarsa Sarsa

Periodo: 2022-2026

#### 6. Título: Nuevas estrategias de reducción de fondo en experimentos para la búsqueda de Materia Oscura

Estudiante: Álvaro Ezquerro Sastre

Director(es): Theopisti Dafni, Juan Antonio García Pascual

Periodo: 2022-2026

#### 7. Título: Teorías híbridas clásico-cuánticas: aplicaciones en Teorías de Campos

Estudiante: David Martínez Crespo Director(es): Jesús Clemente

Periodo: 2021-2024

#### 8. Título: Energía de Casimir en Teorías Gauge no Abelianas

Estudiante: Fernando Ezquerro Sastre

Director(es): Manuel Asorey, Eduardo Follana

Periodo: 2021-2024

# 9. Título: Annual modulation and other rare processes searches using five-year exposure of ANAIS-112 and prospects of an upgraded experiment, ANAIS+.

Estudiante: Tamara Pardo Yanguas

Director(es): María Martínez Pérez, María Luisa Sarsa Sarsa

Periodo: 2021-2025

#### 10. Título: Diseño y prueba de un detector Micromegas para BabyIAXO

Estudiante: Cristina Margalejo Blasco Director(es): Gloria Luzón, Theopisti Dafni

Periodo: 2019-2024

#### 11. Título: Búsqueda de Axiones solares con BabyIAXO

Estudiante: Luis Antonio Obis Aparicio

Director(es): Gloria Luzón

Periodo: 2020-2024

#### 12. Título: El experimento TREX-DM: fenomenología y búsqueda de WIMPs de baja masa.

Estudiante: David Díez Ibáñez Director(es): Theopisti Dafni

Periodo: 2020-2024

#### 13. Título: Looking for low-mass WIMPs with the TREX-DM detector

Estudiante: Óscar Pérez Lázaro Director(es): Igor G. Irastorza

Periodo: 2020-2024

#### 14. Título: Estados de borde en materiales topológicos

Estudiante: Yisely Martinez Pérez Director(es): Manuel Asorey

Periodo: 2020-2024

#### 15. Título: Hybrid quantum-classical systems: Statistical mechanics, thermodynamics and field theory

Estudiante: Carlos Bouthelier Madre

Director(es): Alberto Castro y Jesús Clemente

Periodo: 2019-2023

# 16. Título: Desarrollos de cámaras de proyección temporal con planos de lectura Micromegas para experimentos de búsqueda de sucesos poco probables.

Estudiante: Hector Mirallas

Director(es): Theopisti Dafni, Igor G. Irastorza

Periodo: 2015-2023

17. Título: Valoración del impacto dosimétrico producido por la variación de los parámetros de entrada de un sistema de cálculo de dosis absorbida por el método de Monte Carlo en tratamientos de radioterapia.

Estudiante: Francisco Javier Jiménez Albericio Director(es): Jorge Mario Puimedón Santolaria

Periodo: 2014-2024

### D.3 | Trabajos fin de máster en el periodo 2019-2023

1. Título: Introducción y algunas contribuciones a la teoría de relatividad deformada

Estudiante: Iván Fernández Fernández

Director(es): José Manuel Carmona, José Luis Cortés, Maykoll Reyes

Año académico: 2022-2023

2. Título: Estudio de blindajes activos para rayos cósmicos en superficie

Estudiante: Leire Moreno Alzate

Director(es): Gloria Luzón, Theopist Dafni

Año académico: 2022-2023

3. Título: Simulación MC de la generación, propagación y recogida de luz en un módulo de ANAIS-112. Comparación con datos experimentales.

Estudiante: Víctor Pérez Sánchez

Director(es): María Luisa Sarsa, David Cintas

Año académico: 2022-2023

4. Título: Calibración con neutrones del experimento ANAIS-112.

Estudiante: Marta Pellicer Navarro

Director(es): María Martínez, María Luisa Sarsa

Año académico: 2020-2021

5. Título: Diseño de un detector de neutrones cósmicos

Estudiante: Tamara Pardo Yanguas

Director(es): Gloria Luzón, Theopisti Dafni

Año académico: 2020-2021

6. Título: Diseño de un detector de contaminación superficial de alfas de alta sensibilidad

Estudiante: Elisa Lupón Monge

Director(es): Theopisti Dafni, Gloria Luzón

Año académico: 2020-2021

7. Título: Diseño y test del sistema de blindaje activo para muones y neutrones cósmicos de IAXO-D0

Estudiante: Natalia Chueca Minguillón

Director(es): Konrad Altenmüller, Gloria Luzón

Año académico: 2020-2021

#### 8. Título: Estudios de sensibilidad a SN utilizando un detector TPC esférico

Estudiante: Francisco López Gómez

Director(es): Javier Galán Lacarra, David Díez Ibáñez

Año académico: 2020-2021

#### 9. Título: Procesos de creación de partículas en campos de fondo electromagnéticos y gravitatorios

Estudiante: Miguel Andrés Cuartero

Director(es): Manuel Asorey Año académico: 2020-2021

#### 10. Título: Aplication de simulations Monte Carlo en radiotherapie

Estudiante: Francisco Javier Errea Monguilan

Director(es): Francisco Javier Jiménez Albericio and Alejandro Barranco López

Año académico: 2020-2021

### 11. Título: Radiocirugía. Evaluación clínica y geométrica de su implementación en el Hospital Clínico Lozano

Estudiante: Germán Valtueña Peydro

Director(es): Francisco Javier Jiménez Albericio

Año académico: 2020-2021

## 12. Título: Protocolo de seguimiento de pacientes que superan alertas de dosis de radiación en piel tras procedimientos de cardiología intervencionista

Estudiante: María Luisa Ferrández Millán

Director(es): Francisco Javier Jiménez Albericio

Año académico: 2020-2021

#### 13. Título: Protección radiológica operacional en radioembolización hepática con microesferas de Y-90

Estudiante: Evangelina Martínez Francés

Director(es): Francisco Javier Jiménez Albericio

Año académico: 2020-2021

### 14. Título: Estudio de las dosis de radiación de las intervenciones realizadas en la sección de cardiología intervencionista del Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa

Estudiante: Sheila Calvo Carrillo

Director(es): Juan Manuel Campayo Esteban, Francisco Javier Jiménez Albericio

Año académico: 2020-2021

#### 15. Título: La transformada de Weyl-Wigner en Física Molecular

Estudiante: Laura González Bravo

Director(es): Jesús Clemente Año académico: 2020-2021

16. Título: Estudio de fondo y señal en BabyIAXO

Estudiante: Luis Antonio Obis Aparicio

Director(es): Javier Galán Lacarra, Gloria Luzón

Año académico: 2019-2020

17. Título: Energía Casimir en teorías gauge no abelianas

Estudiante: Fernando Ezquerro Sastre

Director(es): Manuel Asorey Año académico: 2019-2020

18. Título: Análisis de una señal de WIMPs de baja masa en el experimento TREX-DM

Estudiante: David Díez

Director(es): Igor García Irastorza Año académico: 2019-2020

### D.4 | Trabajos fin de grado en el periodo 2019-2023

1. Título: Simulaciones de trazado de rayos en ópticas de rayos X

Estudiante: Marta Castañeda Rodríguez

Director(es): Jaime Ruz Armendáriz, Julia Katharina Vogel

Año académico: 2022-2023

2. Título: Estudio de la Sensibilidad a Fotones Oscuros de Experimentos de Búsqueda de Axiones

Estudiante: Luis Miguel Plasencia

Director(es): Igor G. Irastorza, Javier Redondo

Año académico: 2022-2023

3. Título: Estudio de dosis entregada en tratamientos de radioterapia interna en la mama

Estudiante: Andrea Victoria Rubio Esparcia Director(es): Gloria Luzón, Valentina Zambrano

Año académico: 2022-2023

4. Título: Estudio de la respuesta de cristales de NaI(Tl)+SiPM enfriados a 100K para su aplicación a un experimento de búsqueda de materia oscura (ANAIS+).

Estudiante: Laura Navarro Cozcolluela Director(es): María Martínez, David Cintas

Año académico: 2022-2023

5. Título: Análisis de la contribución de la contaminación de 210Pb en el experimento ANAIS-112 para distintas distribuciones espaciales del isótopo y funciones respuesta del detector.

Estudiante: Carmen Labiano Osta

Director(es): Tamara Pardo, María Luisa Sarsa

Año académico: 2022-2023

#### 6. Título: Implementación de mejoras en el modelo de fondo radiactivo del experimento ANAIS-112.

Estudiante: Alejandro Cortés Navarro

Director(es): Susana Cebrián, María Luisa Sarsa

Año académico: 2022-2023

# 7. Título: Identificación de la desintegración de estados isómeros del Ac-228 en ANAIS-112 mediante técnicas de machine learning.

Estudiante: Omar Annoud Blanco

Director(es): Iván Coarasa, María Luisa Sarsa

Año académico: 2022-2023

#### 8. Título: El límite clásico en sistemas cuánticos e hibridos.

Estudiante: Juan Falceto Losada Director(es): Jesús Clemente Año académico: 2022-2023

#### 9. Título: El formalismo de Kooopman para sistemas clásicos e Híbridos.

Estudiante: Paul Rosa Ruiz

Director(es): Jesús Clemente, David Martínez

Año académico: 2022-2023

#### 10. Título: El Zoo de las partículas: De la relatividad a la teoría de campos clásica y cuántica.

Estudiante: David Garrido Ochoa Director(es): Siannah Peñaranda Año académico: 2022-2023

#### 11. Título: Ruptura espontánea de simetría: El bosón de Higgs.

Estudiante: Ángel Martín Sarasa Director(es): Siannah Peñaranda Año académico: 2022-2023

#### 12. Título: Introducción a las Teorías de Gran Unificación.

Estudiante: Juan Ignacio Ocaña Parral Director(es): Siannah Peñaranda Año académico: 2022-2023

#### 13. Título: Análisis de datos observacionales de rayos X.

Estudiante: Martina Cans Cugat

Director(es): Julia Katharina Vogel, Cristina Margalejo Blasco

Año académico: 2022-2023

#### 14. Título: Modelo Estándar: Física del Sabor.

Estudiante: Francisco Javier Gómez Fauro

Director(es): Siannah Peñaranda, Jorge Alda Gallo

Año académico: 2022-2023

#### 15. Título: Soluciones de colapso en relatividad general

Estudiante: Juan Arnaudas Navalpotro

Director(es): Eduardo Follana Año académico: 2021-2022

#### 16. Título: Geodésicas tipo tiempo en agujeros negros de Schwarzchild y Kerr

Estudiante: Alejandro Cano Jones Director(es): Eduardo Follana Año académico: 2021-2022

#### 17. Título: El zoo de las partículas: De la relatividad a la teoría de campos clásica y cuántica

Estudiante: Ignacio Ojer García Director(es): Siannah Peñaranda Año académico: 2021-2022

#### 18. Título: Modelo Estándar: física del sabor

Estudiante: Alejandro Mir Ramos

Director(es): Siannah Peñaranda, Jorge Alda

Año académico: 2021-2022

# 19. Título: Estudio por Monte Carlo de la respuesta de los detectores de ANAIS-112 a distintas fuentes de neutrones.

Estudiante: Ainara Sola Jiménez

Director(es): María Luisa Sarsa, María Martínez

Año académico: 2021-2022

## 20. Título: Estudio del efecto de los fondos ambientales en la sensibilidad del experimento BabyIAXO a axiones solares.

Estudiante: Daniel Mangirón Sisamón Director(es): Igor G. Irastorza, Luis Obis

Año académico: 2021-2022

#### 21. Título: Detección de alfas para medidas de radiopureza con detectores de Micromegas.

Estudiante: Lidia Escanciano Fernández

Director(es): Juan Antonio García Pascual, Óscar Pérez Lázaro

Año académico: 2021-2022

#### 22. Título: Singularidades cosmológicas en teorías gravitacionales con altas derivadas

Estudiante: Juan Carlos Pardos Muñoz

Director(es): Manuel Asorey Año académico: 2021-2022

#### 23. Título: Cosmología en Teorías de Gravitación con altas derivadas.

Estudiante: Diego Bazo Sánchez

Director(es): Manuel Asorey, Yisely Martínez Pérez

Año académico: 2021-2022

#### 24. Título: Estructura de los agujeros negros en teorías de gravedad superrenormalizables.

Estudiante: Laura Bravo Casado

Director(es): Manuel Asorey, Fernando Ezquerro Sastre

Año académico: 2021-2022

#### 25. Título: Rayos Cósmicos sobre la superficie terrestre

Estudiante: Leire Moreno Alzate

Director(es): Gloria Luzón, Theopisti Dafni

Año académico: 2021-2022

# 26. Título: Formalismo geométrico para la dinámica de sistemas estadísticos híbridos clásico-cuánticos (TFG Matemáticas)

Estudiante: Javier Pomar Villuendas

Director(es): Jesús Clemente, Carlos Bouthelier

Año académico: 2021-2022

#### 27. Título: Sistemas estadísticos híbridos clásico-cuánticos: métodos avanzados

Estudiante: Andrés Martínez Esteban

Director(es): Jesús Clemente, David Martínez

Año académico: 2021-2022

#### 28. Título: Estudio de un detector con tecnología "Segmented-Mesh Microbulk" en física de sucesos raros

Estudiante: María Jiménez Puyuelo

Director(es): Javier Galán Lacarra, David Díez Ibáñez

Año académico: 2021-2022

#### 29. Título: Estudio de dosis entregada en tratamientos de radioterapia interna

Estudiante: Cristina Iranzo Martínez Director(es): Valentina Zambrano Año académico: 2021-2022

#### 30. Título: Grupo de renormalización en cadenas de fermiones

Estudiante: Jorge Molina Sejas

Director(es): José Vicente García Esteve

Año académico: 2021-2022

#### 31. Título: Estudio de la dinámica de sistemas estadísticos híbridos clásico-cuánticos

Estudiante: Javier Pomar Villuendas

Director(es): Jesús Clemente y Carlos Bouthelier

Año académico: 2020-2021

#### 32. Título: El zoo de las partículas: De la relatividad a la teoría de campos clásica y cuántica.

Estudiante: Javier Bescós Artigas Director(es): Siannah Peñaranda Año académico: 2020-2021

#### 33. Título: El bosón de Higgs y la ruptura espontánea de simetría.

Estudiante: David Arruga Méndez Director(es): Siannah Peñaranda Año académico: 2020-2021

# 34. Título: Simulación por Monte Carlo de procesos de generación y recogida de luz para la optimización del experimento ANAIS-112

Estudiante: Marta Villalba Cantero

Director(es): David Cintas, María Martínez

Año académico: 2020-2021

#### 35. Título: Técnicas de machine learning para la optimización de los resultados del experimento ANAIS-112

Estudiante: Jaime Apilluelo Allué

Director(es): Iván Coarasa, María Martínez

Año académico: 2020-2021

#### 36. Título: Simulación por Monte Carlo de la sensibilidad del experimento ANAIS-112 en el análisis de modulación anual adaptable a distintos escenarios experimentales

Estudiante: Gracia Sedano Escudero

Director(es): María Luisa Sarsa, María Martínez

Año académico: 2020-2021

#### 37. Título: Análisis de datos del módulo Blank de ANAIS-112

Estudiante: Diego Alcón Vela

Director(es): María Luisa Sarsa, David Cintas

Año académico: 2020-2021

#### 38. Título: Análisis de la respuesta del detector TREX-DM a distintas fuentes.

Estudiante: Javier Pina Terraza

Director(es): Theopisti Dafni, Javier Galán Lacarra

Año académico: 2020-2021

#### 39. Título: Tomografía con muones

Estudiante: Eneko Lansaque Vivanco

Director(es): Javier Galán Lacarra, Theopisti Dafni

Año académico: 2020-2021

#### 40. Título: Diseño de un detector de neutrones ambientales

Estudiante: Pablo Muñoz Rueda

Director(es): Gloria Luzón Marco, Theopisti Dafni

Año académico: 2020-2021

#### 41. Título: Estudio de la actividad de <sup>7</sup>Be en aire

Estudiante: Andrés Herrero Alcaide

Director(es): Susana Cebrián Guajardo, Carmen Pérez Marín

Año académico: 2020-2021

#### 42. Título: Agujeros negros en teorías de gravitación con altas derivadas

Estudiante: Miguel Pardina García Director(es): Manuel Asorey Año académico: 2020-2021

#### 43. Título: Cosmología en Teorías de Gravitación con altas derivadas

Estudiante: Pedro Barrios Hita Director(es): Manuel Asorey Año académico: 2020-2021

#### 44. Título: Cálculo Monte Carlo para verificación de tratamientos de radioterapia externa

Estudiante: Óscar Lasaga Masip

Director(es): Eduardo García Abancéns, Francisco Javier Jiménez Albericio

Año académico: 2020-2021

# 45. Título: Modificaciones en el espectro de fotones cósmicos de alta energía debidas a una cinemática deformada relativista

Estudiante: Ángel Vincueria Cuartas

Director(es): José Manuel Carmona, José Javier Relancio

Año académico: 2020-2021

#### 46. Título: Condiciones de estabilidad y evolución de un fluido autogravitante en relatividad general

Estudiante: Jorge Borque López-Torres

Director(es): Eduardo Follana Año académico: 2020-2021

#### 47. Título: Escapar de un agujero negro

Estudiante: Iván Fernández Fernández

Director(es): Javier Redondo Año académico: 2020-2021

# 48. Título: Medida y cálculo por Monte Carlo de la eficiencia de un detector HPGe dedicado al control de la radiactividad ambiental

Estudiante: Carolina del Rio Bueno

Director(es): Jorge Mario Puimedón Santolaria, Carmen Perez Marín

Año académico: 2020-2021

#### 49. Título: Estados localizados y cadenas fermiónicas con defecto

Estudiante: Álvaro Ezquerro Sastre Director(es): Fernando Falceto Blecua

Año académico: 2020-2021

#### 50. Título: Ruptura anómala de simetrías en teorías cuánticas.

Estudiante: Alejandro Muro Belloso Director(es): José Vicente García Esteve

Año académico: 2020-2021

#### 51. Título: Técnicas de aprendizaje automático para la clasificación de imágenes de miscroscopía

Estudiante: Roger Pou López Director(es): Jesús Clemente Año académico: 2019-2020

#### 52. Título: El bosón de Higgs y la ruptura espontánea de la simetría.

Estudiante: Natalia Chueca Minguillón Director(es): Siannah Peñaranda

Año académico: 2019-2020

#### 53. Título: El Universo de la Física de Partículas: Modelo Estándar y la partícula de Higgs.

Estudiante: Ana Quintana García Director(es): Siannah Peñaranda Año académico: 2019-2020

#### 54. Título: Cadenas fermiónicas compuestas y aislantes topológicos

Estudiante: Francisco López Gómez Director(es): Fernando Falceto Blecua

Año académico: 2019-2020

#### 55. Título: Experimento IAXO para la detección de axiones: señal y fondo en el prototipo IAXO-D0

Estudiante: Tamara Pardo Yanguas

Director(es): Igor García Irastorza, Javier Galán Lacarra

Año académico: 2019-2020

#### 56. Título: Estudio del efecto Casimir

Estudiante: Miguel Andrés Cuartero

Director(es): Manuel Asorey Año académico: 2019-2020

#### 57. Título: Cotas a la escala de energías de una deformación de la cinemática de relatividad especial.

Estudiante: Lucía Castells Tiestos

Director(es): José Luis Cortés, José Javier Relancio Martínez

Año académico: 2019-2020

# 58. Título: Efectos observables de una deformación de la cinemática de Relatividad Especial en la producción de nuevas partículas.

Estudiante: Pablo Usán Sanz

Director(es): José Luis Cortés, José Javier Relancio Martínez

Año académico: 2019-2020

# 59. Título: Efectos no convencionales en la física de neutrinos debidos a una deformación de la relatividad especial.

Estudiante: Leire Salamero Lorea

Director(es): José Manuel Carmona, José Javier Relancio Martínez

Año académico: 2019-2020

#### 60. Título: Búsqueda de axiones solares en los datos del experimento ANAIS-112.

Estudiante: Marta Pellicer Navarro

Director(es): María Lucía Martínez Pérez, María Luisa Sarsa Sarsa

Año académico: 2019-2020

#### 61. Título: Anomalías en mecánica cuántica.

Estudiante: Miguel Ángel García Ferrando

Director(es): Fernando Falceto, Fernando José Vicente García Esteve

Año académico: 2019-2020

#### 62. Título: Estudio de la radiactividad ambiental en aire

Estudiante: Sara Abad Jimémez

Director(es): Susana Cebrián Guajardo, Carmen Pérez Marín

Año académico: 2019-2020

#### 63. Título: Dosimetría de áreas. Aplicación en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc

Estudiante: María Fiorella Falcón Soberón

Director(es): Jorge Puimedón, Carmen Pérez Marín

Año académico: 2019-2020

#### 64. Título: Aplicación del método de Monte Carlo para la protección y seguridad en radioterapia

Estudiante: Daniel Plaza Vas Director(es): Jorge Puimedón Año académico: 2019-2020

# 65. Título: Dosimetría de haces clínicos y comisionado de un sistema de planificación de tratamientos de radioterapia externa

Estudiante: Marina Orts Sanz

Director(es): Eduardo García Abancéns, Francisco Javier Jiménez Albericio

Año académico: 2019-2020

# 66. Título: Cálculo de blindajes en una instalación clínica de tomografía por emisión de positrones con tomografía computarizada (PET-CT)

Estudiante: Beatriz García Costa

Director(es): Eduardo García Abancéns, Francisco Javier Jiménez Albericio

Año académico: 2019-2020

#### 67. Título: Cálculo de dosis en braquiterapia de próstata de baja tasa con semillas de I-125

Estudiante: Alejandro Gacias Campillo

Director(es): Eduardo García Abancéns, Francisco Javier Jiménez Albericio

Año académico: 2019-2020

# Participación y organización de congresos

For the moment a compilation of what was in the annual reports. Faltan 2019. Please everybody complete!

### E.1 | Organización de congresos

1. Evento: Saturnalia 2023

Participante(s): Javier Redondo, Siannah Peñaranda, Mathieu Kaltschmidt, Maykoll Reyes, Jaime Ruz

Tipo de participación: Comité Organizador

Lugar: Zaragoza, Spain Fecha: 18/12/23-21/12/23

url: https://indico.capa.unizar.es/event/35/

2. Evento: 11th Symposium on Large TPCs for Rare Event Detection

Participante(s): Theopisti Dafni, Igor G. Irastorza

Tipo de participación: Miembros del Comité Organizador

Lugar: París, Francia Fecha: 11/12/23-13/12/23

url: https://indico.cern.ch/event/1272184/

3. Evento: LIDINE 2023: LIght Detection In Noble Elements

Participante(s): Susana Cebrián, Gloria Luzón, María Martínez Tipo de participación: Miembros del Comité Organizador

Lugar: CIEMAT, Madrid Fecha: 20/09/23-22/09/23

url: https://agenda.ciemat.es/event/4282/

#### 4. Evento: 38th International Cosmic Ray Conference (ICRC2023)

Participante(s): Susana Cebrián

Tipo de participación: "Chair" del "International Scientific Program Committee (ISPC) for Dark Matter Phy-

sics"

Lugar: Nagoya, Japón Fecha: 26/07/23-03/08/23 url: https://www.icrc2023.org/

#### 5. Evento: COST CA18108 Fourth Annual Conference

Participante(s): José Manuel Carmona

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador

Lugar: Rijeka, Croacia Fecha: 10/07/23-14/07/23

url: https://indico.capa.unizar.es/event/31/

# 6. Evento: Axions across boundaries between Particle Physics, Astrophysics, Cosmology and forefront Detection Technologies.

Participante(s): Maurizio Giannotti, Igor G. Irastorza, Julia K. Vogel

Tipo de participación: Miembros del Comité Organizador

Lugar: Florencia, Italia Fecha: 26/04/23-09/06/23

url: https://www.ggi.infn.it/showevent.pl?id=437

#### 7. Evento: REST-for-Physics training school

Participante(s): Javier Galán, Gloria Luzón, Juan Antonio García, Cristina Margalejo, Luis Obis, David Díez

Tipo de participación: Comité Organizador

Lugar: Zaragoza, Spain Fecha: 23/01/23-27/01/23

url: https://indico.capa.unizar.es/event/26/

#### 8. Evento: Saturnalia 2022

Participante(s): Javier Redondo, Siannah Peñaranda, Jorge Alda, Mathieu Kaltschmidt

Tipo de participación: Comité Organizador

Lugar: Zaragoza, Spain Fecha: 16/12/22-22/12/22

url: https://indico.capa.unizar.es/event/32/

#### 9. Evento: Quantum Effective Field Theory and Black Hole Tests of Einstein Gravity

Participante(s): Manuel Asorey

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador

Lugar: IFPU, SISSA, Trieste, Italy

Fecha: 12/09/22-16/09/22

url: https://grams-815673.wixsite.com/september12-16

#### 10. Evento: 10<sup>a</sup> Jornada de Jóvenes Investigadores de Química y Física de Aragón

Participante(s): Susana Cebrián

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador

Lugar: Zaragoza

Fecha: 14/12/22-14/12/22

url: https://eventos.unizar.es/89124/detail/10o-jornada-de-jovenes-investigadores-de-quimica-y-fis

ica-de-aragon.html

#### 11. Evento: Workshop on Feebly-Interacting Particles FIPs2022

Participante(s): Maurizio Giannotti, Igor G. Irastorza Tipo de participación: Miembros del Comité Organizador

Lugar: CERN, Geneva, Switzerland

Fecha: 17/10/22-21/10/22

url: https://indico.cern.ch/event/1119695/

#### 12. Evento: First LatticeNET workshop on challenges in Lattice field theory

Participante(s): Vicente Azcoiti and Eduardo Follana Tipo de participación: Miembros del Comité Organizador

Lugar: Benasque, Spain Fecha: 11/09/22-17/09/22

url: https://www.benasque.org/2022lattice\_workshop/

#### 13. Evento: Workshop on theoretical and experimental advances in quantum gravity

Participante(s): José Manuel Carmona

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador

Lugar: Belgrade, Serbia Fecha: 01/09/22-03/09/22

url: https://indico.capa.unizar.es/event/24/

# 14. Evento: COST CA18108 Third Annual Conference and Workshop on future challenges and opportunities in quantum gravity phenomenology

Participante(s): José Manuel Carmona

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador

Lugar: Naples, Italy Fecha: 11/07/22-15/07/22

url: https://indico.capa.unizar.es/event/21/

url: https://indico.capa.unizar.es/event/22/

#### 15. Evento: Quantum Theory and Applications

Participante(s): M. Asorey

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador

Lugar: Policeta, Italy Fecha: 18/06/22-24/06/22

url: https://agenda.infn.it/event/31556/contributions/174769/

#### 16. Evento: Workshop on New Trends in Quantum Physics

Participante(s): Manuel Asorey and F. Falceto

Tipo de participación: Miembros del Comité Organizador

Lugar: CAPA, Zaragoza, Spain

Fecha: 5/05/22-6/05/22

#### 17. Evento: @FlipPhysics

Participante(s): Susana Cebrián

Tipo de participación: Miembro del Comité Científico

Lugar: Valencia

Fecha: 21/03/22-25/03/22

url: https://indico.ific.uv.es/event/6372/

#### 18. Evento: Primer encuentro de la red temática española de lattice gauge theory, LatticeNET

Participante(s): Vicente Azcoiti, Eduardo Follana

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador

Lugar: Zaragoza

Fecha: 24/01/22-25/01/22

#### 19. Evento: Saturnalia 2021

Participante(s): Javier Redondo, Bodo Schwabe Tipo de participación: Comité Organizador

Lugar: Zaragoza, Spain Fecha: 06/12/21-08/12/21

url: https://indico.capa.unizar.es/e/saturnalia21

#### 20. Evento: 10th Symposium on Large TPCs for Rare Event Detection

Participante(s): Theopisti Dafni and Igor G. Irastorza Tipo de participación: Miembros del Comité Organizador

Lugar: Paris, France

Fecha: December 15-17 2021-Fecha:

-15/12/21

17/12/21 url: https://indico.cern.ch/event/852331/

#### 21. Evento: 9ª Jornada de Jóvenes Investigadores de Química y Física de Aragón

Participante(s): Susana Cebrián

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador

Lugar: Zaragoza

Fecha: 16/12/21-16/12/21

url: http://eventos.unizar.es/70156/detail/9o-jornada-de-jovenes-investigadores-de-quimica-y-fisic

a-de-aragon.html

#### 22. Evento: Workshop on New Trends in Quantum Physics

Participante(s): Manuel Asorey

Tipo de participación: Presidente del Comité Organizador

Lugar: Zaragoza

Fecha: 03/12/21-03/12/21

url: https://capa.unizar.es/workshop-on-new-trends-in-quantum-physics-fernando-falceto-fest-3-d

e-diciembre/

#### 23. Evento: 11th International Workshop on the CKM Unitarity Triangle (CKM 2021)

Participante(s): Alejandro Vaquero Avilés-Casco

Tipo de participación: Coordinador del WG2:  $V_{ub}$ ,  $V_{cb}$  and semileptonic/leptonic B decays including  $\tau$ 

Lugar: Melbourne, Australia. (Online)

Fecha: 22/11/21-26/11/21

url: https://indico.cern.ch/event/891123/

#### 24. Evento: The hadronic vacuum polarization from lattice QCD at high precision

Participante(s): Alejandro Vaquero Avilés-Casco

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador

Lugar: Zurich, Switzerland. (Online)

Fecha: 16/11/21-20/11/21

url: https://indico.cern.ch/event/956699/

#### 25. Evento: COST CA18108 Second Annual Conference

Participante(s): José Manuel Carmona

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador

Lugar: Corfu, Greece Fecha: 06/10/21-08/10/21

url: https://indico.capa.unizar.es/event/16/

#### 26. Evento: Dark Matter 2021: From the Smallest to the Largest Scales, Santander, 13-16, 2021

Participante(s): Igor G. Irastorza and M.L. Sarsa

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador Internacional

Lugar: Santander, Spain. (online) Fecha: 13/09/2021-16/09/2021

url: https://indico.ifca.es/event/1199/

#### 27. Evento: XVIII International Meeting on Fundamental Physics

Participante(s): M. Asorey (Chair), J.M. Carmona, S. Cebrián, T. Dafni, E. Follana, J. Galán, I.G. Irastorza, G.

Luzón, M. Martínez, S. Peñaranda, J. Redondo

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador local

Lugar: Benasque, Spain Fecha: 06/09/21-11/09/21

url: http://benasque.org/2021imfp/

#### 28. Evento: 17th International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics

Participante(s): Susana Cebrián, Theopisti Dafni, Igor G. Irastorza, María Luisa Sarsa

Tipo de participación: Miembros del Comité Organizador

Lugar: online

Fecha: 26/08/2021-03/09/2021

url: https://congresos.adeituv.es/TAUP2021/

#### 29. Evento: Saturnalia 2020

Participante(s): Javier Redondo and Siannah Peñaranda

Tipo de participación: Comité organizador Lugar: Universidad Carlos III, Spain

Fecha: 21/12/20-06/11/20

url: https://indico.capa.unizar.es/event/12

#### 30. Evento: XV EITA Research Meeting in Approximation Theory Zaragoza (online)

Participante(s): Luis Velázquez

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador

Lugar: Universidad Carlos III, Spain

Fecha: 05/11/20-06/11/20

url: http://eventos.unizar.es/go/xveita2020

#### 31. Evento: Workshop on feebly-interacting particles, FIPs 2020

Participante(s): Igor G. Irastorza

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador

Lugar: CERN, Switzerland Fecha: 31/08/20-04/09/20

url: https://indico.cern.ch/event/864648/timetable/

#### 32. Evento: Latin-American Conference on High Energy Physics: Particles and Strings III

Participante(s): Siannah Peñaranda

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador

Lugar: La Habana, Cuba Fecha: 20/07/20-24/07/20

url: https://agenda.infn.it/event/21205/

#### 33. Evento: Dark Matter 2020, DM2020

Participante(s): María Luisa Sarsa Sarsa

Tipo de participación: Miembro del Comité Científico

Lugar: Santander, Spain Fecha: /06/20-/06/20

#### 34. Evento: COST First Annual Conference, March 2020

Participante(s): J.M. Carmona

Tipo de participación: Co-organizador

Lugar: Granada, Spain Fecha: 10/03/20-13/03/20

url: https://indico.capa.unizar.es/event/2/

#### 35. Evento: IV International Workshop on Information Geometry, Quantum Mechanics and Applications

Participante(s): Manuel Asorey

Tipo de participación: Miembro del Comité Científico

Lugar: Universidad Carlos III, Spain

Fecha: 27/02/20-28/02/20

url: http://www.q-math.es/conferences/IGQMA2020/

#### 36. Evento: Primera reunion de la Red Consolider MultiDark / 15th MultiDark Consolider Workshop

Participante(s): Eduardo García, María Martínez, María Luisa Sarsa

Tipo de participación: Miembros del comité organizador

Lugar: Universidad de Zaragoza, Spain

Fecha: 3/04/2019-5/04/2019

### E.2 | Participación en congresos

1. Título: LIV and DSR formulas for time delays: assumptions, misconceptions and challenges

Ponente: José M. Carmona

Evento: Astrophysical searches for quantum-gravity-induced time delays

Lugar: IFPU, Trieste (Italia) Fecha: 15/01/2024-19/01/2024

url: https://www.ifpu.it/focus-week-time-delays/

2. Título: Hunting Axions with the International Axion Observatory (IAXO)

Ponente: Julia K. Vogel Evento: **Saturnalia 2023** 

Lugar: Universidad de Zaragoza, Spain

Fecha: 18/12/2023-22/12/2023

url: https://indico.cern.ch/event/1272184/

3. Título: Detecting axions from monster stars

Ponente: Maurizio Giannotti Evento: **Saturnalia 2023** 

Lugar: Universidad de Zaragoza, Spain

Fecha: 18/12/2023-22/12/2023

url: https://indico.cern.ch/event/1272184/

Título: Low radioactivity techniques for Large TPCs in rare event searches

Ponente: Susana Cebrián

Evento: 11th Symposium on Large TPCs for lo energy rare event detection

Lugar: París, Francia

Fecha: 11/12/2023-13/12/2023

url: https://indico.capa.unizar.es/event/35/

4. Título: ANAIS-112: updated results on annual modulation with three-year exposure and future prospects

Ponente: Iván Coarasa

Evento: 8th IBS-MultiDark-ICTP Workshop

Lugar: IFT, Madrid

Fecha: 13/11/2023-17/11/2023

5. Título: Neutron calibrations in dark matter searches: the ANAIS-112 case

Ponente: Tamara Pardo

Evento: 20th MultiDark Workshop

Lugar: Gandía, Valencia

Fecha: 25/10/2023-27/10/2023

6. Título: Beyond ANAIS-112: ANAIS+

Ponente: Jaime Apilluelo

Evento: 20th MultiDark Workshop

Lugar: Gandía, Valencia

Fecha: 25/10/2023-27/10/2023

7. Título: Towards the Continuum Limit of Global Axion String Decays

Ponente: Mathieu Kaltschmidt

**Evento: Advancements in Axion Physics** 

Lugar: Tsung-Dao Lee Institute and Jiao Tong University, Shanghai, China (Online)

Fecha: 16/10/2023-18/10/2023

url: https://sites.google.com/view/axionworkshop

 $8. \ \ T\'{i}tulo: \textbf{Status of the TREX-DM experiment at Canfranc Underground Laboratory (LSC)}$ 

Ponente: Óscar Pérez Lázaro

Evento: L International Meeting on Fundamental Physics and XV CPAN days

Lugar: Palacio de la Magdalena, Santander

Fecha: 2/10/2023-6/10/2023

url: https://indico.cern.ch/event/1283224/contributions/5590455/

9. Título: Nuclear Recoil QF measurement for ANAIS-112

Ponente: David Cintas

Evento: L International Meeting on Fundamental Physics and XV CPAN days

Lugar: Palacio de la Magdalena, Santander

Fecha: 2/10/2023-6/10/2023

url: https://indico.cern.ch/event/1283224/contributions/5590461/

10. Título: Study of cosmogenic activation above ground of Argon for DarkSide-20k

Ponente: Susana Cebrián

**Evento: LIDINE2023: Light Detection in Noble Elements** 

Lugar: Madrid

Fecha: 20/09/2023-22/09/2023

url: https://agenda.ciemat.es/event/4282/

11. Título: Experimental landscape for solar axions and other light particles

Ponente: Julia Vogel
Evento: **Axion++ 2023**Lugar: Annecy, Francia

Fecha: 25/09/2023-28/09/2023

url: https://indico.in2p3.fr/event/29472/program

12. Título: Axions and other light particles: astrophysical aspects

Ponente: Maurizio Giannotti Evento: **Axion++ 2023** Lugar: Annecy, Francia

Fecha: 25/09/2023-28/09/2023

url: https://indico.in2p3.fr/event/29472/program

13. Título: TREXDM: a time projection chamber for low mass WIMPs detection

Ponente: Héctor Mirallas

Evento: LIDINE2023: Light Detection in Noble Elements

Lugar: Madrid

Fecha: 20/09/2023-22/09/2023

url: https://agenda.ciemat.es/event/4282/

14. Título: Searches of Axions/ALPS with (Baby)IAXO

Ponente: Juan Antonio Garcia Pascual

Evento: XVIII International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics (TAUP2023)

Lugar: Viena, Austria

Fecha: 28/08/2023-1/09/2023

url: https://indico.cern.ch/event/1199289/contributions/5449570/

15. Título: ANAIS-112: updated results on annual modulation with three-year exposure

Ponente: Iván Coarasa

Evento: XVIII International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics (TAUP2023)

Lugar: Viena, Austria

Fecha: 28/08/2023-1/09/2023

url: https://indico.cern.ch/event/1199289/contributions/5449572/

16. Título: Neutron calibrations in dark matter searches: the ANAIS-112 case

Ponente: Tamara Pardo

Evento: XVIII International Confernce on Topics in Astroparticle and Underground Physics (TAUP2023)

Lugar: Viena, Austria

Fecha: 28/07/2023-01/09/2023

url: https://indico.cern.ch/event/1199289/contributions/5450456/

17. Título: CA18108 network: new challenges and opportunities for research in quantum gravity phenome-

nology

Ponente: José Manuel Carmona

**Evento: COST CA18108 Fourth Annual Conference** 

Lugar: Rijeka, Croacia

Fecha: 10/07/2023-14/07/2023

url: https://indico.capa.unizar.es/event/31/contributions/

18. Título: ANAIS-112: updated results on annual modulation with three-year exposure and future prospects

Ponente: María Martínez

Evento: PPC 2023: XVI International Conference on Interactions between Partice Physics and Cosmo-

logy

Lugar: IBS, Daejeon, Korea Fecha: 12/06/2023-16/06/2023

url: https://indico.ibs.re.kr/event/540/contributions/4488/

19. Título: ANAIS-112: first direct test of the DAMA/LIBRA signal beyond 3 sigma

Ponente: María Martínez

Evento: Dark Matter 2023: From the Smallest to the Largest Scales

Lugar: Santander

Fecha: 29/05/2023-2/06/2023

url: https://indico.ifca.es/event/2675/contributions/14046/

20. Título: Review of Helioscope Searches and the Status of BabyIAXO

Ponente: Julia K. Vogel

Evento: Workshop on Axions across boundaries between Particle Physics, Astrophysics, Cosmology and forefront Detection Technologies

Lugar: Florencia, Italia Fecha: 26/04/2023-9/06/2023

url: https://www.ggi.infn.it/showevent.pl?id=437

#### 21. Título: ANAIS-112:testing the DAMA/LIBRA signal beyond 3 sigma

Ponente: María Martínez

Evento: UCLA Dark Matter 2023 Lugar: Los Ángeles, Estados Unidos

Fecha: 29/03/2023-1/04/2023

url: https://indico.cern.ch/event/1188759/contributions/5222288/

#### 22. Título: Axion Dark Matter Simulations with Adaptive Mesh Refinement

Ponente: Mathieu Kaltschmidt

Evento: Beyond WIMPs: Dark Matter beyond the Weak Scale

Lugar: University of Liverpool, UK Fecha: 27/03/2023-30/03/2023

url: https://beyondwimps.com/#communication

#### 23. Título: NaI Detector R&D Activities at CAPA

Ponente: María Luisa Sarsa

Evento: Instrumentation for the future of particle, nuclear and astroparticle physics and medical applications in Spain

Lugar: Barcelona

Fecha: 6/03/2023-7/03/2023

url:

#### 24. Título: Solar Axion Searches with Helioscopes

Ponente: Julia K. Vogel

Evento: Kick-off Meeting of the COST Action ÇOSMIC WISPers''(CA21106)

Lugar: Frascati, Italia

Fecha: 23/02/2023-24/03/2023

url: https://agenda.infn.it/event/33570/

#### 25. Título: Direct searches with Argon and study on cosmogenic activation above ground for the DarkSide-20k project

Ponente: Susana Cebrián

Evento: 19th MultiDark Consolider Workshop

Lugar: Miraflores de la Sierra, Madrid

Fecha: 23/05/2022-25/05/2022

url: http://workshops.ift.uam-csic.es/files/294/Susana\_Cebrian.pdf

#### 26. Título: The direct detection of Dark Matter

Ponente: Susana Cebrián

Evento: Annual Meeting of the European Astronomical Society (EAS2022), S3 Symposium "The dark matter multi-messenger challenge"

Lugar: Valencia

Fecha: 27/06/2022-01/07/2022

url: https://eas.unige.ch/EAS2022/session.jsp?id=S3

#### 27. Título: Dark Matter Direct Detection experiments

Ponente: Susana Cebrián

Evento: Second MODE Workshop on Differentiable Programming for Experiment Design

Lugar: Kolymbari, Creta, Grecia Fecha: 12/09/2022-16/09/2022

url: https://indico.cern.ch/event/1145124/timetable

#### 28. Título: Theoretical and experimental challenges in quantum gravity phenomenology

Ponente: José Manuel Carmona

Evento: 11th Conference of the Balkan Physical Union (BPU11 Congress)

Lugar: Belgrado (Serbia) Fecha: 28/08/22-01/09/22 url: https://bpu11.info/

#### 29. Título: Experimental status and perspectives on dark matter direct detection and latest ANAIS results

Ponente: María Luisa Sarsa Evento: @FlipPhysics Workshop

Lugar: IFIC, Valencia, Spain Fecha: 21/03/2022-25/03/2022

url: https://indico.ific.uv.es/event/6372/contributions/17346/attachments/10036/13418/ANAIS112\_F

lipPhysics.pdf

#### 30. Título: Calibrating the ANAIS-112 dark matter experiment with neutrons

Ponente: poster presenter: Tamara Pardo

Evento: @FlipPhysics Workshop

Lugar: IFIC, Valencia, Spain Fecha: 21/03/2022-25/03/2022

url: https://indico.ific.uv.es/event/6372/contributions/17885/attachments/10028/13409/Poster Tam

araPardo\_FlipPhysics22.pdf

#### 31. Título: Testing DAMA/LIBRA at three-sigma with ANAIS-112 experiment

Ponente: María Luisa Sarsa

**Evento: 2022 Korean Physical Society Spring Meeting, Pioneer Symposium Dark Matter and Neutrino Searches with scintillating detectors** 

Lugar: Seoul, Online Fecha: 22/04/2022-

url: https://indico.ibs.re.kr/event/499/contributions/3562/attachments/3200/3559/KPS2022\_MLSars

a.pdf

#### 32. Título: ANAIS-112 annual modulation results and prospects to test DAMA/LIBRA beyond three sigma

Ponente: María Luisa Sarsa

Evento: 14th International Conference on Identification of Dark Matter, IDM2022

Lugar: Vienna, Austria

Fecha: 18/07/2022-22/07/2022

url: https://indico.cern.ch/event/922783/contributions/4892762/attachments/2482431/4261919/AN

AIS IDM2022.pdf

#### 33. Título: Calibraciones de neutrones en ANAIS-112

Ponente: Tamara Pardo

Evento: X Jornada de Jóvenes Investigadores en Física y Química de Aragón

Lugar: Zaragoza, Spain Fecha: 14/12/2022-

#### 34. Título: ANAIS-112: testing the DAMA/LIBRA signal beyond three sigma

Ponente: María Martínez

Evento: The Dark Side of the Universe, DSU2022

Lugar: Sydney, Australia Fecha: 05/12/2022-09/12/2022

url: https://indico.cern.ch/event/1107937/contributions/5100411/attachments/2559990/4412288/D

SU\_22\_MMartinez.pdf

35. Título: ANAIS-112: testing DAMA/LIBRA signal beyond three sigma

Ponente: María Martínez

Evento: The 7th IBS-ICTP-MultiDark Workshop

Lugar: Daejeon, Korea

Fecha: 28/11/2022-02/12/2022

url: https://indico.ibs.re.kr/event/542/contributions/4077/

36. Título: ANAIS-112: first direct test of DAMA/LIBRA beyond three sigma

Ponente: María Martínez Evento: **XIV CPAN days** Lugar: Bilbao, Spain

Fecha: 23/11/2022-25/11/2022

url: https://indico.ific.uv.es/event/6735/contributions/19443/attachments/10600/14367/CPANDaysBi

lbao22\_MMartinez.pdf

37. Título: Direct search for dark matter: Status and perspectives

Ponente: María Martínez

Evento: VIII Meeting on Fundamental Cosmology

Lugar: Granada, Spain Fecha: 2/11/2022-4/11/2022

url: https://home.iaa.csic.es/fundcosmo22/resources/MFC2002-Program.pdf

38. Título: Direct searches of dark matter

Ponente: María Martínez

Evento: 3rd GNN Workshop on Indirect Dark Matter searches with neutrino telescopes

Lugar: Granada, Spain

Fecha: 31/03/2022-1/04/2022

url: https://indico.cern.ch/event/1075227/contributions/4785688/attachments/2419225/4140599/Dar

kGhost22\_MMartinez.pdf

39. Título: Neutron calibrations in ANAIS-112

Ponente: Tamara Pardo

Evento: 19th MultiDark Consolider Workshop

Lugar: La Cristalera, UAM, Miraflores de la Sierra, Madrid, Spain

Fecha: 23/05/2022-25/05/2022

url: https://workshops.ift.uam-csic.es/multidark19/program

40. Título: Deformed relativistic kinematics on curved spacetime: a geometric approach

Ponente: José Javier Relancio Martínez

Evento: VII Iberoamerican Meeting on Geometry, Mechanics and Control

Lugar: Universidad Nacional del Sur Fecha: 07/03/2022-11/03/2022

url: https://sites.google.com/view/iberogmc2022/home

41. Título: Geometrize and conquer: the Klein-Gordon and Dirac equations in Doubly Special Relativity

Ponente: José Javier Relancio Martínez

**Evento: Third Annual Conference of COST Action CA18108** 

Lugar: University of Naples Fecha: 13/07/2022-15/07/2022

url: https://indico.capa.unizar.es/event/21/

42. Título: TREX-DM experiment at Canfranc Underground Laboratory

Ponente: Óscar Pérez Lázaro Evento: **XIII CPAN days** Lugar: Huelva, Spain

Fecha: 21/03/2022-23/03/2022

url: https://indico.ific.uv.es/event/6457/contributions/17704/

43. Título: Experimental Searches for Axions

Ponente: Igor G. Irastorza

Evento: Neutrino Oscillation Workshop (NOW2022), plenary talk.

Lugar: Ostuni, Italy

Fecha: 5/09/2022-11/09/2022

url: https://web2.ba.infn.it/now/now2022/

44. Título: Experimental Searches for Axions

Ponente: Igor G. Irastorza

Evento: Feebly interacting Sectors Impact in Cosmology and Astrophysics (FISICA2022)

Lugar: Mainz, Germany Fecha: 1/03/2022-4/03/2022

url: https://indico.mitp.uni-mainz.de/event/288/

Título: Design of an alpha contamination detector with high sensitivity

Ponente: Ana Quintana García

Evento: @FlipPhysics Workshop

Lugar: IFIC, Valencia, Spain Fecha: 21/03/2022-25/03/2022

url: https://indico.ific.uv.es/event/6372/contributions/17572/attachments/10067/13459/AlphaCAMM

presentation.pptx

#### 45. Título: X-ray detectors for the BabyIAXO solar axion search

Ponente: Konrad Altenmüller

Evento: 9th Conference on new Developments in Photodetection (NDIP20)

Lugar: Troyes, France

Fecha: 04/07/2022-08/07/2022 url: https://www.ndip.fr/

#### 46. Título: Axion search with the BabyIAXO helioscope: status and prospects

Ponente: Konrad Altenmüller Evento: **XIII CPAN days** Lugar: Huelva, Spain

Fecha: 21/03/2022-23/03/2022

url: https://indico.ific.uv.es/event/6457/contributions/17703/

#### 47. Título: New Aspects of Higher Derivative Theories

Ponente: Manuel Asorey

Evento: Conference on Quantum Gravity, Cosmology and Black Holes

Lugar: Universidade Beira Interior, Covilha, Portugal

Fecha: 14/03/2022-18/03/2022

url: https://inspirehep.net/conferences/2039122?ui-citation-summary=true

#### 48. Título: Aspects of Quantum Field Theory

Ponente: Manuel Asorey

Evento: International School on Gravity, Cosmology and Mathematical Physics

Lugar: Scalea, Italy

Fecha: 13/06/2022-17/06/2022

url: https://monge.u-bourgogne.fr/gdito/EQ2022/

#### 49. Título: Overview: Euclidean approach to Quantum Field Theories

Ponente: Manuel Asorey

**Evento: Quantum Theory and Applications** 

Lugar: Policeta, San Rufo, Italy Fecha: 17/06/2022-24/06/2022

url: https://agenda.infn.it/event/31556/

50. Título: New aspects of higher derivative theories

Ponente: Manuel Asorey

Evento: Workshop on Standard Model and Beyond

Lugar: Corfu, Greece

Fecha: 28/08/2022-08/09/2022

url: http://www.physics.ntua.gr/corfu2022/sm.html

51. Título: Trace anomaly and induced action for a metric-scalar background

Ponente: Manuel Asorey

Evento: Quantum Effective Field Theory and Black Hole Tests of Einstein Gravity

Lugar: SISSA, Trieste, Italy Fecha: 12/09/2022-16/09/2022

url: https://grams-815673.wixsite.com/september12-16

52. Título: Using Machine Learning techniques in phenomenological studies in flavour physics

Ponente: Jorge Alda Gallo Evento: **XIII CPAN Days.** Lugar: Huelva, Spain

Fecha: 21/03/2022-23/03/2022

url: https://indico.ific.uv.es/event/6457/contributions/17809/attachments/9886/13210/Alda XIII CPA

N.pdf

53. Título: Using Machine Learning techniques in phenomenological studies in flavour physics

Ponente: Jorge Alda Gallo

Evento: 5th Inter-experiment Machine Learning Workshop.

Lugar: CERN, Switzerland Fecha: 08/05/2022-13/05/2022

url: https://indico.cern.ch/event/1078970/contributions/

54. Título: Towards a geometrical interpretation of rainbow geometries for quantum gravity phenomenology

Ponente: José Javier Relancio Martínez

Evento: Experimental Tests and Signatures of Modified and Quantum Gravity

Lugar: Online

Fecha: 01/02/2021-05/02/2021

url: https://www.we-heraeus-stiftung.de/veranstaltungen/seminare/2021/experimental-tests-and-sig

natures-of-modified-and-quantum-gravity/

#### 55. Título: Deformed relativistic kinematics in curved spacetimes

Ponente: José Javier Relancio Martínez

**Evento: Geometric Foundations of Gravity 2021** 

Lugar: Universidad de Tartu, Estonia Fecha: 28/06/2021-02/07/2021

url: http://geomgrav.fi.ut.ee/conf/geomgrav2021/

#### 56. Título: Quantum gravity phenomenology in the multi-messenger approach

Ponente: José Manuel Carmona

**Evento: Sixteenth Marcel Grossmann Meeting** 

Lugar: Online

Fecha: 05/07/21-10/07/21

url: http://www.icra.it/mg/mg16/

#### 57. Título: Non-extremal rotating black holes as particle accelerators

Ponente: José Javier Relancio Martínez

Evento: Black Holes Inside and Out (BHIO 2021)

Lugar: Online

Fecha: 27/09/2021-01/10/2021 url: https://www.bhio2021.com/

#### 58. Título: Physics of the universe transparency in a deformed kinematics

Ponente: José Manuel Carmona

**Evento: COST CA18108 Second Annual Conference** 

Lugar: Corfu, Greece Fecha: 06/10/21-08/10/21

url: https://indico.capa.unizar.es/event/16/

#### 59. Título: Relativistic deformed kinematics: from flat to curved spacetimes

Ponente: José Javier Relancio Martínez

Evento: Saturnalia 2021 Workshop Zaragoza

Lugar: Universidad de Zaragoza Fecha: 20/12/2021-23/12/2021 url: https://indico.capa.unizar.es/event/19/

60. Título: Status of BabyIAXO, the first stage towards the International Axion Observatory (IAXO).

Ponente: Igor G. Irastorza

Evento: 10th Symposium on Large TPCs for Low Energy Rare Event Detection

Lugar: Paris, France.

Fecha: 14/12/2021-17/12/2021

url: https://indico.cern.ch/event/852331/

61. Título: Experimental Searches for Axions

Ponente: Igor G. Irastorza

Evento: TAE 2021 - International Workshop on High Energy Physics

Lugar: Benasque, Spain. Fecha: 05/09/2021-18/09/2021 url: http://benasque.org/2021tae/

62. Título: Experimental Searches for Axions (3 x 1.5h classes)

Ponente: Igor G. Irastorza

Evento: Axions and WISPs Physics School

Lugar: Bad Honnef, Germany Fecha: 19/08/2021-24/08/2021

url: https://www.dpg-physik.de/veranstaltungen/2020/axions-and-wisps

63. Título: Introduction to Axions and their detection (4 x 1.5h classes)

Ponente: Igor G. Irastorza

**Evento: Les Houches Dark Matter School** 

Lugar: Les Houches, France. Fecha: 26/07/2021-20/08/2021

url: https://indico.cern.ch/event/949654/

64. Título: Dark matter annual modulation results from the ANAIS-112 experiment

Ponente: Susana Cebrián

**Evento: 1st Electronic Conference on Universe (ECU2021)** 

Lugar: Online

Fecha: 22/02/2021-26/02/2021

url: https://sciforum.net/paper/view/9331

65. Título: Dark matter annual modulation results from the ANAIS-112 experiment

Ponente: Susana Cebrián

Evento: 16th Patras Workshop on Axions, WIMPs and WISPs

Lugar: Online

Fecha: 14/06/2021-18/06/2021

url: https://agenda.infn.it/event/20431/contributions/137707/

66. Título: Background model of the ANAIS-112 dark matter experiment (Poster)

Ponente: Susana Cebrián

Evento: 17th International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics (TAUP2021)

Lugar: Online

Fecha: 26/08/2021-03/09/2021

url: https://indico.ific.uv.es/event/6178/contributions/15876/

67. Título: Review on Dark Matter

Ponente: Susana Cebrián

Evento: 10th Symposium on Large TPCs for lo energy rare event detection

Lugar: París, Online

Fecha: 15/12/2021-17/12/2021

url: https://indico.cern.ch/event/852331/contributions/4611280/

68. Título: Recent Results from ANAIS

Ponente: María Luisa Sarsa

Evento: 55th Recontres de Moriond 2021, Electroweak Interactions & Unified Theories

Lugar: Moriond, Online

Fecha: 21/03/2021-25/03/2021

url: http://moriond.in2p3.fr/2021/EW/slides/5\_dm\_03\_sarsa.pdf

69. Título: Annual modulation results from three-year exposure of ANAIS-112

Ponente: María Luisa Sarsa

Evento: European Physical Society conference on High-Energy Physics 2021, EPS-HEP21

Lugar: Hamburg, Online Fecha: 26/07/2021-30/07/2021

url: https://indico.desy.de/event/28202/contributions/105028/

70. Título: **ANAIS update** 

Ponente: María Luisa Sarsa

Evento: Dark World to Swampland 2021, 6th IBS-IFT-MultiDark Workshop

Lugar: Madrid, Online

Fecha: 15/11/2021-19/11/2021

url: https://indico.desy.de/event/28202/contributions/105028/

#### 71. Título: Anomalies in B meson decays: present status and future colliders prospects

Ponente: Jorge Alda Gallo

Evento: International Workshop on Future Linear Colliders, LCWS2021

Lugar: Online

Fecha: 15/03/2021-18/03/2021

url: https://indico.cern.ch/event/995633/timetable/,https://www.slac.stanford.edu/econf/C2103151/

#### 72. Título: Exploring B-physics anomalies at colliders

Ponente: Jorge Alda Gallo

Evento: International Workshop on Future Linear Colliders, LCWS2021

Lugar: Universität Hamburg/DESY, Online

Fecha: 26/07/2021-30/07/2021

url: https://www.eps-hep2021.eu/,https://pos.sissa.it/398/494/

#### 73. Título: ANAIS-112 status and preliminary 3 years results

Ponente: María Martínez

Evento: 17th Multidark Consolider Workshop

Lugar: Online

Fecha: 25/01/2021-27/01/2021

url: https://workshops.ift.uam-csic.es/multidark17/program

#### 74. Título: Dark matter annual modulation with ANAIS-112: three years results

Ponente: María Martínez

**Evento: 20th Lomonosov Conference on Elementary Particle Physics** 

Lugar: Online

Fecha: 19/08/2021-25/08/2021

url: https://lomcon.ru/

#### 75. Título: Dark matter annual modulation with ANAIS-112: three years results

Ponente: María Martínez

Evento: 17th International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics (TAUP2021)

Lugar: Online

Fecha: 26/08/2021-03/09/2021

url: https://indico.ific.uv.es/event/6178/contributions/15818/

#### 76. Título: Machine-learning techniques applied to three-year exposure of ANAIS-112

Ponente: Iván Coarasa

Evento: 17th International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics (TAUP2021)

Lugar: Online

Fecha: 26/08/2021-03/09/2021

url: https://indico.ific.uv.es/event/6178/contributions/15858/

#### 77. Título: Dark matter annual modulation with ANAIS-112: three years results

Ponente: María Martínez

Evento: Dark Matter 2021: from the smallest to the largest scales

Lugar: Online

Fecha: 13/09/2021-16/09/2021

url: https://indico.ifca.es/event/1199/contributions/9535

#### 78. Título: Dark matter annual modulation with ANAIS-112: three years results

Ponente: María Martínez

Evento: 18th Multidark Consolider Workshop

Lugar: La Rábida (Huelva) Fecha: 18/10/2021-20/10/2021

url: https://workshops.ift.uam-csic.es/multidark18/program

#### 79. Título: IAXO-D0 Micromegas slow control at IAXO-Lab

Ponente: Fco Javier Galindo Guarch

Evento: IAXO Software. Control systems general meeting

Lugar: Online

Fecha: 02/07/2021-02/07/2021

url: https://indico.cern.ch/event/1052732/

#### 80. Título: Axion search with the BabyIAXO helioscope: status and prospects

Ponente: Konrad Altenmüller

Evento: Dark Matter 2021: from the smallest to the largest scales

Lugar: Online

Fecha: 13/09/2021-16/09/2021

url: https://indico.ifca.es/event/1199/contributions/9540/

#### 81. Título: Exclusive semileptonic decays from lattice QCD

Ponente: Alejandro Vaquero Avilés-Casco

Evento: Snowmass 2021 workshop: Theory meets experiment on  $|V_{ub}|$  and  $|V_{cb}|$ 

Lugar: Fermilab, Batavia, Illinois, USA (Online)

Fecha: 11/01/2021-12/01/2021

url: https://indico.fnal.gov/event/46246//

# 82. Título: The $B_{(s)} \to D_{(s)}^{(*)} \ell \nu$ form factors and the LUV R-ratios from Fermilab Lattice - MILC collaborations

Ponente: Alejandro Vaquero Avilés-Casco

Evento: Beyond the flavor anomalies II (by invitation only)

Lugar: IPPP, Durham, UK (Online) Fecha: 20/04/2021-22/04/2021

url: https://conference.ippp.dur.ac.uk/event/944/

#### 83. Título: $B \to D^* \ell \nu$ at nonzero recoil from lattice QCD

Ponente: Alejandro Vaquero Avilés-Casco

Evento: The 38nd International Symposium on Lattice Field Theory

Lugar: MIT, Cambridge, Massachusetts, USA (Online)

Fecha: 26/06/2021-30/06/2021

url: https://indico.cern.ch/event/1006302/

# 84. Título: The $B_{(s)} o D_{(s)}^{(*)} \ell \nu$ form factors and the LUV R-ratios from Fermilab Lattice - MILC collaborations

Ponente: Alejandro Vaquero Avilés-Casco

Evento: **DWQ@25 workshop** (by invitation only) Lugar: BNL, Upton, New York, USA (Online)

Fecha: 13/12/2021-17/12/2021

url: https://indico.bnl.gov/event/13576/

#### 85. Título: Exploring the sun's core with babyIAXO

Ponente: Javier Galan Lacarra

Evento: 17th International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics

Lugar: Valencia, Spain (online). Fecha: 26/08/2021-3/09/2021

url: https://indico.ific.uv.es/event/6178/

#### 86. Título: Revisiting the Okubo-Marshak argument

Ponente: José M. Gracia-Bondía

Evento: Higher structures emerging from renormalization

Lugar: Erwin Schrödinger Institute, Vienna, Austria

Fecha: 08/11/2021-19/11/2021

url: https://www.esi.ac.at/events/e416/

#### 87. Título: A philosopher looks at Epstein-Glaser renormalization

Ponente: José M. Gracia-Bondía

Evento: Higher structures emerging from renormalization

Lugar: Erwin Schrödinger Institute, Vienna, Austria

Fecha: 08/11/2021-19/11/2021

url: https://www.esi.ac.at/events/e416/

#### 88. Título: Detective work in the cesspits of the Standard Model

Ponente: José M. Gracia-Bondía

Evento: Fest honouring the nomination of Walter van Suijlekom as Full Professor of Non-commutative

#### Geometry

Lugar: Radboud Universiteit, Nijmegen, The Netherlands (online)

Fecha: 10/12/2021-10/12/2021

url: https://radbouduniversity.zoom.us/j/6438907243?pwd=ZW1oTzVGTDA1RFJ6dnpQNkV2Q3J2d

z09

#### 89. Título: Axion Dark Matter Experiments: cavity and beyond!

Ponente: Javier Redondo

Evento: Lawrence Workshop on Tunable Plasmonic Haloscopes (online)

Fecha: 5/05/2021-7/05/2021

url: https://lawrence.engineering.asu.edu

#### 90. Título: Axion Dark Matter Simulations

Ponente: Javier Redondo

Evento: **QUARKS 2021 (online)** Fecha: 22/06/2021-24/06/2021

url: https://indico.quarks.ru/event/2020/page/43-dark-matter

#### 91. Título: Axion Astrophysics

Ponente: Javier Redondo

Lugar: Bad Honnef Physics School: Axions and WISPs (online)

Fecha: 19/08/2021-24/08/2021

url: https://www.we-heraeus-stiftung.de/veranstaltungen/physikschulen/2021/axions-and-wisps/

#### 92. Título: Axions as Dark Matter (theory and experiment)

Ponente: Javier Redondo Evento: **TAUP 2021 (online)** Fecha: 26/8/2021-3/9/2021

url: https://congresos.adeituv.es/TAUP2021/

#### 93. Título: Asymptotic Freedom and High Derivative Gauge Theories

Ponente: Manuel Asorey Evento: **La parte y el todo** 

Lugar: Afunalhue, Villarica, Chile (online)

Fecha: 04/01/2021-08/01/2021

url: https://laparteyeltodo.wordpress.com

#### 94. Título: Asymptotic Freedom and High Derivative Gauge Theories

Ponente: Manuel Asorey

Evento: Workshop on Standard Model and Beyond

Lugar: EISA, Corfu, Grece Fecha: 29/8/2021-4/9/2021

url: http://www.physics.ntua.gr/corfu2021/sm.html

# 95. Título: Axions/ALPs as DM and/or light DM mediators: overview of experimental approaches in the low mass range

Ponente: Igor G. Irastorza

Evento: Workshop on Feebly-Interacting Particles FIPs2020

Lugar: CERN (online) Fecha: 31/8/2020-4/9/2020

url: https://indico.cern.ch/event/864648/

# 96. Título: Status and prospects of Dark Matter direct detection experiments in the low (<10 GeV) mass range

Ponente: Susana Cebrián

**Evento: Workshop on Feebly-Interacting Particles FIPs2020** 

Lugar: CERN (online)

Fecha: 31/8/2020-4/9/2020

url: https://indico.cern.ch/event/864648/

#### 97. Título: Axions searches

Ponente: Igor G. Irastorza (ponencia plenaria)

**Evento: EPS-HEP Conference on High Energy Physics** 

Lugar: Gante, Belgica

Fecha: 10/07/2019-17/07/2019

url: https://indico.cern.ch/event/577856/

### 98. Título: ALPS: Helioscope searches

Ponente: Igor G. Irastorza (ponencia invitada)

Evento: CERN Council Open Symposium on the Update of European Strategy for Particle Physics

Lugar: Granada, España Fecha: 13/05/2019-16/05/2019

url: https://indico.cern.ch/event/808335/

### 99. Título: The International Axion Observatory (IAXO)

Ponente: Igor G. Irastorza (ponencia invitada)

**Evento: Physics Beyond Colliders Annual Workshop** 

Lugar: CERN, Switzerland Fecha: 16/01/2019-17/01/2019

url: https://indico.cern.ch/event/755856/

### 100. Título: Two years results from ANAIS-112 experiment

Ponente: María Luisa Sarsa

Evento: IBS conference on Dark World

Lugar: IBS, Daejeon, Korea Fecha: 4/11/2019-7/11/2019

### 101. Título: ANAIS-112 experiment in the search for dark matter annual modulation: two years results

Ponente: IVán Coarasa Evento: **XI jornadas CPAN** 

Lugar: Oviedo

Fecha: 21/10/2019-22/10/2019

102. Título: Search for annual modulation with ANAIS-112: two years results

Ponente: María Martínez

Evento: 4th IBS-MultiDark-IPPP Workshop

Lugar: IBS-CTPU, Daejeon, Korea Fecha: 7/10/2019-11/10/2019

103. Título: Search for annual modulation with ANAIS-112: two years results

Ponente: María Martínez

Evento: 16th MultiDark Consolider Workshop

Lugar: La Rábida, Huelva Fecha: 25/09/2019-27/09/2019

104. Título: ANAIS-112 sensitivity in the search for dark matter annual modulation

Ponente: Iván Coarasa

Evento: 16th MultiDark Consolider Workshop

Lugar: La Rábida, Huelva Fecha: 25/09/2019-27/09/2019

105. Título: Results on dark matter annual modulation from ANAIS-112 experiment

Ponente: María Luisa Sarsa Evento: **TAUP 2019 conference** 

Lugar: Toyama, Japón

Fecha: 9/09/2019-13/09/2019

url: http://taup2019.icrr.u-tokyo.ac.jp/

106. Título: Small scale direct dark matter search experiments

Ponente: Susana Cebrián

Evento: TAUP 2019 conference

Lugar: Toyama, Japón

Fecha: 9/09/2019-13/09/2019

url: http://taup2019.icrr.u-tokyo.ac.jp/

107. Título: The TREX-DM experiment at the Canfranc Underground Laboratory

Ponente: Susana Cebrián

Evento: TAUP 2019 conference

Lugar: Toyama, Japón

Fecha: 9/09/2019-13/09/2019

url: http://taup2019.icrr.u-tokyo.ac.jp/

### 108. Título: ANAIS-112 sensitivity in the search for dark matter annual modulation

Ponente: Iván Coarasa

Evento: XXXVII reunión bienal RSEF

Lugar: Zaragoza

Fecha: 15/07/2019-19/07/2019

url: https://eventos.unizar.es/20274/detail/bienalrsef2019.html

### 109. Título: Analysis of radioactive backgrounds for the ANAIS-112 dark matter experiment

Ponente: Susana Cebrián

Evento: XXXVII reunión bienal RSEF

Lugar: Zaragoza

Fecha: 15/07/2019-19/07/2019

url: https://eventos.unizar.es/20274/detail/bienalrsef2019.html

### 110. Título: Status of the TREX-DM experiment at the Canfranc Underground Laboratory

Ponente: Susana Cebrián

Evento: XXXVII reunión bienal RSEF

Lugar: Zaragoza

Fecha: 15/07/2019-19/07/2019

url: https://eventos.unizar.es/20274/detail/bienalrsef2019.html

### 111. Título: Measurement of the Relative Efficiency Factor for nuclear recoils in NaI(Tl) crystals for Dark

## Matter detection Ponente: David Cintas

Evento: XXXVII reunión bienal RSEF

Lugar: Zaragoza

Fecha: 15/07/2019-19/07/2019

url: https://eventos.unizar.es/20274/detail/bienalrsef2019.html

### $112. \ \, \text{T\'{i}tulo: Analysis of the 222Rn content in the nitrogen gas purging the ANAIS experiment using a HPGe}$

detector

Ponente: Iván Coarasa

Evento: XXXVII reunión bienal RSEF

Lugar: Zaragoza

Fecha: 15/07/2019-19/07/2019

url: https://eventos.unizar.es/20274/detail/bienalrsef2019.html

113. Título: Results on dark matter annual modulation from ANAIS-112 experiment

Ponente: María Luisa Sarsa

Evento: XXXVII reunión bienal RSEF

Lugar: Zaragoza

Fecha: 15/07/2019-19/07/2019

url: https://eventos.unizar.es/20274/detail/bienalrsef2019.html

114. Título: Validación de algoritmos de cálculo de dosis en tratamientos de radioterapia modulados

Ponente: Francisco Javier Jiménez Albericio Evento: **XXXVII reunión bienal RSEF** 

Lugar: Zaragoza

Fecha: 15/07/2019-19/07/2019

url: https://eventos.unizar.es/20274/detail/bienalrsef2019.html

115. Título: Verificación mediante el método de Monte Carlo del blindaje de una sala de tratamiento de

radioterapia

Ponente: Francisco Javier Jiménez Albericio Evento: **XXXVII reunión bienal RSEF** 

Lugar: Zaragoza

Fecha: 15/07/2019-19/07/2019

url: https://eventos.unizar.es/20274/detail/bienalrsef2019.html

116. Título: Cálculo Monte Carlo para verificación de tratamientos de radioterapia

Ponente: Francisco Javier Jiménez Albericio Evento: **XXXVII reunión bienal RSEF** 

Lugar: Zaragoza

Fecha: 15/07/2019-19/07/2019

url: https://eventos.unizar.es/20274/detail/bienalrsef2019.html

117. Título: Estimación y control de las dosis de los pacientes de hemodinámica. Obtención de niveles de

referencia locales en función del tipo de procedimiento

Ponente: Francisco Javier Jiménez Albericio Evento: 6º Congreso Conjunto SEFM/SEPR

Lugar: Burgos

Fecha: 11/06/2019-14/06/2019

url: https://congresosefmsepr.esâĂžburgos2019

### 118. Título: Casimir Energy of concentric delta-delta prime spheres

Ponente: Inés Cavero-Peláez

Evento: Tenth Alexander Friedmann International Seminar on Gravitation and Cosmology and Fourth

### Symposium on the Casimir Effect

Lugar: San Petersburgo, Rusia Fecha: 23/06/2019-29/06/2019

url: https://friedmann.spbstu.ru/2019/

### 119. Título: First results of ANAIS-112 on dark matter annual modulation

Ponente: María Martínez

Evento: Blois 2019: 31st Rencontres de Blois on "Particle Physics and Cosmology"

Lugar: Blois, Francia

Fecha: 2/06/2019-7/06/2019

### 120. Título: The ANAIS experimet

Ponente: María Luisa Sarsa

**Evento: XLVII International Meeting on Fundamental Physics** 

Lugar: Aranjuez

Fecha: 3/06/2019-7/06/2019

### 121. Título: Analysis of backgrounds for the ANAIS-112 dark matter experiment

Ponente: Susana Cebrián

**Evento: Low Radioactivity Techniques 2019** 

Lugar: Jaca, Huesca

Fecha: 19/05/2019-23/05/2019

url: https://indico.cern.ch/event/716552/

### 122. Título: Radioassay Program for Rare Event experiments using Micromegas

Ponente: Susana Cebrián

**Evento: Low Radioactivity Techniques 2019** 

Lugar: Jaca, Huesca

Fecha: 19/05/2019-23/05/2019

url: https://indico.cern.ch/event/716552/

### 123. Título: First results on annual modulation from ANAIS-112 experiment

Ponente: María Luisa Sarsa

Evento: 15th MultiDark Consolider Workshop

Lugar: Zaragoza

Fecha: 3/04/2019-5/04/2019

url: https://workshops.ift.uam-csic.es/multidark15

### 124. Título: Status of the TREX-DM experiment at the Canfranc Underground Laboratory

Ponente: Susana Cebrián

Evento: 15th MultiDark Consolider Workshop

Lugar: Zaragoza

Fecha: 3/04/2019-5/04/2019

url: https://workshops.ift.uam-csic.es/multidark15

## Actividades de formación

### F.1 | Cursos y escuelas

1. Evento: TAE2023-International Workshop on High Energy Physics

Participantes: Gloria Luzón

Tipo de participación: Comité Organizador

Lugar: Centro de Ciencias de Benasque Pedro Pascual

Fecha: 3/09/23-16/09/23

2. Evento: TAE2023-International Workshop on High Energy Physics

Participantes: Maurizio Giannotti Tipo de participación: Profesor

Lugar: Centro de Ciencias de Benasque Pedro Pascual

Fecha: 3/09/23-16/09/23

3. Evento: 1st Training School of the COST Action Cosmic WISPers (CA21106)

Participantes: Mathieu Kaltschmidt

Tipo de participación: Tutor de la conferencia 'Axion Cosmology and Cosmological Bounds'

Lugar: University of Salento, Lecce, Italia

Fecha: 11/09/23-14/09/23

4. Evento: Training School on 'Axions across boundaries between Particle Physics, Astrophysics, Cosmology and forefront Detection Technologies'

Participantes: Javier Redondo Tipo de participación: Profesor

Lugar: Galileo Galilei Institute (GGI), Florencia, Italia

Fecha: 26/04/23-28/04/23

### 5. Evento: COST CA18108 Third Training School

Participantes: José Manuel Carmona

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador

Lugar: Wojanów, Polonia Fecha: 12/02/23-21/02/23

url: https://indico.capa.unizar.es/event/30/

### 6. Evento: REST-for-Physics Training School

Participantes: Javier Galán, Juan Antonio García Pascual, Gloria Luzón, Luis Obis, David Díez, Cristina Mar-

galejo

Tipo de participación: Comité Organizador

Lugar: CAPA- Facultad de Ciencias

Fecha: 23/01/23-27/01/23

url: https://indico.capa.unizar.es/event/26/

### 7. Evento: 19ª edición del curso Fundamentos de Física Médica

Participantes: Francisco Javier Jiménez Albericio

Tipo de participación: Profesor

Lugar: Sede Antonio Machado de Baeza, Universidad Internacional de Andalucía (UNIA)

Fecha: 21/11/2022-21/04/2023

#### 8. Evento: Curso extraordinario UNIZAR: Física del Universo

Participantes: Theopisti Dafni and Eduardo Follana

Tipo de participación: Comité Organizador

Participantes: Manuel Asorey, Susana Cebrián, Javier Galán, Gloria Luzón, María Martínez and Siannah Pe-

ñaranda

Tipo de participación: Profesores

Lugar: Jaca

Fecha: 18/07/22-20/07/22

### 9. Evento: 10<sup>a</sup> Summer School on Geometry, Mechanics and Control

Participantes: José Javier Relancio Martínez

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador

Lugar: Burgos

Fecha: 04/07/22-08/07/22

F.1. Cursos y escuelas

url: https://sites.google.com/view/14summerschoolgmcnetwork

### 10. Evento: COST CA18108 Second Training School

Participantes: José Manuel Carmona

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador

Lugar: Belgrade, Serbia Fecha: 03/09/22-10/09/22

url: https://indico.capa.unizar.es/event/23/

### 11. Evento: LatticeNET School on Computing in HEP

Participantes: Vicente Azcoiti and Eduardo Follana

Tipo de participación: Miembros del Comité Organizador

Lugar: Benasque, Spain Fecha: 18/09/22-24/09/22

url: https://www.benasque.org/2022lattice/

### 12. Evento: 18ª edición del curso Fundamentos de Física Médica

Participantes: Francisco Javier Jiménez Albericio

Tipo de participación: Profesor

Lugar: Sede Antonio Machado de Baeza, Universidad Internacional de Andalucía (UNIA)

Fecha: 15/11/2021-15/04/2022

# 13. Evento: Curso conjunto para dirigir/operar instalaciones de rayos X con fines de diagnóstico médico general (CRGD/1353/2 y CRGO/1352/1)

Participantes: Francisco Javier Jiménez Albericio

Tipo de participación: Profesor

Lugar: Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa, Zaragoza

Fecha: 01/02/2021-10/03/2021

### 14. Evento: Axions and WISPs Physics School

Participantes: Igor G. Irastorza

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador

Lugar: Bad Honnef, Bonn, Germany

Fecha: 19/08/21-24/08/21

url: https://www.dpg-physik.de/veranstaltungen/2020/axions-and-wisps

### 15. Evento: TAE2021-International Workshop on High Energy Physics

Participantes: Manuel Asorey

Tipo de participación: Presidente del Comité Organizador Lugar: Centro de Ciencias de Benasque Pedro Pascual

Fecha: 5/09/21-18/09/21

### 16. Evento: COST CA18108 First Training School

Participantes: José Manuel Carmona

Tipo de participación: Miembro del Comité Organizador

Lugar: Corfu, Greece Fecha: 27/09/21-05/10/21

url: https://indico.capa.unizar.es/event/17/

### 17. Evento: TAE (Taller de Altas Energías) 2019- COST Training School on High Energy Physics

Participantes: Manuel Asorey, José Manuel Carmona Tipo de participación: Miembros del Comité Organizador Lugar: Centro de Ciencias de Benasque Pedro Pascual

Fecha: 8/09/19-21/09/19

### 18. Evento: Curso de blindajes frente a radiaciones en las instalaciones sanitarias, 2ª edición

Participantes: Francisco Javier Jiménez Albericio

Tipo de participación: Profesor

Lugar: Hospital Universitario la Princesa, Madrid

Fecha: 20/05/2019-22/05/2019

## Actividades de divulgación

1. Actividad: Conferencia: Formación y evolución del Sistema Solar

Participantes: Cristina Margalejo

Fecha: 23/11/2023

Lugar: Centro Ibercaja Huesca, Huesca

2. Actividad: Día de la materia oscura: Taller Hands on Dark Matter

Participantes: Susana Cebrián, Theopisti Dafni, Gloria Luzón, Manuel Membrado, María Luisa Sarsa

Fecha: 30/10/2023

Lugar: Facultad de Ciencias, Zaragoza

3. Actividad: Día de la materia oscura: yincana Descubre la materia oscura

Participantes: Konrad Altenmüller, Susana Cebrián, Iván Coarasa, Theopisti Dafni, David Díez, Fernando Ezquerro, Eduardo Follana, Javier Galán, Javier Galindo, Juan Antonio García, Gloria Luzón, Cristina Margalejo, María Martínez, Manuel Membrado, Luis Obis, Tamara Pardo, Carmen Pérez, Maykoll Reyes, María Luisa

Sarsa, Jaime Apilluelo, Siannah Peñaranda, Jorge Alda, Yisely Martinez

Fecha: 31/10/2023

Lugar: Facultad de Ciencias, Zaragoza

4. Actividad: Jornada de Puertas Abiertas del Laboratorio Subterráneo de Canfranc 2023

Participantes: Susana Cebrián, María Luisa Sarsa, Tamara Pardo, Theopisit Dafni, Cristina Margalejo, Gloria

Luzón

Fecha: 24/09/2023

Lugar: Laboratorio Subterráneo de Canfranc, Canfranc, Huesca

### 5. Actividad: Jornadas de puertas abiertas de la Facultad de Ciencias

Participantes: Susana Cebrián, David Cintas, Iván Coarasa, Theopisti Dafni, David Díez, Gloria Luzón, María

Martínez, Luis Obis, María Luisa Sarsa

Fecha: 2023

Lugar: Facultad de Ciencias, Zaragoza

#### 6. Actividad: Club de Ciencias

Participantes: Inés Cavero Peláez, Mariángeles Castro

Fecha: 07/2023-08/2023

Lugar: Laguna de Negrillos, León

### 7. Actividad: Semana de Inmersión en Ciencias 2023

Participantes: Susana Cebrián, Iván Coarasa, María Martínez, María Luisa Sarsa, Tamara Pardo, Theopisit Dafni, Cristina Margalejo, Manuel Membrado, Luis Obis, David Díez, Gloria Luzón, Siannah Peñaranda,

Fernando Falceto, José García-Esteve, Jorge Alda, Maykoll Reyes

Fecha: 12-16/06/2023

Lugar: Facultad de Ciencias, Zaragoza

### 8. Actividad: Actuación RISARCHERs en la IV Gala de la Nanotecnología

Participantes: María Luisa Sarsa Fecha: 26 de mayo de 2023

Lugar: CAIXAFORUM, Zaragoza

### 9. Actividad: Un universo de radiaciones

Participantes: Susana Cebrián

Fecha: 05/05/2023

Lugar: IES Tubalcaín, Tarazona

### 10. Actividad: Jornada de salidas profesionales en Física

Participantes: Francisco Javier Jiménez Albericio

Fecha: 27/04/2023

Lugar: Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza

### 11. Actividad: Conferencia sobre Albert Einstein con motivo del centenario de su visita a Zaragoza

Participantes: José Manuel Carmona

Fecha: 28/03/2023

Lugar: IES Pablo Gargallo, Zaragoza

### 12. Actividad: Hola! somos científicas

Participantes: Tamara Pardo, María Luisa Sarsa

Fecha: 11/02/2023

Lugar: Actividad organizada con motivo del 11F en el Hall de la Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza.

### 13. Actividad: Jornadas de puertas abiertas de la Facultad de Ciencias

Participantes: Susana Cebrián, David Cintas, Iván Coarasa, Theopisti Dafni, David Díez, Gloria Luzón, María

Martínez, Luis Obis, María Luisa Sarsa

Fecha: 2022

Lugar: Facultad de Ciencias, Zaragoza

### 14. Actividad: Visita virtual al Laboratorio Subterráneo de Canfranc (Avenida de la Física, CIEMAT)

Participantes: Susana Cebrián, María Martínez

Fecha: 03/02/2022 Lugar: Online

### 15. Actividad: Hands on particle physics

Participantes: Manuel Asorey, José García-Esteve, Fernando Ezquerro, Fernando Falceto, Gloria Luzón, Yisely

Martinez, Siannah Peñaranda

Fecha: 23/03/2022

Lugar: Facultad de Ciencias, Zaragoza

### 16. Actividad: Hands on particle physics

Participantes: Manuel Asorey, José García-Esteve, Fernando Ezquerro, Fernando Falceto, Gloria Luzón

Fecha: 31/03/2022

Lugar: Centro de Ciencias de Benasque Pedro Pascual

### 17. Actividad: Aplicación de técnicas de aprendizaje automático a los datos de ANAIS-112

Participantes: Iván Coarasa

Fecha: 02/03/2022

Lugar: Café y Ciencia 2022, Laboratorio Subterráneo de Canfranc

### 18. Actividad: Encuentros con la Ciencia: Radiaciones en Medicina

Participantes: Francisco Javier Jiménez Albericio

Fecha: 15/12/2022

Lugar: Ámbito Cultural de El Corte Inglés de Zaragoza

### 19. Actividad: 16º Maratón de las Astropartículas en Zaragoza

Participantes: Susana Cebrián, Iván Coarasa, José Manuel Carmona, Tamara Pardo, María Martínez, María

Luisa Sarsa, David Cintas

Fecha: 1-3/06/2022

Lugar: IES Miguel Catalán, Colegio Cristo Rey, IES Ítaca, IES Pablo Gargallo, Facultad de Ciencias, Zaragoza

#### 20. Actividad: Semana de Inmersión en Ciencias 2022

Participantes: Susana Cebrián, Iván Coarasa, María Martínez, María Luisa Sarsa, Tamara Pardo, Theopisit Dafni, Cristina Margalejo, Manuel Membrado, Luis Obis, David Díez, Gloria Luzón, Siannah Peñaranda,

Fernando Falceto, José García-Esteve, Jorge Alda, Maykoll Reyes

Fecha: 13-17/06/2022

Lugar: Facultad de Ciencias, Zaragoza

### 21. Actividad: Conferencia: Iluminando el universo oscuro

Participantes: Cristina Margalejo

Fecha: 17/06/2022

Lugar: Agrupación Astronómica de Huesca, Leciñena

### 22. Actividad: Rincón de la Ciencia del Mercado Agroalimentario

Participantes: Susana Cebrián, Iván Coarasa, María Martínez, María Luisa Sarsa, Tamara Pardo, Theopisti

Dafni, Cristina Margalejo, Luis Obis, David Díez, Gloria Luzón

Fecha: 18/03/2022 and 01/06/2022 Lugar: Facultad de Ciencias, Zaragoza

#### 23. Actividad: Jornada de Puertas Abiertas del Laboratorio Subterráneo de Canfranc

Participantes: Susana Cebrián, María Luisa Sarsa, Tamara Pardo, Theopisit Dafni, Cristina Margalejo, Gloria

Luzón

Fecha: 25/09/2022

Lugar: Laboratorio Subterráneo de Canfranc, Canfranc, Huesca

### 24. Actividad: Noche de los Investigadores

Participantes: José Manuel Carmona, Susana Cebrián, Iván Coarasa, Theopisti Dafni, David Díez, Gloria

Luzón, Luis Obis, Maykoll Reyes

Fecha: 30/09/2022

Lugar: Paraninfo de la Universidad de Zaragoza, Zaragoza

#### 25. Actividad: Día de la materia oscura: Taller Hands on Dark Matter

Participantes: Susana Cebrián, Theopisti Dafni, Gloria Luzón, Manuel Membrado, María Luisa Sarsa

Fecha: 28/10/2022

Lugar: Facultad de Ciencias, Zaragoza

### 26. Actividad: Día de la materia oscura: yincana Descubre la materia oscura

Participantes: Konrad Altenmüller, Susana Cebrián, Iván Coarasa, Theopisti Dafni, David Díez, Fernando Ezquerro, Eduardo Follana, Javier Galán, Javier Galindo, Juan Antonio García, Gloria Luzón, Cristina Margalejo, María Martínez, Manuel Membrado, Luis Obis, Tamara Pardo, Carmen Pérez, Maykoll Reyes, María Luisa Sarsa, Jaime Apilluelo, Siannah Peñaranda, Jorge Alda, Yisely Martinez, Julia K. Vogel

Fecha: 31/10/2022

Lugar: Facultad de Ciencias, Zaragoza

## 27. Actividad: Conferencia: A la búsqueda de materia oscura. Experimentos para la búsqueda de Axiones y WIMPS

Participantes: Cristina Margalejo, Héctor Mirallas

Fecha: 19/11/2022

Lugar: Palacio de congresos, Boltaña, Huesca

# 28. Actividad: Conferencia — El telescopio espacial James Webb: buscando las primeras luces del cosmos, exoplanetas y vida extraterrestre

Participantes: José Manuel Carmona

Fecha: 07/04/2022

Lugar: IES Pablo Gargallo, Zaragoza

### 29. Actividad: Hola! somos científicas

Participantes: Tamara Pardo, María Luisa Sarsa

Fecha: 11/02/2022

Lugar: Actividad organizada con motivo del 11F en el Hall de la Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza.

### 30. Actividad: El Universo invisible

Participantes: María Luisa Sarsa

Fecha: 20/08/2022

Lugar: XVII Maratón de Astropartículas: "El Cielo sobre el Cerro del Berrueco". Puente del Congosto, Ávila,

Spain.

### 31. Actividad: Metodologías para descubrir lo desconocido

Participantes: María Luisa Sarsa

Fecha: 30/09/2022

Lugar: Tercera parte del seminario interdiciplinar "Parámetros para comprender la incertidumbre", Instituto de

Física Teórica, UAM-CSIC Excellence Campus, Madrid, Spain.

#### 32. Actividad: Astronomía Subterránea

Participantes: María Luisa Sarsa Fecha: enero-febrero 2022

Lugar: Revista Muy Interesante, edición coleccionista COSMOS, nº 13.

## 33. Actividad: Desarrollo de técnicas de bajo fondo para búsquedas de materia oscura, proyecto MSCA LOBRES

Participantes: Juan Antonio García Pascual

Fecha: 30/09/2022

Lugar: European Researchers 'Night, Paraninfo, University of Zaragoza

### 34. Actividad: Un universo de radiaciones

Participantes: Gloria Luzón Marco

Fecha: 30/09/2022

Lugar: European Researchers' Night, Paraninfo, University of Zaragoza

### 35. Actividad: Empacho cósmico

Participantes: Miguel Pérez Torres

Fecha: 30/09/2022

Lugar: European Researchers' Night, Casino de Huesca

## 36. Actividad: Outreach article — Técnicas de bajo fondo en busca de materia oscura about the MSCA LO-BRES project

Participantes: Juan Antonio García Pascual

Fecha: 28/11/2022

Lugar: Tercer Milenio magazine from Heraldo de Aragon link

37. Actividad: Radio interview in the podcast "Ciencia para escuchar" (Spanish) — El violento estertor de una estrella devorada por un agujero negro.

Participantes: Miguel Pérez Torres

Fecha: 11/12/2022

Lugar: Tercer Milenio magazine from Heraldo de Aragon link

### 38. Actividad: Actuación RISARCHERs en el Evento JOT DOWN "Lo invisible"

Participantes: María Luisa Sarsa

Fecha: 11 de junio 2022

Lugar: Palacio de Congresos, Jaca, Huesca

### 39. Actividad: Modos de imagen más habituales en el ámbito sanitario. Nociones físicas

Participantes: Francisco Javier Jiménez Albericio

Fecha: 21/04/2022

Lugar: Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Zaragoza

### 40. Actividad: Jornada de salidas profesionales en Física

Participantes: Francisco Javier Jiménez Albericio

Fecha: 28/04/2022

Lugar: Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza

### 41. Actividad: Observando el viento de materia oscura desde el túnel de Canfranc

Participantes: María Luisa Sarsa

Fecha: 11/06/2021

Lugar: Charlas de los Viernes "Astronomía para todos", GUA-Syrma, Universidad de Valladolid (online)

### 42. Actividad: Soy científica. Vivo en tu barrio.

Participantes: Gloria Luzón Marco

Fecha: 9-28/02/2022

Lugar: Campaña gráfica en MUPIS de Zaragoza. Iniciativa de la UCC -UNIZAR, financiada por FECyT y el

Ayuntamiento de Zaragoza

### 43. Actividad: Capítulo- Punto-Cero de Energía y efecto Casimir

Participantes: Inés Cavero Peláez

Fecha: 02/03/22

Lugar: Libro- Ciencia y el "azar relativo"

### 44. Actividad: ANAIS y el viento de materia oscura

Participantes: María Luisa Sarsa

Fecha: 6/10/2021

Lugar: Conferencias de la Agrupación Astronómica de Sabadell (online)

#### 45. Actividad: Observando el viento de materia oscura desde el Laboratorio Subterráneo de Canfranc

Participantes: María Luisa Sarsa

Fecha: 11/02/2021

Lugar: Jornada Virtual "Científicas en el Altoaragón", Walqa, Huesca

### 46. Actividad: The nature of dark matter: Particle dark matter

Participantes: María Luisa Sarsa

Fecha: 23/09/2021

Lugar: Debate/coloquio organizado por la Sociedad Española de Astronomía: "The Nature of Dark Matter",

dentro del ciclo "Debates en Tiempos de Pandemia, SEA" (online)

### 47. Actividad: ANAIS y el viento de materia oscura

Participantes: María Luisa Sarsa

Fecha: 11/2021

Lugar: Revista conCIENCIAS digital nº 27, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza. http://divulgacionciencias.unizar.es/revistas/web/revistas/download/27\_03.pdf

### 48. Actividad: Noche de los Investigadores

Participantes: José Manuel Carmona, Susana Cebrián, Theopisti Dafni, David Díez, Gloria Luzón, Luis Obis,

Maykoll Reyes Fecha: 24/09/2021

Lugar: Paraninfo de la Universidad de Zaragoza, Zaragoza

### 49. Actividad: Charlas en la Noche de los Investigadores: La Física del Universo

Participantes: Gloria Luzón

Fecha: 24/09/2021

Lugar: Paraninfo de la Universidad de Zaragoza, Zaragoza

### 50. Actividad: Día de la materia oscura: Taller Hands on Dark Matter

Participantes: Susana Cebrián, Theopisti Dafni, Gloria Luzón, Manuel Membrado, María Luisa Sarsa

Fecha: 25/10/2021

Lugar: Facultad de Ciencias, Zaragoza

### 51. Actividad: Día de la materia oscura: yincana Descubre la materia oscura

Participantes: Konrad Altenmüller, Susana Cebrián, Iván Coarasa, Theopisti Dafni, David Díez, Fernando

Ezquerro, Siannah Peñaranda, Eduardo Follana, Javier Galán, Javier Galindo, Juan Antonio García, Gloria Luzón, Cristina Margalejo, María Martínez, Manuel Membrado, Luis Obis, Tamara Pardo, Carmen Pérez, Maykoll Reyes, María Luisa Sarsa

Fecha: 29/10/2021

Lugar: Facultad de Ciencias, Zaragoza

### 52. Actividad: Jornadas de puertas abiertas de la Facultad de Ciencias

Participantes: Susana Cebrián, David Cintas, Theopisti Dafni, David Díez, Gloria Luzón, María Martínez, Luis

Obis, María Luisa Sarsa Fecha: 16/12/2021

Lugar: Facultad de Ciencias, Zaragoza

### 53. Actividad: Hands on particle physics

Participantes: Manuel Asorey, José García-Esteve, Fernando Falceto, Gloria Luzón, Siannah Peñaranda, Ta-

mara Pardo

Fecha: 11/02/2021 y 25/03/2021 Lugar: Facultad de Ciencias, Zaragoza

### 54. Actividad: Mesa redonda "Posar Llum allá foscor" (Dark Matter Day)

Participantes: María Martínez

Fecha: 28/10/2021

Lugar: Instituto de Ciencias del Cosmos (Universidad de Barcelona)

### 55. Actividad: Soy científica. Vivo en tu barrio.

Participantes: María Luisa Sarsa

Fecha: 9-23/02/2021

Lugar: Campaña gráfica en MUPIS de Zaragoza. Iniciativa de la UCC -UNIZAR, financiada por FECyT y el

Ayuntamiento de Zaragoza

### 56. Actividad: De la luz a la oscuridad: Descubriendo un universo tenebroso (charla de divulgación)

Participantes: Javier Galan Lacarra

Fecha: 27/10/2021

Lugar: Planetario de Aragón (Huesca)

### 57. Actividad: A la caza del axión: iluminando el lado oscuro del Universo (charla de divulgación)

Participantes: Igor García Irastorza

Fecha: 21/04/2021

Lugar: Asociación Astronómica de Sabadell (online)

### 58. Actividad: La gravitación y Albert Einstein

Participantes: Manuel Asorey

Fecha: 21/07/2021

Lugar: Centro de Ciencias de Benasque Pedro Pascual

### 59. Actividad: Edición online de la Noche de los Investigadores

Participantes: Susana Cebrián, Theopisti Dafni, Gloria Luzón, María Martínez

Fecha: 30/11/2020

Lugar: Paraninfo de la Universidad de Zaragoza, Zaragoza

### 60. Actividad: Maratón de las Astropartículas 2020

Participantes: Susana Cebrián, Iván Coarasa, María Martínez, María Luisa Sarsa, David Cintas Alfonso Ortiz,

Coarasa.

Fecha: 9/02/2020

Lugar: Planetario de Huesca

### 61. Actividad: Hands on particle physics

Participantes: Manuel Asorey, José García-Esteve, Fernando Falceto, Gloria Luzón, Siannah Peñaranda

Fecha: 13/03/2020

Lugar: Facultad de Ciencias, Zaragoza

### 62. Actividad: La ciencia que se cuenta

Participantes: María Luisa Sarsa

Fecha: Mayo 2020

Lugar: initiative of Unidad de Cultura Científica de la Universidad de Zaragoza. 2 minutes recording broadcasted

on Twitter

https://twitter.com/i/status/1263030838196867073

## 63. Actividad: PODCAST: La tengo pequeña: Cómo se demuestra una materia que ni se ve, ni se siente y ni se oye? Bienvenidos al fascinante mundo de la materia oscura

Participantes: María Luisa Sarsa

Fecha: Mayo 2020 Lugar: difusión online

### 64. Actividad: Muerte por materia oscura

Participantes: María Luisa Sarsa

Fecha: Junio 2020

Lugar: Revista Española de Física, Sección "Temas de Física"

### 65. Actividad: De los núcleos atómicos a las galaxias: logros de científicas

Participantes: María Luisa Sarsa Fecha: 7 de febrero de 2020

Lugar: Aula Magna, UNED, Barbastro Huesca

### 66. Actividad: ¿Sopla el viento de materia oscura en el Pirineo Aragonés?

Participantes: María Luisa Sarsa

Fecha: Julio 2019

Lugar: Investigación y Ciencia, sección "Panorama"

### 67. Actividad: NAUKAS Pamplona 2019. Charla: Cazadores de sombras

Participantes: María Luisa Sarsa Fecha: 25 de mayo de 20199

Lugar: Palacio de congresos Baluarte, Pamplona, Navarra

## 68. Actividad: XIX Jornadas de Astronomía "Estrellas en el Pirineo". Charla: Observando el viento de materia oscura desde el túnel de Canfranc

Participantes: María Luisa Sarsa Fecha: 25-27 de octubre de 2019

Lugar: Palacio de Congresos de Boltaña, Huesca

## **Equipamiento científico**

Como es típico en la investigación de frontera en física de partículas, la actividad en CAPA se realiza utilizando infraestructura muy especializada disponible en instalaciones y centros de investigación internacionales como CERN, DESY o LSC. Este último es particularmente relevante para la trayectoria de investigación de CAPA, ya que alberga una infraestructura única asociada con la física subterránea y técnicas de bajo fondo que son fundamentales para la investigación experimental en el CAPA. A continuación describimos solo los equipos o instalaciones particulares que han sido desarrollados en su mayoría por investigadores de CAPA (o adquiridos como parte de proyectos de CAPA) y que actualmente se utilizan para proyectos particulares o de manera más transversal para brindar servicio a más de un proyecto. Algunas de las infraestructuras descritas se encuentran en las instalaciones de CAPA en la Universidad de Zaragoza, pero otras se encuentran físicamente en el LSC.

### H.1 | Detectores de germanio

Varios detectores de germanio de alta pureza (HPGe), coaxiales y de tipo "close-end", propiedad de la Universidad de Zaragoza, operan en el LSC para realizar medidas de espectroscopia gamma destinadas a cuantificar la radiactividad de materiales utilizados en experimentos con la participación de miembros del GIFNA ("Grupo de Investigación en Física Nuclear y Astropartículas"), como ANAIS, IAXO y TREX-DM. Estos detectores alcanzan típicamente sensibilidades al nivel de mBq/kg para las cadenas naturales de <sup>232</sup>U y <sup>238</sup>Th y para <sup>40</sup>K. Todos ellos cuentan con criostatos de cobre, blindajes de cobre y/o plomo de baja actividad de 20 a 30 cm en una bolsa o caja de plástico en la que se introduce de manera continua, para evitar la intrusión de radón, nitrógeno evaporado o aire libre de radón. Las cadenas electrónicas para la adquisición de datos incluyen amplificadores lineales y módulos convertidores analógicos a digitales para obtener espectros de energía.

Los detectores denominados Paco y Paquito se fabricaron en Estados Unidos y tienen una masa de aproximadamente 1 kg y una eficiencia relativa del 40 %. Operan en el LAB2500 de LSC (véase la Fig. H.1); Paco está bajo tierra en el LSC desde hace más de treinta años. Otros dos detectores, con una masa de aproximadamente 2 kg y una eficiencia relativa del 100 %, fueron adquiridos en Canberra (modelo GC9571, números de serie b 07074 y b 07084) en 2006. Funcionan junto con los detectores de germanio del Servicio de Ultrabajo Fondo Radiactivo del LSC en el LAB2400. El uso y mantenimiento de estos dos detectores, denominados Asterix y Obelix, y sus blindajes han sido

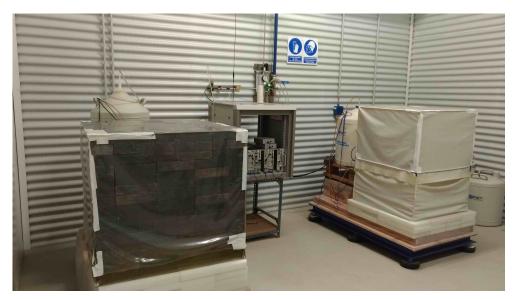


Figura H.1: Imagen de LAB2500 en el LSC donde operan los detectores de germanio denominados Paco y Paquito.



Figura H.2: Imagen de IAXOlab en el edificio CIRCE ubicado en el campus Río Ebro de la Universidad de Zaragoza.

transferidos al LSC como parte del acuerdo de colaboración entre LSC y GIFNA, garantizando el acceso preferente a GIFNA para mediciones de radiopureza utilizando estos detectores o equivalentes.

### H.2 | IAXOlab

El nuevo IAXOlab, mostrado en la Fig. H.2, es un espacio experimental de 160 m² en el edificio CIRCE del campus Río Ebro de la Universidad de Zaragoza. Se creó principalmente para albergar las actividades del proyecto IAXO, justo después de que se concediera la ayuda AdG-ERC en 2019. Sin embargo, hereda y amplía el laboratorio anterior para TREX; este fue previamente creado por el grupo, para el desarrollo, construcción y caracterización de novedosos detectores de partículas basados en cámaras de proyección temporal (TPC) y detectores de gas con micropatrones (MPGD), con especial atención a aplicaciones de bajo fondo. Para ello, el laboratorio cuenta con varios puntos de trabajo de gas y los circuitos necesarios desde el espacio externo de almacenamiento de gas. También incluye equipos asociados a sistemas de gases de alta pureza y vasijas de ultra-alto vacío, como sensores de presión, caudalímetros,

H.3. AlphaCAMM

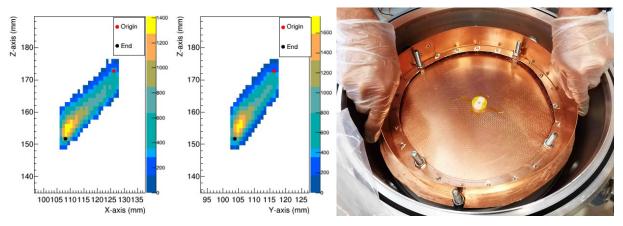


Figura H.3: Izquierda: Proyección de un único evento alfa de <sup>241</sup>Am en los planos XZ e YZ obtenido con el nuevo prototipo radiopuro AlphaCAMM. Los puntos rojos representan el origen reconstruido de la traza mientras que los puntos negros corresponden al final reconstruido en las diferentes proyecciones. **Derecha:** Nueva vasija del detector AlphaCAMM radiopuro, con la fuente alfa de <sup>241</sup>Am colocada debajo del cátodo.

controladores de contra-presión, filtros y mezcladores de gases, bombas turbomoleculares y primarias, detectores de fugas y un espectrómetro de masas, así como diversos recipientes de vacío y alto vacío. Además, dispone de dos gabinetes de flujo laminar, varios osciloscopios, un conjunto de módulos y chasis de electrónica nuclear. Un activo muy importante para equipar montajes con TPCs son las tarjetas electrónicas de adquisición específicas basadas en chips especializados como AFTER, AGET y, más recientemente, el más nuevo STAGE.

### H.3 | AlphaCAMM

En CAPA se ha desarrollado un nuevo concepto de detección, AlphaCAMM (Alpha CAMera Micromegas), para la medida con alta sensibilidad de contaminaciones superficiales de <sup>210</sup>Po. AlphaCAMM aprovecha las capacidades de lectura de Micromegas para generar imágenes e identificar trayectorias de partículas alfa, aumentando así la relación señal-fondo. El concepto de detección de AlphaCAMM fue probado en un prototipo no radiopuro [1] mediante el desarrollo de un nuevo método de reconstrucción para la determinación del origen y el final de las pistas alfa con alta precisión (véase la Fig. H.3, izquierda). Se ha construido un nuevo prototipo de AlphaCAMM con altos estándares de radiopureza que actualmente se está poniendo en operación (véase la Fig. H.3, derecha). Se ha instalado un plano de lectura Micromegas tipo "mcrobulk"de 256 × 256 mm² y evaluado la estanqueidad del recipiente; se han realizado las primeras medidas utilizando una fuente de <sup>241</sup>Am, que han demostrado excelentes resoluciones espaciales y energéticas del plano Micromegas. Actualmente, se está evaluando el fondo intrínseco del detector; una vez deteminado el nivel de fondo, se podrá proceder a la medida de la contaminación superficial de <sup>210</sup>Po de diferentes muestras.

[1] K. Altenmuller, et al. AlphaCAMM, a Micromegas-based camera for high-sensitivity screening of alpha surface contamination. *JOURNAL OF INSTRUMENTATION* 17 (2022).

### H.4 | ANAIS

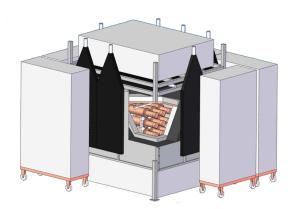


Figura H.4: Diseño del experimento ANAIS-112 en el LSC.

### H.4.1 | Experimento ANAIS-112 en LSC

El experimento ANAIS-112 consta de 112,5 kg de NaI(Tl), distribuidos en 9 módulos de 12,5 kg cada uno y construidos por Alpha Spectra Inc. Entre las características más relevantes de estos módulos podemos mencionar una notable calidad óptica que, junto con el uso de fotomultiplicadores Hamamatsu (PMT) de alta eficiencia cuántica, da como resultado una recolección de luz muy alta, al nivel de 15 fotoelectrones (phe) por keV en los nueve módulos. Otra característica interesante es una ventana de Mylar en el medio de una de las caras laterales de los detectores, que permite calibrar los módulos con fuentes externas a bajas energías.

El experimento ANAIS-112 está instalado en el hall B del LSC, dentro de un blindaje formado por una capa interior de 10 cm de plomo arqueológico y una capa exterior de 20 cm de plomo de baja actividad. Este blindaje de plomo está contenido en una caja anti-radón, herméticamente cerrada y mantenida bajo sobrepresión con gas nitrógeno libre de radón. La capa externa del blindaje (el blindaje de neutrones) consta de 40 cm de una combinación de tanques de agua y ladrillos de polietileno. Un veto activo compuesto por 16 centelleadores plásticos, colocados entre la caja anti-radón y el blindaje de neutrones cubriendo la parte superior y los lados de la configuración (véase la Fig. H.4), permite identificar eficazmente el flujo residual de muones.

En cuanto a los fondos radiactivos, se ha desarrollado un cuidadoso modelo de fondo de todo el experimento ANAIS-112, combinando información procedente de diferentes técnicas de análisis: medidas con detectores HPGe de diferentes materiales utilizados en el detector y el conjunto del dispositivo experimental, mediciones en coincidencia de los módulos antes de la toma de datos de ANAIS-112, determinación de ritmos alfa mediante PSD, estimaciones de los ritmos de activación cosmogénica en NaI, etc. Considerando en total los nueve módulos de ANAIS-112 y los primeros tres años de datos, el fondo promedio en la ROI (de 1 a 6 keV) es 3,6 cpd/kg/keV, mientras que el fondo de la fase 2 de DAMA/LIBRA está por debajo de 0,80 cpd/kg/keV en el intervalo de energía [1–2] keV, por debajo de 0,24 cpd/kg/keV en [2–3] keV y por debajo de 0,12 cpd/kg/keV en [3–4] keV.

En la actualidad ANAIS acumula más de 6 años de datos. La operación de ANAIS-112 en las instalaciones del LSC está garantizada hasta el año 2025. Esto permitirá acumular suficiente estadística para explorar el resultado de DAMA/LIBRA con un nivel de confianza de  $\sim 5\sigma$ .

H.5. IAXO-D0 e IAXO-D1

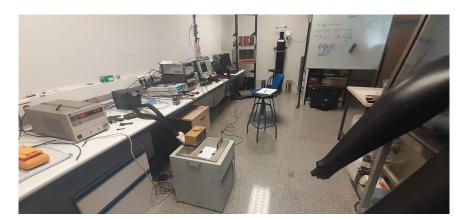


Figura H.6: Vista general del laboratorio de ANAIS en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza.

### H.4.2 | Laboratorio de ANAIS en UNIZAR

En la Universidad de Zaragoza existe un laboratorio equipado para montar y probar detectores de centelleo. Una caja de guantes de gran tamaño que mantiene una atmósfera de muy baja humedad, mostrada en la Figura H.5, permite manipular materiales altamente higroscópicos, como cristales de NaI y NaI(Tl), sin encapsulamiento para poder acoplarlos a diferentes sensores de luz, como PMTs o SiPMs.

A lo largo de 2022 se ha desarrollado un nuevo banco de pruebas para trabajar a baja temperatura con los prototipos de detectores de centelleo utilizando SiPMs como sensores de luz. En 2022 y 2023 se ha trabajado entre temperatura ambiente y -40°C, y en los próximos meses se alcanzará el



Figura H.5: Imagen de la caja de guantes de ANAIS, mantenida continuamente en atmósfera seca para preservar y trabajar con cristales de yoduro de sodio.

rango de 100 K gracias a un refrigerador criogénico que está en proceso de instalación y que, además, permitirá tener un control mucho más preciso de la temperatura de operación.

El laboratorio dispone de todos los componentes de "hardware" y "software" necesarios para implementar la correspondiente cadena electrónica y sistema de adquisición de datos de los prototipos de detectores de centelleo con lectura basada en SiPMs. La Figura H.6 muestra una vista general del laboratorio de ANAIS en las instalaciones de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza.

### H.5 | IAXO-D0 e IAXO-D1

IAXO-D0 e IAXO-D1 son dos demostradores diferentes con Micromegas para desarrollar I+D en detectores de fondo ultrabajo para BabyIAXO e IAXO. El detector Micromegas para ambas configuraciones consta de una pequeña cámara TPC gaseosa con una distancia de deriva de 3 cm y un plano de lectura tipo "microbulk" de aproximadamente  $6 \times 6 \text{ cm}^2$  de área, con una lectura de ánodo pixelada con separación de 0,5 mm. La cámara del detector está



Figura H.7: Izquierda: Imagen del dispositivo IAXO-D0 operado en Zaragoza, mostrando la parte más externa del blindaje activo compuesto por tres capas de centelleadores plásticos. **Derecha:** Imagen del dispositivo IAXO-D1 operado en el LSC con el blindaje de plomo abierto; las etiquetas identifican los distintos componentes.

construida con los más altos estándares de radiopureza (cobre electroformado para el cuerpo del detector, cobre y teflón para la "field cage", kapton y cobre para el plano de "microbulk" y el transporte de las señales fuera del detector). El cátodo lo proporciona una pequeña ventana delgada de mylar orientada al vacío de la línea del haz. El dispositivo experimental reproduce condiciones realistas de toma de datos, en las que los rayos X de señal, enfocados en un punto de unos pocos mm de ancho, penetran en el detector a través de esta ventana.

El dispositivo IAXO-D0 fue concebido como una réplica del detector más sensible operado en CAST, conocido como el sistema "IAXO pathfinder". Sin embargo, se han llevado a cabo diferentes actualizaciones teniendo en cuenta consideraciones mecánicas y de espacio para BabyIAXO. El detector está rodeado por un blindaje pasivo (plomo) y activo mejorado con respecto a la configuración anterior en CAST. El blindaje activo está formado por tres capas de centelleadores plásticos intercalando láminas de cadmio, con el objetivo de identificar muones y neutrones cósmicos (véase la Figura H.7, izquierda).

El dispositivo IAXO-D1 presenta un nuevo diseño en el que se han construido nuevos detectores Micromegas con estándares más altos de radiopureza. Incorporan importantes mejoras técnicas como conectores más robustos y radiopuros y un mejor diseño para extraer las señales del detector a la electrónica frontal. IAXO-D1 ha sido instalado y puesto en operación en el LSC como se muestra en el lado derecho de la Figura H.7. El objetivo principal es medir el nivel de fondo intrínseco del detector Micromegas, operando en un laboratorio subterráneo en el que el fondo cósmico está muy suprimido. Los planes a corto plazo incluyen la evaluación del fondo intrínseco utilizando diferentes mezclas de gases como Xe-Ne-iC<sub>4</sub>H<sub>10</sub> y Ar-iC<sub>4</sub>H<sub>10</sub>. Los planes a largo plazo prevén la instalación de nueva electrónica radiopura, actualmente en construcción, para comprender su efecto en el fondo y una posible mejora de la relación señal/ruido.

### H.6 | TREX-DM

TREX-DM es una cámara de proyección temporal de alta presión concebida para la búsqueda de WIMPs de baja masa. El detector (Fig. H.8, izquierda) ha sido diseñado para albergar 0,3 kg de masa de argón a 10 bar (o,

H.6. TREX-DM 173





Figura H.8: Izquierda: Imagen del detector TREX-DM durante su instalación en el LSC, antes de la instalación del blindaje. Derecha: Imagen del detector TREX-DM con una lado abierto, mostrando el plano de lectura Micromegas "microbulk" (el más grande construido con esta tecnología) y los cables de salida de las señales fuera de la vasija a través de "feedthroughs" radiopuros.

alternativamente, 0,16 kg de neón). En algunos aspectos, es una versión ampliada de los detectores de rayos X CAST Micromegas pero con una masa activa mayor en un factor  $10^3$ . Está compuesto por una vasija de cobre, con un diámetro interior de 0,5 m, una longitud de 0,5 m y un espesor de 6 cm. El recipiente está dividido en dos volúmenes activos por un cátodo central de mylar aluminizado, que está conectado a alto voltaje mediante un "feedthrough" hecho a medida. A cada lado hay una "field cage" de 19 cm de largo, compuesta por un circuito impreso de cobrekapton atornillado a cuatro paredes de teflón. En cada tapa a ambos lados de la vasija, hay un plano de lectura de Micromegas (Fig. H.8, derecha) fijado a una base de cobre. La lectura tiene una superficie activa de  $25 \times 25$  cm<sup>2</sup> y ha sido construida con tecnología "microbulk", de kapton y cobre. Tiene un patrón con  $\sim 1$  mm píxeles laterales, que están vinculados entre sí en las direcciones x e y, lo que suma un total de 250 x y 250 y canales en cada uno de los dos planos. Las señales se extraen del recipiente mediante cables planos que salen a través de una ranura en la tapa del extremo y un "feedthrough" atornillado en el lado externo. El extremo exterior del cable está conectado a la electrónica frontal, una placa digitalizada multicanal con "auto-trigger" basada en el chip AGET desarrollado en CEA/Saclay.

El detector está rodeado por un blindaje pasivo de 20 cm de espesor para el fondo gamma ambiental, fabricado con plomo de baja radiactividad. El espesor de 6 cm de la vasija de cobre sirve, además de para contener el gas a alta presión, como capa más interna de blindaje pasivo para detener las emisiones de las capas más internas de plomo (por ejemplo, <sup>210</sup>Pb). El blindaje de plomo está además rodeado por 40 cm adicionales de polietileno (en la parte superior e inferior) o tanques de agua (en los lados) como blindaje de neutrones (los tanques de agua están previstos



Figura H.9: Imagen de racks con el equipamiento informático y unidades de almacenamiento de los grupos de investigación del CAPA.

pero aún no instalados). Finalmente, en el interior del blindaje se inyecta aire libre de radón para eliminar el radón del espacio cercano al detector.

En octubre de 2022, el dispositivo tuvo que ser desmantelado de su ubicación en el hall de LSC y en 2023 se ha instalado y puesto de nuevo en operación en el LAB2500.

## H.7 | Equipamiento informático

Dentro del CAPA se llevan a cabo investigaciones diversas, desde la búsqueda de partículas de materia oscura hasta la detección de señales de gravedad cuántica. Esto demanda una infraestructura informática poderosa para cálculos, simulaciones y almacenamiento eficiente de datos.

El grupo experimental busca señales raras utilizando detectores especializados, requiriendo análisis detallados y simulaciones para diferenciar señales de fondo. Este grupo ha demostrado ser especialista en el desarrollo de software de adquisición de datos, análisis y simulaciones, habiendo creado varios paquetes de software propios para estas tareas. Todas estas actividades requieren una gran potencia de cálculo y, sobre todo, un almacenamiento masivo para gestionar y procesar grandes volúmenes de datos experimentales y simulados.

Por otra parte, el grupo teórico de física de altas energías en el CAPA tiene una amplia experiencia en la investigación internacional. Los investigadores son reconocidos por su dominio en la programación de GPUs para

simulaciones científicas, especialmente en áreas que demandan gran poder de cálculo y numerosas simulaciones, como el estudio de interacciones nucleares fuertes (QCD), procesos astrofísicos y cosmológicos con axiones, y efectos de gravedad cuántica en astropartículas de alta energía (rayos cósmicos, fotones y neutrinos). Históricamente, el grupo ha utilizado diversos medios de cálculo, desde computadoras personales hasta supercomputadoras. Aunque han accedido a clústeres de supercomputación para cálculos a gran escala, es importante contar con equipos de tamaño medio en el CAPA, que permiten mayor flexibilidad en el desarrollo y prueba de programas.

Aunque ambos grupos de investigación contaban con servidores y unidades de almacenamiento obtenidas con recursos propios (ver Fig. H.9), las necesidades son cada vez mayores y, por esta razón, se participó en la convocatoria para la adquisición de infraestructuras de investigación de UNIZAR en 2023, solicitando un servidor y unidades de almacenamiento. Esta solicitud fue concedida y un nuevo equipo mucho más potente se ha unido a los ya existentes: se trata de un servidor HP, y un sistema de almacenamiento NAS RS2421RP+ del fabricante Synology. Este servidor se compone de 2 CPUs AMD EPYC 7763, 1024GB de memoria RAM, 2 discos SSD de 480GB SATA y 2 GPUs NVIDIA A16 64GB. El sistema de almacenamiento son 12 discos Synology 8TB SATA/600. En 2024, dentro de la convocatoria de adquisición de infraestructura de investigación de la Universidad de Zaragoza, se ha adquirido una ampliación del almacenamiento con un sistema NAS Synology RS4021xs+ consistente en 18 discos HDD de 18 TB de capacidad cada uno.

Este equipo puede ser el germen de una infraestructura de cálculo y gestión de datos propia del Centro que, con seguridad, va a incrementar la calidad de la investigación, el avance y transferencia del conocimiento y la innovación tecnológica. El diseño de este equipo le permite seguir aumentando su potencia y capacidad de almacenamiento en el futuro con aportaciones de los grupos de investigación, de programas en los que participan nuestros investigadores, o de convocatorias posteriores.

Así, contar con una potente infraestructura informática en el CAPA permitirá fortalecer su capacidad de investigación y análisis, facilitando la exploración de fenómenos físicos complejos, y contribuyendo al avance del conocimiento en el ámbito de la física de altas energías

### H.8 | LABAC

Las instalaciones de LABAC, ubicadas en la Facultad de Ciencias (véase la Fig. H.10), incluyen un laboratorio de radioquímica totalmente equipado para la preparación de muestras y un laboratorio de radiofísica. En algunos casos se requieren tratamientos físico-químicos para configurar las muestras originales en forma y tamaño de acuerdo con los diferentes requerimientos del equipo. En otros casos, como en la determinación de determinados radioisótopos, es necesario realizar una separación radioquímica de un elemento concreto. También se cuenta con equipos adecuados para el muestreo (aerosoles y yodo radiactivo, agua del grifo o de lluvia, suelo, alimentos) de acuerdo con los procedimientos operativos estándar. En el laboratorio de radiofísica se realiza la determinación de dosis ambientales equivalentes o actividades alfa, beta y gamma mediante diferentes sistemas de detección, que incluyen dos detectores de germanio de bajo fondo (GR3520 y GX4018 Canberra), dos contadores proporcionales de flujo de gas (HT-1000 Canberra y Berthold 770-2), un contador de centelleo sólido, un espectrómetro alfa integrado (Alpha Analyst 7401 VR Canberra) y un lector dosímetro termoluminiscente (Panasonic UD-716AGL).





Figura H.10: Imágenes de las instalaciones del LABAC: laboratorio de radioquímica (izquierda) y uno de los detectores de germanio dentro de su blindaje (derecha).

### H.9 | Infraestructura futura del CAPA

La implementación de la estrategia futura del nuevo instituto (ver capítulo 9) requerirá de infraestructura científica de primer nivel. No obstante, la infraestructura más crítica viene disponible a través de las colaboraciones científicas con centros como el LSC para los experimentos de detección de WIMPs, o como el CERN o DESY para experimentos como IAXO. En todo caso, a nivel de CAPA se prevé ir consolidando y ampliando la infraestructura local para ir acomodando la creciente actividad prevista en el citado plan estratégico. A este respecto, además de los puntos arriba comentados, hay que añadir los siguientes:

### H.9.1 | Ampliaciones futuras del equipamiento de computación

La infraestructura de computación descrita en la sección H.7 es la semilla sobre la que hacer crecer un equipamiento de computación al servicio del instituto de manera progresiva y en función de las necesidades de una comunidad creciente y de la capacidad de captar recursos al efecto. Un primer paso se ha logrado en 2024, con la adjudicación, dentro de la convocatoria del plan de adquisición infraestructura científica de la Universidad de Zaragoza, de un sistema de almacenamiento NAS Synology RS4021xs+ consistente en 24 discos HDD de 18 TB cada uno. Este sistema está actualmente en fase de puesta en marcha.

Este clúster de computación podrían tener nuevas ampliaciones en el futuro, para lo que se estudiará las necesidades de cómputo de las distintas líneas de investigación y se explorará la obtención de recursos en las distintas convocatorias de equipamiento científico nacional y/o regional.

### H.9.2 | Refrigerador de dilución

Una infraestructura vital para la implementación de la estrategia del futuro instituto descrita en el capítulo 9 (en particular la referida a sensores cuánticos) es un refrigerador de dilución capaz de enfriar muestras a temperaturas del orden de 10 mK. De hecho, en 2024 se ha competido con éxito en la convocatoria del ministerio para equipamiento científico y se ha logrado financiación para esta adquisición, cuya proceso de licitación está actualmente en preparación.

El refrigerador de dilución del CAPA es un sistema cryogen-free de última generación, basado en una mezcla de <sup>3</sup>He/<sup>3</sup>He y enfriado mediante cryocoolers, lo que elimina la necesidad de líquidos criogénicos. Esto reduce costos operativos, mejora la sostenibilidad y permite un funcionamiento continuo sin interrupciones. El avance técnico de estos refrigeradores, impulsado sobre todo por la tecnología cryogen-free, ha permitido superar la complejidad tradicional asociada a su uso, permitiendo una operación más robusta, eficiente y económica, facilitando su manejo.

El equipo alcanzará temperaturas de 10 mK en una cámara de mezcla (MXC) de aproximadamente 300 mm, permitiendo el enfriamiento de muestras de tamaño mediano y la prueba simultánea de diversos dispositivos. Inicialmente, contará con 4 líneas coaxiales semirrígidas capaces de operar hasta 18 GHz, con secciones de NbTi-NbTi para la conexión entre el plato de 4K y la MXC.

En una segunda fase, el sistema se complementará con más líneas de 18 GHz y con al menos dos líneas adicionales (entrada y salida) para explorar frecuencias de hasta 40 GHz. Además, el refrigerador podrá equiparse con un imán, ampliando así sus capacidades y alineándolo con proyectos estratégicos en curso.

### H.9.3 | Nuevo laboratorio de óptica y electrónica

El laboratorio de óptica y electrónica se ubicará en un espacio de 36 m², recientemente cedido al CAPA por parte del vicerrectorado de investigación de UNIZAR, ubicado en el edificio CIRCE (figura H.11). Este nuevo laboratorio albergará, dentro de la colaboración del experimento LiquidO, la infraestructura y los equipos necesarios para llevar a cabo los trabajos de pre-montaje y caracterización del detector: pulido, limpieza y pegado de fibra óptica sobre detectores SiPM (foto-multiplicadores de silicio); medida de la eficiencia de detección; pre-montaje del sistema. Tras estos trabajos, la instalación final y puesta en marcha del experimento se realizarás en el laboratorio IAXOlab, ubicado en el mismo edificio.

Además de estos trabajos dentro de la colaboración LiquidO, este nuevo espacio será utilizado como laboratorio de electrónica, donde se instalarán los equipos necesarios en la medida y tratamiento de señales. Este equipamiento podrá ser utilizado de forma transversal por todos los experimentos de CAPA.

### H.9.4 | Láser para caracterización de detectores

En experimentos de búsqueda de WIMPs de baja masa reducir el umbral de energía es crítico para ser sensible a partículas cada vez más ligeras. Con el fin de caracterizar este umbral de energía en detectores gaseosos con planos de lectura Micromegas se ha diseñado un banco de pruebas con un láser ultravioleta que permite calibraciones de energía variable en función de la intensidad del haz que incide sobre un fotocátodo y, por las características intrínsecas de un láser, realizar estas calibraciones de forma localizada. El proceso de compra de este laser acaba de terminar y se recibirá de forma inminente.

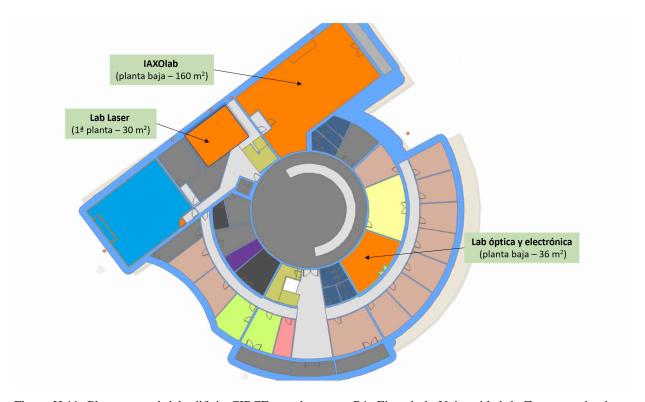


Figura H.11: Plano general del edificio CIRCE, en el campus Río Ebro de la Universidad de Zaragoza, donde se ubican algunos de los espacios de CAPA.

Esta instalación será ubicada en otro espacio de 30 m², de reciente adquisición por parte de CAPA, ubicado también en el edificio CIRCE (figura H.11).

### H.9.5 | Otra infraestructura

Aunque la infraestructura descrita en los puntos anteriores debería ser suficiente para implementar las lineas de investigación tal y como se prevén en el medio plazo, no se descarta la adquisición o desarrollo de nueva infraestructura o de ampliaciones de la existente, en, p. ej.: nuevos detectores o sistemas de bajo fondo que amplíen los ya existentes, o ampliaciones de los laboratorios descritos, entre otros.

## **Publicaciones recientes**

Aquí se listan todas las publicaciones de la comunidad proponente del nuevo Instituto en los últimos cinco años (2019-2023):

- Carenza, P. et al. Cross section for supernova axion observation in neutrino water Čherenkov detectors. PHYSICAL REVIEW C 109, 015501 (2024).
- 2. Lella, A. et al. Getting the most on supernova axions. PHYSICAL REVIEW D 109, 023001 (2024).
- 3. Aaron, E. et al. Measurement of isotopic separation of argon with the prototype of the cryogenic distillation plant Aria for dark matter searches. EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C 83, 453 (2023).
- Agnes, P. et al. Sensitivity projections for a dual-phase argon TPC optimized for light dark matter searches through the ionization channel. PHYSICAL REVIEW D 107, 112006 (2023).
- Alesini, D. et al. The future search for low-frequency axions and new physics with the FLASH resonant cavity experiment at Frascati National Laboratories. PHYSICS OF THE DARK UNIVERSE 42, 101370 (2023).
- 6. Alfonso, K. y Collaboration, C. A first test of CUPID prototypal light detectors with NTD-Ge sensors in a pulse-tube cryostat. *JOURNAL OF INSTRUMENTATION* **18**, P06033 (2023).
- Alfonso, K., Collaboration, C. y Collaboration, C. Twelve-crystal prototype of Li2MoO4 scintillating bolometers for CUPID and CROSS experiments. JOURNAL OF INSTRUMENTATION 18, P06018 (2023).
- 8. Alfonso, K. *et al.* CUPID: The Next-Generation Neutrinoless Double Beta Decay Experiment. *JOURNAL OF LOW TEMPERATURE PHYSICS* **211**, 375 (2023).
- Alonso, J. L., Bouthelier-Madre, C., Clemente-Gallardo, J., Martinez-Crespo, D. y Pomar, J. Effective nonlinear Ehrenfest hybrid quantumclassical dynamics. EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL PLUS 138, 649 (2023).
- Altenmuller, K. et al. X-ray detectors for the BabyIAXO solar axion search. NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A 1048, 167913 (2023).
- Angelone, G., Asorey, M., Facchi, P., Lonigro, D. y Martinez, Y. Boundary conditions for the quantum Hall effect. *JOURNAL OF PHYSICS A-MATHEMATICAL AND THEORETICAL* 56, 025301 (2023).
- 12. Antel, C. et al. Feebly Interacting Particles: FIPs 2022 workshop report. EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C 83, 1122 (2023).
- 13. Asorey, M., Balachandran, A., Momen, M. A. y Qureshi, B. Violation of the Landau-Yang theorem from infrared Lorentz symmetry breaking. *Journal of High Energy Physics* **2023**, 1-9 (2023).
- 14. Asorey, M., e Silva, W. C., Shapiro, I. L. y do Vale, P. R. Trace anomaly and induced action for a metric-scalar background. *The European Physical Journal C* 83, 157 (2023).
- 15. Asorey, M. y Ezquerro, F. Energy preserving boundary conditions in field theory. *PHYSICAL REVIEW D* **108**, 045008 (2023).

- Azcoiti, V. Spectral density of the Dirac-Ginsparg-Wilson operator, chiral U(1)A anomaly, and analyticity in the high temperature phase of QCD. PHYSICAL REVIEW D 107, 114516 (2023).
- 17. Azzolini, O. et al. Search for Majoron-like particles with CUPID-0. PHYSICAL REVIEW D 107, 032006 (2023).
- 18. Bouthelier-Madre, C., Clemente-Gallardo, J., Gonzalez-Bravo, L. y Martinez-Crespo, D. Hybrid Koopman C\*-formalism and the hybrid quantum-classical master equation. *JOURNAL OF PHYSICS A-MATHEMATICAL AND THEORETICAL* **56**, 374001 (2023).
- 19. Byrnes, N. K. *et al.* NEXT-CRAB-0: a high pressure gaseous xenon time projection chamber with a direct VUV camera based readout. *JOURNAL OF INSTRUMENTATION* **18,** P08006 (2023).
- 20. Carinena, J. F., de Lucas, J. y Sardon, C. Quantum quasi-Lie systems: properties and applications. *EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL PLUS* **138**, 339 (2023).
- 21. Carinena, J. F., Martinez, E. y Munoz-Lecanda, M. C. Sundman transformation and alternative tangent structures. *JOURNAL OF PHYSICS A-MATHEMATICAL AND THEORETICAL* **56**, 185202 (2023).
- 22. Carinena, J. F. y Guha, P. Geometry of non-standard Hamiltonian structures of Liénard equations and contact structure. *INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOMETRIC METHODS IN MODERN PHYSICS* (2023).
- Carinena, J. F., Guha, P. y Ranada, M. F. Painleve equations, integrable systems and the stabilizer set of Virasoro orbit. REVIEWS IN MATHEMATICAL PHYSICS 35 (2023).
- 24. Carinena, J. F. y Munoz-Lecanda, M.-C. Geodesic and Newtonian Vector Fields and Symmetries of Mechanical Systems. *SYMMETRY-BASEL* **15**, 181 (2023).
- 25. Carmona, J. M., Cortes, J. L., Relancio, J. J. y Reyes, M. A. A New Perspective on Doubly Special Relativity. UNIVERSE 9, 150 (2023).
- 26. Carmona, J. M., Cortes, J. L., Relancio, J. J. y Reyes, M. A. Decay of superluminal neutrinos in the collinear approximation. *PHYSICAL REVIEW D* 107, 043001 (2023).
- 27. Cebrián, S. Review on dark matter searches. JOURNAL OF PHYSICS (CONFERENCE SERIES) 2502, 012004 (2023).
- 28. Climent, J. B., Guirado, J. C., Perez-Torres, M., Marcaide, J. M. y Pena-Monino, L. Evidence for a radiation belt around a brown dwarf. *SCIENCE* **381**, 1120 (2023).
- 29. Di Luzio, L. et al. Running effects on QCD axion phenomenology. PHYSICAL REVIEW D 108, 115004 (2023).
- 30. Diaz, P., Mainar, E. y Rubio, B. Polynomial Total Positivity and High Relative Accuracy Through Schur Polynomials. *JOURNAL OF SCIENTIFIC COMPUTING* **97**, 10 (2023).
- 31. Eggemeier, B., O'Hare, C. A. J., Pierobon, G., Redondo, J. y Wong, Y. Y. Y. Axion minivoids and implications for direct detection. *PHYSICAL REVIEW D* **107**, 083510 (2023).
- 32. Elersich, A. *et al.* Study of cosmogenic activation above ground for the DarkSide-20k experiment. *ASTROPARTICLE PHYSICS* **152**, 102878 (2023).
- 33. Emonts, B. H. C. *et al.* A cosmic stream of atomic carbon gas connected to a massive radio galaxy at redshift 3.8. *SCIENCE* **379**, 1323 (2023).
- 34. Ferrer-Ribas, E. et al. Ultra low background Micromegas detectors for BabyIAXO solar axion search. JINST 18, C10003 (2023).
- 35. Grayling, M. y Collaboration, D. Core-collapse supernovae in the Dark Energy Survey: luminosity functions and host galaxy demographics. MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY **520**, 684 (2023).
- 36. Haefner, J. et al. Reflectance and fluorescence characteristics of PTFE coated with TPB at visible, UV, and VUV as a function of thickness. JOURNAL OF INSTRUMENTATION 18, P03016 (2023).
- 37. Iwasawa, K., Norman, C., Gilli, R., Gandhi, P. y Perez-Torres, M. A. Origin of the diffuse 4-8 keV emission in M 82. ASTRONOMY & ASTROPHYSICS 674, A77 (2023).
- 38. Kool, E. C. et al. A radio-detected type Ia supernova with helium-rich circumstellar material. NATURE 617, 477+ (2023).
- 39. Lella, A., Carenza, P., Lucente, G., Giannotti, M. y Mirizzi, A. Protoneutron stars as cosmic factories for massive axionlike particles. PHYSICAL REVIEW D 107, 103017 (2023).
- Malik, U. et al. OzDES Reverberation Mapping Program: Hβ lags from the 6-yr survey. MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRO-NOMICAL SOCIETY 520, 2009 (2023).

- 41. Meldorf, C., Varga, T. N. y Collaboration, D. The Dark Energy Survey Supernova Program results: type Ia supernova brightness correlates with host galaxy dust. *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY* **518**, 1985 (2023).
- 42. Moore, T. et al. SN 2022jli: A Type Ic Supernova with Periodic Modulation of Its Light Curve and an Unusually Long Rise. ASTROPHY-SICAL JOURNAL LETTERS 956, L31 (2023).
- 43. Murgas, F. *et al.* Two super-Earths at the edge of the habitable zone of the nearby M dwarf TOI-2095\*. *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS* **677**, A182 (2023).
- 44. Navarro, K. E. et al. A compact dication source for Ba<sup>2+</sup> tagging and heavy metal ion sensor development. JINST 18, P07044 (2023).
- 45. Novella, P. et al. Demonstration of neutrinoless double beta decay searches in gaseous xenon with NEXT. JHEP 09, 190 (2023).
- Orejudo, S. et al. Evolutionary emergence of collective intelligence in large groups of students. FRONTIERS IN PSYCHOLOGY 14, 1168563 (2023).
- 47. Romaniega, C., Munoz-Castaneda, J. M. y Cavero-Pelaez, I. Casimir self-energy of a δ-δ' sphere. *PHYSICAL REVIEW D* **107**, 025002 (2023).
- Venkattu, D. et al. Subarcsecond-resolution Imaging of M51 with the International LOFAR Telescope. ASTROPHYSICAL JOURNAL 953, 157 (2023).
- Vincenzi, M. et al. The Dark Energy Survey supernova program: cosmological biases from supernova photometric classification. MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY 518, 1106 (2023).
- 50. Winkel, N. *et al.* The Close AGN Reference Survey (CARS) Tracing the circumnuclear star formation in the super-Eddington NLS1 Mrk 1044. *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS* **670**, A3 (2023).
- 51. Zakhozhay, O. V. et al. New constraints on the presence of debris disks around G 196-3 B and VHS J125601.92-125723.9 b. ASTRONOMY & ASTROPHYSICS 674, A66 (2023).
- 52. Abareshi, B. *et al.* Overview of the Instrumentation for the Dark Energy Spectroscopic Instrument. *ASTRONOMICAL JOURNAL* **164**, 207 (2022).
- 53. Abbott, T. M. C. y Collaboration, D. Dark Energy Survey Year 3 results: A 2.7 % measurement of baryon acoustic oscillation distance scale at redshift 0.835. *PHYSICAL REVIEW D* **105**, 043512 (2022).
- 54. Adair, C. M. et al. Search for Dark Matter Axions with CAST-CAPP. NATURE COMMUNICATIONS 13, 6180 (2022).
- Adams, D. Q. et al. CUORE opens the door to tonne-scale cryogenics experiments. PROGRESS IN PARTICLE AND NUCLEAR PHYSICS 122, 103902 (2022).
- Addazi, A. et al. Quantum gravity phenomenology at the dawn of the multi-messenger era-A review. PROGRESS IN PARTICLE AND NUCLEAR PHYSICS 125, 103948 (2022).
- 57. Alda, J., Guasch, J. y Penaranda, S. Anomalies in B mesons decays: a phenomenological approach. *EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL PLUS* **137**, 217 (2022).
- Alda, J., Guasch, J. y Penaranda, S. Using Machine Learning techniques in phenomenological studies on flavour physics. JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS 7, 115 (2022).
- 59. Alda Gallo, J., Guasch, J. y Penaranda, S. Exploring B-physics anomalies at colliders. PoS EPS-HEP2021, 494 (2022).
- 60. Alfonso, K. y Collaboration, C. Optimization of the first CUPID detector module. EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C 82, 810 (2022).
- 61. Altenmuller, K. et al. AlphaCAMM, a Micromegas-based camera for high-sensitivity screening of alpha surface contamination. JOURNAL OF INSTRUMENTATION 17, P08035 (2022).
- 62. Altenmuller, K. *et al.* REST-for-Physics, a ROOT-based framework for event oriented data analysis and combined Monte Carlo response. *COMPUTER PHYSICS COMMUNICATIONS* **273**, 108281 (2022).
- Amare, J. et al. Dark Matter Annual Modulation with ANAIS-112: Three Years Results. MOSCOW UNIVERSITY PHYSICS BULLETIN 77, 322 (2022).
- 64. Amare, J. et al. Long term measurement of the 222Rn concentration in the Canfranc Underground Laboratory. EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C 82, 891 (2022).

- 65. Amare, J. et al. Dark Matter Searches Using NaI(Tl) at the Canfranc Underground Laboratory: Past, Present and Future. UNIVERSE 8, 75 (2022).
- Azzolini, O. et al. Final Result on the Neutrinoless Double Beta Decay of 82Se with CUPID-0. PHYSICAL REVIEW LETTERS 129, 111801 (2022).
- 67. Bahr-Kalus, B. et al. A measurement of the integrated Sachs-Wolfe effect with the Rapid ASKAP Continuum Survey. MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY 517, 3785 (2022).
- 68. Billard, J. et al. Direct detection of dark matter-APPEC committee report\*. REPORTS ON PROGRESS IN PHYSICS 85, 056201 (2022).
- Calore, F. et al. 3D template-based Fermi-LAT constraints on the diffuse supernova axion-like particle background. PHYSICAL REVIEW D 105, 063028 (2022).
- 70. Calore, F. et al. 511 keV line constraints on feebly interacting particles from supernovae. PHYSICAL REVIEW D 105, 063026 (2022).
- 71. Carinena, J. F., de Lucas, J. y Wysocki, D. Stratified Lie systems: theory and applications. *JOURNAL OF PHYSICS A-MATHEMATICAL AND THEORETICAL* **55**, 385206 (2022).
- 72. Carinena, J. F. y Fernandez-Nunez, J. Some Applications of Affine in Velocities Lagrangians in Two-Dimensional Systems. *SYMMETRY-BASEL* **14**, 2520 (2022).
- 73. Carinena, J. F., Martinez, E. y Munoz-Lecanda, M. C. Infinitesimal Time Reparametrisation and Its Applications. *JOURNAL OF NONLI-NEAR MATHEMATICAL PHYSICS* **29**, 523 (2022).
- 74. Carmona, J. M., Cortes, J. L., Relancio, J. J. y Reyes, M. A. Cosmic Neutrinos as a Window to Departures from Special Relativity. SYMMETRY-BASEL 14, 1326 (2022).
- 75. Carmona, J. M., Cortes, J. L., Relancio, J. J. y Reyes, M. A. Time delays, choice of energy-momentum variables, and relative locality in doubly special relativity. *PHYSICAL REVIEW D* **106**, 064045 (2022).
- Carmona, J. M., Cortes, J. L., Relancio, J. J., Reyes, M. A. y Vincueria, A. Modification of the mean free path of very high-energy photons due to a relativistic deformed kinematics. EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL PLUS 137, 768 (2022).
- 77. Champey, P. R. R. *et al.* Toward the fabrication of a 5-µm-resolution Wolter microscope for the National Ignition Facility (invited). *REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS* **93**, 113504 (2022).
- 78. Chen, R. y Collaboration, D. Measuring Cosmological Parameters with Type Ia Supernovae in redMaGiC Galaxies. *ASTROPHYSICAL JOURNAL* **938**, 62 (2022).
- Climent, J. B. et al. Radio emission in a nearby, ultra-cool dwarf binary: A multifrequency study. ASTRONOMY & ASTROPHYSICS 660, A65 (2022).
- 80. Coarasa, I. et al. Improving ANAIS-112 sensitivity to DAMA/LIBRA signal with machine learning techniques. JOURNAL OF COSMO-LOGY AND ASTROPARTICLE PHYSICS 11, 048 (2022).
- 81. Collaboration, A. A detailed map of Higgs boson interactions by the ATLAS experiment ten years after the discovery. *NATURE* **607**, 52+ (2022).
- 82. Dafni, T. y Galan, J. Digging into Axion Physics with (Baby)IAXO. UNIVERSE 8, 37 (2022).
- 83. Di Luzio, L. *et al.* Probing the axion-nucleon coupling with the next generation of axion helioscopes. *EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C* 82, 120 (2022).
- 84. Diaz-Morcillo, A. *et al.* Design of New Resonant Haloscopes in the Search for the Dark Matter Axion: A Review of the First Steps in the RADES Collaboration. *UNIVERSE* 8, 5 (2022).
- 85. Dixon, M. *et al.* Using host galaxy spectroscopy to explore systematics in the standardization of Type Ia supernovae. *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY* **517**, 4291 (2022).
- 86. Ellis, D. et al. Structure of axion miniclusters. PHYSICAL REVIEW D 106, 103514 (2022).
- 87. Falceto, F. Canonical Quantization of the Electromagnetic Field in Arbitrary &-Gauge. ANNALES HENRI POINCARE (2022).
- Fantini, G. et al. Machine Learning Techniques for Pile-Up Rejection in Cryogenic Calorimeters. JOURNAL OF LOW TEMPERATURE PHYSICS 209, 1024 (2022).

- Gallo, J. A., Guerrera, A. W. M., Penaranda, S. y Rigolin, S. Leptonic meson decays into invisible ALP. NUCLEAR PHYSICS B 979, 115791 (2022).
- 90. Golm, J. *et al.* Thin Film (High Temperature) Superconducting Radiofrequency Cavities for the Search of Axion Dark Matter. *IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY* **32**, 1500605 (2022).
- 91. Guise, E. *et al.* Multiwavelength optical and NIR variability analysis of the Blazar PKS 0027-426. *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY* **510**, 3145 (2022).
- 92. Henriques, C. A. O. et al. Neutral Bremsstrahlung Emission in Xenon Unveiled. PHYSICAL REVIEW X 12, 021005 (2022).
- 93. Iguaz, F. J. *et al.* Microbulk Micromegas in non-flammable mixtures of argon and neon at high pressure. *JOURNAL OF INSTRUMENTA-TION* 17, P07032 (2022).
- 94. Jones, B. J. P. *et al.* The dynamics of ions on phased radio-frequency carpets in high pressure gases and application for barium tagging in xenon gas time projection chambers. *NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A* **1039**, 167000 (2022).
- 95. Lucente, G., Nath, N., Capozzi, F., Giannotti, M. y Mirizzi, A. Probing high-energy solar axion flux with a large scintillation neutrino detector. *PHYSICAL REVIEW D* **106**, 123007 (2022).
- 96. Lucente, G., Straniero, O., Carenza, P., Giannotti, M. y Mirizzi, A. Constraining Heavy Axionlike Particles by Energy Deposition in Globular Cluster Stars. *PHYSICAL REVIEW LETTERS* **129**, 011101 (2022).
- 97. Lucente, G. *et al.* Axion signatures from supernova explosions through the nucleon electric-dipole portal. *PHYSICAL REVIEW D* **105**, 123020 (2022).
- 98. Molera, C. *et al.* Intrahepatic Cholestasis Is a Clinically Significant Feature Associated with Natural History of X-Linked Myotubular Myopathy (XLMTM): A Case Series and Biopsy Report. *JOURNAL OF NEUROMUSCULAR DISEASES* **9**, 73 (2022).
- 99. Moller, A. *et al.* The dark energy survey 5-yr photometrically identified type Ia supernovae. *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY* **514**, 5159 (2022).
- 100. Navarro, P. et al. Wide-band full-wave electromagnetic modal analysis of the coupling between dark-matter axions and photons in microwave resonators. PHYSICS OF THE DARK UNIVERSE 36, 101001 (2022).
- 101. Norris, R. P. et al. The Evolutionary Map of the Universe Pilot Survey (vol 38, E016, 2021). PUBLICATIONS OF THE ASTRONOMICAL SOCIETY OF AUSTRALIA 39, e055 (2022).
- 102. Novella, P. *et al.* Measurement of the 136Xe two-neutrino double-β-decay half-life via direct background subtraction in NEXT. *PHYSICAL REVIEW C* **105**, 055501 (2022).
- 103. O'Hare, C. A. J., Pierobon, G., Redondo, J. y Wong, Y. Y. Y. Simulations of axionlike particles in the postinflationary scenario. *PHYSICAL REVIEW D* 105, 055025 (2022).
- Orejudo, S. et al. Evolutionary emergence of collective intelligence in large groups of students. FRONTIERS IN PSYCHOLOGY 13, 848048 (2022).
- 105. Penton, A. y Collaboration, D. OzDES reverberation mapping program: Lag recovery reliability for 6-yr C iv analysis. *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY* **509**, 4008 (2022).
- Rosell, A. C. y Collaboration, D. Dark Energy Survey Year 3 results: galaxy sample for BAO measurement. MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY 509, 778 (2022).
- 107. Sabiu, C. G., Kadota, K., Asorey, J. y Park, I. Probing ultra-light axion dark matter from 21 cm tomography using Convolutional Neural Networks. *JOURNAL OF COSMOLOGY AND ASTROPARTICLE PHYSICS* 1, 020 (2022).
- 108. Singha, M. *et al.* The Close AGN Reference Survey (CARS) Locating the [O III] wing component in luminous local Type 1 AGN. *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS* **659**, A123 (2022).
- 109. Wetzell, V. y Collaboration, D. Velocity dispersions of clusters in the Dark Energy Survey Y3 redMaPPer catalogue. MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY 514, 4696 (2022).
- 110. Winkel, N. et al. The Close AGN Reference Survey (CARS) Tracing the circumnuclear star formation in the super-Eddington NLS1 Mrk 1044. ASTRONOMY & ASTROPHYSICS 663, A104 (2022).
- 111. Xiao, M. et al. Betelgeuse constraints on coupling between axionlike particles and electrons. PHYSICAL REVIEW D 106, 123019 (2022).

- 112. Aalseth, C. E. *et al.* SiPM-matrix readout of two-phase argon detectors using electroluminescence in the visible and near infrared range. *EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C* **81**, 153 (2021).
- 113. Abba, A. et al. The novel Mechanical Ventilator Milano for the COVID-19 pandemic. PHYSICS OF FLUIDS 33, 037122 (2021).
- 114. Abe, K. et al. Supernova Model Discrimination with Hyper-Kamiokande. ASTROPHYSICAL JOURNAL 916, 15 (2021).
- 115. Abeln, A. *et al.* Conceptual design of BabyIAXO, the intermediate stage towards the International Axion Observatory. *JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS* **5**, 137 (2021).
- Adams, C. et al. Sensitivity of a tonne-scale NEXT detector for neutrinoless double-beta decay searches. JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS, 164 (2021).
- Agnes, P. et al. Sensitivity of future liquid argon dark matter search experiments to core-collapse supernova neutrinos. JOURNAL OF COSMOLOGY AND ASTROPARTICLE PHYSICS 3, 043 (2021).
- 118. Agnes, P. et al. Separating 39Ar from 40Ar by cryogenic distillation with Aria for dark-matter searches. EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C 81, 359 (2021).
- 119. Agrawal, P. et al. Feebly-interacting particles: FIPs 2020 workshop report. EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C 81, 1015 (2021).
- 120. Alonso, J. L., Bouthelier-Madre, C., Castro, A., Clemente-Gallardo, J. y Jover-Galtier, J. A. About the computation of finite temperature ensemble averages of hybrid quantum-classical systems with molecular dynamics. *NEW JOURNAL OF PHYSICS* **23**, 063011 (2021).
- 121. Alvarez Melcon, A. et al. First results of the CAST-RADES haloscope search for axions at 34.67 μeV. JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS, 075 (2021).
- 122. Amare, J. et al. Background model of the ANAIS-112 dark matter experiment. JOURNAL OF PHYSICS (CONFERENCE SERIES) 2156, 012175 (2021).
- 123. Amare, J. et al. Annual modulation results from three-year exposure of ANAIS-112. PHYSICAL REVIEW D 103, 102005 (2021).
- 124. Amaré, J. et al. Annual modulation results from three-year exposure of ANAIS-112. JOURNAL OF PHYSICS (CONFERENCE SERIES) 2156, 012024 (2021).
- 125. Armatol, A. y Collaboration, C. Characterization of cubic Li2100MoO4 crystals for the CUPID experiment. *EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C* **81**, 104 (2021).
- 126. Armatol, A. y Collaboration, C. Novel technique for the study of pileup events in cryogenic bolometers. *PHYSICAL REVIEW C* **104**, 015501 (2021).
- 127. Armatol, A., Collaboration, C. y Collaboration, C. A CUPID Li2100MoO4 scintillating bolometer tested in the CROSS underground facility. *JOURNAL OF INSTRUMENTATION* **16**, P02037 (2021).
- 128. Asorey, J. y Parkinson, D. Future radio continuum cosmology clustering surveys. MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY 506, 4121 (2021).
- 129. Asorey, M., Falceto, F. y Rachwal, L. Asymptotic freedom and higher derivative gauge theories. *JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS* 5, 75 (2021).
- Asorey, M., Rachwal, L., Shapiro, I. L. y Cesar e Silva, W. On the vector conformal models in an arbitrary dimension. EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL PLUS 136, 1043 (2021).
- 131. Azcoiti, V. Axial UA (1) Anomaly: A New Mechanism to Generate Massless Bosons. SYMMETRY-BASEL 13, 209 (2021).
- 132. Azzolini, O. et al. Background identification in cryogenic calorimeters through α α delayed coincidences. EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C 81, 722 (2021).
- 133. Azzolini, O. et al. Measurement of 216Po half-life with the CUPID-0 experiment. PHYSICS LETTERS B 822, 136642 (2021).
- 134. Bandac, I. C. *et al.* Phonon-mediated crystal detectors with metallic film coating capable of rejecting α and β events induced by surface radioactivity. *APPLIED PHYSICS LETTERS* **118**, 184105 (2021).
- 135. Bischetti, M. et al. The WISSH quasars project: IX. Cold gas content and environment of luminous QSOs at z ~ 2.4-4.7. ASTRONOMY & ASTROPHYSICS 645, A33 (2021).
- 136. Calore, F. et al. Supernova bounds on axionlike particles coupled with nucleons and electrons. PHYSICAL REVIEW D 104, 043016 (2021).
- 137. Caputo, A. et al. Axionlike Particles from Hypernovae. PHYSICAL REVIEW LETTERS 127, 181102 (2021).

- 138. Cardani, L. et al. Final results of CALDER: kinetic inductance light detectors to search for rare events. EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C 81, 636 (2021).
- 139. Cardani, L. *et al.* Reducing the impact of radioactivity on quantum circuits in a deep-underground facility. *NATURE COMMUNICATIONS* **12,** 2733 (2021).
- Carenza, P., Evoli, C., Giannotti, M., Mirizzi, A. y Montanino, D. Turbulent axion-photon conversions in the Milky Way. PHYSICAL REVIEW D 104, 023003 (2021).
- 141. Carenza, P., Fore, B., Giannotti, M., Mirizzi, A. y Reddy, S. Enhanced Supernova Axion Emission and Its Implications. *PHYSICAL REVIEW LETTERS* **126**, 071102 (2021).
- 142. Carinena, J. F. y Ranada, M. F. Jacobi multipliers and Hojman symmetry. *INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOMETRIC METHODS IN MODERN PHYSICS* 18, 2150166 (2021).
- 143. Carinena, J. F., Ranada, M. F. y Santander, M. Superintegrability of three-dimensional Hamiltonian systems with conformally Euclidean metrics. Oscillator-related and Kepler-related systems. *JOURNAL OF PHYSICS A-MATHEMATICAL AND THEORETICAL* 54, 105201 (2021).
- 144. Carinena, J. F., Ranada, M. F. y Santander, M. Superintegrability on the three-dimensional spaces with curvature. Oscillator-related and Kepler-related systems on the sphere S3 and on the hyperbolic space H3. *JOURNAL OF PHYSICS A-MATHEMATICAL AND THEORETICAL* 54, 365201 (2021).
- 145. Carinena, J. F. y Santos, P. Jacobi multipliers and Hamel's formalism. *JOURNAL OF PHYSICS A-MATHEMATICAL AND THEORETICAL* **54,** 225203 (2021).
- 146. Carmona, J. M., Cortes, J. L. y Relancio, J. J. Curved Momentum Space, Locality, and Generalized Space-Time. UNIVERSE 7, 99 (2021).
- 147. Carmona, J. M., Cortes, J. L. y Relancio, J. J. Particle-Antiparticle Asymmetry in Relativistic Deformed Kinematics. *SYMMETRY-BASEL*13. 1266 (2021)
- 148. Cavero-Pelaez, I., Munoz-Castaneda, J. M. y Romaniega, C. Casimir energy for concentric δ-δ' spheres. PHYSICAL REVIEW D 103, 045005 (2021).
- 149. Cavero-Peláez, I., Parashar, P. y Shajesh, K. V. Quantum Vacuum Energy of Self-Similar Configurations. UNIVERSE 7, 128 (2021).
- 150. Cebrian, S. The Role of Small Scale Experiments in the Direct Detection of Dark Matter. UNIVERSE 7, 81 (2021).
- 151. Cintas, D. *et al.* Quenching Factor consistency across several NaI(Tl) crystals. *JOURNAL OF PHYSICS (CONFERENCE SERIES)* **2156**, 012065 (2021).
- Coarasa, I. et al. Machine-learning techniques applied to three-year exposure of ANAIS-112. JOURNAL OF PHYSICS (CONFERENCE SERIES) 2156, 012036 (2021).
- Darme, L., Di Luzio, L., Giannotti, M. y Nardi, E. Selective enhancement of the QCD axion couplings. PHYSICAL REVIEW D 103, 015034 (2021).
- 154. Diaz, P. Backgrounds from tensor models: A proposal. *PHYSICAL REVIEW D* **103**, 066010 (2021).
- 155. Fischer, T. et al. Observable signatures of enhanced axion emission from protoneutron stars. PHYSICAL REVIEW D 104, 103012 (2021).
- 156. Gautham, A. P. *et al.* Reconciling hints on axion-like-particles from high-energy gamma rays with stellar bounds. *JOURNAL OF COS-MOLOGY AND ASTROPARTICLE PHYSICS* **11,** 036 (2021).
- 157. Henriksen, P. L. et al. Iridium thin-film coatings for the BabyIAXO hybrid X-ray optic. APPLIED OPTICS 60, 6671 (2021).
- 158. Inserra, C. y Collaboration, D. The first Hubble diagram and cosmological constraints using superluminous supernovae. MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY 504, 2535 (2021).
- 159. Irastorza, I. G. Shedding squeezed light on dark matter. *NATURE* **590**, 226 (2021).
- Johnston, H. et al. The PAU Survey: Intrinsic alignments and clustering of narrow-band photometric galaxies. ASTRONOMY & ASTROPHYSICS 646, A147 (2021).
- 161. Kekic, M. *et al.* Demonstration of background rejection using deep convolutional neural networks in the NEXT experiment. *JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS* 1, 189 (2021).

- Martinez-Lema, G. et al. Sensitivity of the NEXT experiment to Xe-124 double electron capture. JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS 2, 203 (2021).
- 163. Mont-Geli, N. et al. First results from the HENSA/ANAIS collaboration at the Canfranc Underground Laboratory. JOURNAL OF PHYSICS (CONFERENCE SERIES) 2156, 012223 (2021).
- 164. Norris, R. P. et al. The Evolutionary Map of the Universe pilot survey. PUBLICATIONS OF THE ASTRONOMICAL SOCIETY OF AUSTRALIA 38, e046 (2021).
- 165. Palliyaguru, N. T., Corsi, A., Perez-Torres, M., Varenius, E. y Van Eerten, H. VLBI Observations of Supernova PTF11qcj: Direct Constraints on the Size of the Radio Ejecta. *ASTROPHYSICAL JOURNAL* 910, 16 (2021).
- 166. Pelacho, M., Ruiz, G., Sanz, F., Tarancon, A. y Clemente-Gallardo, J. Analysis of the evolution and collaboration networks of citizen science scientific publications. *SCIENTOMETRICS* **126**, 225 (2021).
- 167. Perez-Torres, M. et al. Monitoring the radio emission of Proxima Centauri. ASTRONOMY & ASTROPHYSICS 645, A77 (2021).
- 168. Perez-Torres, M., Mattila, S., Alonso-Herrero, A., Aalto, S. y Efstathiou, A. Star formation and nuclear activity in luminous infrared galaxies: an infrared through radio review. ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS REVIEW 29, 2 (2021).
- 169. Simon, A. et al. Boosting background suppression in the NEXT experiment through Richardson-Lucy deconvolution. JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS, 146 (2021).
- Vincenzi, M., Wilkinson, R. D. y Collaboration, D. The Dark Energy Survey supernova programme: modelling selection efficiency and observed core-collapse supernova contamination. MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY 505, 2819 (2021).
- 171. Wiseman, P. y Collaboration, D. Rates and delay times of Type Ia supernovae in the Dark Energy Survey. *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY* **506**, 3330 (2021).
- 172. Xiao, M. *et al.* Constraints on Axionlike Particles from a Hard X-Ray Observation of Betelgeuse. *PHYSICAL REVIEW LETTERS* **126**, 031101 (2021).
- 173. Yu, Z. et al. OzDES Reverberation Mapping Programme: the first Mg II lags from 5 yr of monitoring. MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY 507, 3771 (2021).
- 174. Aalseth, C. E. *et al.* Design and construction of a new detector to measure ultra-low radioactive-isotope contamination of argon. *JOURNAL OF INSTRUMENTATION* **15**, P02024 (2020).
- 175. Alonso, J. L., Bouthelier, C., Castro, A., Clemente-Gallardo, J. y Jover-Galtier, J. A. Entropy and canonical ensemble of hybrid quantum classical systems. *PHYSICAL REVIEW E* **102**, 042118 (2020).
- 176. Alvarez Melcon, A. et al. Scalable haloscopes for axion dark matter detection in the 30 μeV range with RADES. JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS 7, 84 (2020).
- 177. Amaré, J. et al. ANAIS-112 status: two years results on annual modulation. JOURNAL OF PHYSICS (CONFERENCE SERIES) 1468, 012014 (2020).
- 178. Asorey, J. et al. HIR4: cosmology from a simulated neutral hydrogen full sky using Horizon Run 4. MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY 495, 1788 (2020).
- 179. Asorey, M. y Santagata, A. The critical transition of Coulomb impurities in gapped graphene. *JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS* **8**, 144 (2020).
- Azzolini, O. et al. CUPID-0: A double-readout cryogenic detector for Double Beta Decay search. NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A 958, 162441 (2020).
- 181. Azzolini, O. *et al.* Search for neutrinoless double beta decay of 64Zn and 70Zn with CUPID-0. *EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C* **80**, 702 (2020).
- 182. Beacham, J. *et al.* Physics beyond colliders at CERN: beyond the Standard Model working group report. *JOURNAL OF PHYSICS G-NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS* **47**, 010501 (2020).
- 183. Calore, F., Carenza, P., Giannotti, M., Jaeckel, J. y Mirizzi, A. Bounds on axionlike particles from the diffuse supernova flux. *PHYSICAL REVIEW D* 102, 123005 (2020).
- Cardani, L. et al. DEMETRA: Suppression of the Relaxation Induced by Radioactivity in Superconducting Qubits. JOURNAL OF LOW TEMPERATURE PHYSICS 199, 475 (2020).

- 185. Carenza, P. *et al.* Constraints on the coupling with photons of heavy axion-like-particles from Globular Clusters. *PHYSICS LETTERS B* **809**, 135709 (2020).
- 186. Carmona, J. M., Cortes, J. L. y Relancio, J. J. Relativistic deformed kinematics from locality conditions in a generalized spacetime. PHYSICAL REVIEW D 101, 044057 (2020).
- 187. Carmona, J. M., Cortes, J. L., Pereira, L. y Relancio, J. J. Bounds on Relativistic Deformed Kinematics from the Physics of the Universe Transparency. *SYMMETRY-BASEL* 12, 1298 (2020).
- 188. Casali, N. et al. Final results of the CUPID-0 Phase I experiment. JOURNAL OF PHYSICS (CONFERENCE SERIES) 1468, 012205 (2020)
- 189. Casali, N. et al. Cryogenic Light Detectors for Background Suppression: The CALDER Project. JOURNAL OF LOW TEMPERATURE PHYSICS 200, 206 (2020).
- Castel, J. et al. The TREX-DM experiment at the Canfranc Underground Laboratory. JOURNAL OF PHYSICS (CONFERENCE SERIES) 1468, 012063 (2020).
- Cebrian, S. Double beta decay experiments at Canfranc Underground Laboratory. PROGRESS IN PARTICLE AND NUCLEAR PHYSICS 114, 103807 (2020).
- 192. Cebrian, S. Cosmogenic Activation in Double Beta Decay Experiments. UNIVERSE 6, 162 (2020).
- 193. Cebrián, S. Small scale direct dark matter search experiments. JOURNAL OF PHYSICS (CONFERENCE SERIES) 1468, 012033 (2020).
- Colantoni, I. et al. BULLKID: BULky and Low-Threshold Kinetic Inductance Detectors. JOURNAL OF LOW TEMPERATURE PHYSICS 199, 593 (2020).
- 195. Cortes, J. L. y Gamboa, J. Deformed classical-quantum mechanics transition. PHYSICAL REVIEW D 102, 036015 (2020).
- Di Luzio, L., Fedele, M., Giannotti, M., Mescia, F. y Nardi, E. Solar Axions Cannot Explain the XENON1T Excess. PHYSICAL REVIEW LETTERS 125, 131804 (2020).
- 197. Di Luzio, L., Giannotti, M., Nardi, E. y Visinelli, L. The landscape of QCD axion models. *PHYSICS REPORTS-REVIEW SECTION OF PHYSICS LETTERS* 870, 1-117 (2020).
- 198. Dompe, V. et al. Perspectives of lowering CUORE thresholds with Optimum Trigger. JOURNAL OF PHYSICS (CONFERENCE SERIES) 1643, 012020 (2020).
- Eggemeier, B., Redondo, J., Dolag, K., Niemeyer, J. C. y Vaquero, A. First Simulations of Axion Minicluster Halos. PHYSICAL REVIEW LETTERS 125, 041301 (2020).
- 200. Fernandes, A. F. M. *et al.* Low-diffusion Xe-He gas mixtures for rare-event detection: electroluminescence yield. *JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS* **4**, 034 (2020).
- Galan, J. et al. Topological background discrimination in the PandaX-III neutrinoless double beta decay experiment. JOURNAL OF PHYSICS G-NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS 47, 045108 (2020).
- 202. Ghosh, S. et al. Dependence of polytetrafluoroethylene reflectance on thickness at visible and ultraviolet wavelengths in air. JOURNAL OF INSTRUMENTATION 15, P11031 (2020).
- 203. Guarini, E., Carenza, P., Galan, J., Giannotti, M. y Mirizzi, A. Production of axionlike particles from photon conversions in large-scale solar magnetic fields. *PHYSICAL REVIEW D* **102**, 123024 (2020).
- 204. Hartley, W. G. y Collaboration, D. The impact of spectroscopic incompleteness in direct calibration of redshift distributions for weak lensing surveys. MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY 496, 4769 (2020).
- Horesh, A. et al. A Non-equipartition Shock Wave Traveling in a Dense Circumstellar Environment around SN 2020oi. ASTROPHYSICAL JOURNAL 903, 132 (2020).
- 206. Lidman, C. y Collaboration, D. OzDES multi-object fibre spectroscopy for the Dark Energy Survey: results and second data release. MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY 496, 19 (2020).
- 207. Lucente, G., Carenza, P., Fischer, T., Giannotti, M. y Mirizzi, A. Heavy axion-like particles and core-collapse supernovae: constraints and impact on the explosion mechanism. *JOURNAL OF COSMOLOGY AND ASTROPARTICLE PHYSICS* **12**, 008 (2020).
- Lundqvist, P. et al. The Deepest Radio Observations of Nearby SNe Ia: Constraining Progenitor Types and Optimizing Future Surveys. ASTROPHYSICAL JOURNAL 890, 159 (2020).

- 209. Moriczi, M. et al. Predictors of Response to Exclusive Enteral Nutrition in Newly Diagnosed Crohn's Disease in Children: PRESENCE Study from SEGHNP. NUTRIENTS 12, 1012 (2020).
- 210. Pagnanini, L. et al. Results on  $^{82}$ Se  $2\nu\beta\beta$  with CUPID-0 Phase I. JOURNAL OF PHYSICS (CONFERENCE SERIES) 1643, 012025 (2020).
- Rogers, L. et al. Mitigation of backgrounds from cosmogenic 137Xe in xenon gas experiments using 3He neutron capture. JOURNAL OF PHYSICS G-NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS 47, 075001 (2020).
- 212. Shi, F. *et al.* HIR4: cosmological signatures imprinted on the cross-correlation between a 21-cm map and galaxy clustering. *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY* **499**, 4613 (2020).
- Smith, M. et al. First Cosmology Results using Supernovae Ia from the Dark Energy Survey: Survey Overview, Performance, and Supernova Spectroscopy. ASTRONOMICAL JOURNAL 160, 267 (2020).
- Straniero, O. et al. The RGB tip of galactic globular clusters and the revision of the axion-electron coupling bound. ASTRONOMY & ASTROPHYSICS 644, A166 (2020).
- 215. Visinelli, L. y Redondo, J. Axion miniclusters in modified cosmological histories. PHYSICAL REVIEW D 101, 023008 (2020).
- Woodruff, K. et al. Radio frequency and DC high voltage breakdown of high pressure helium, argon, and xenon. JOURNAL OF INSTRU-MENTATION 15, P04022 (2020).
- Yu, Z. et al. Quasar Accretion Disk Sizes from Continuum Reverberation Mapping in the DES Standard-star Fields. ASTROPHYSICAL JOURNAL SUPPLEMENT SERIES 246, 16 (2020).
- Abbott, T. M. C. y Collaboration, D. Cosmological Constraints from Multiple Probes in the Dark Energy Survey. PHYSICAL REVIEW LETTERS 122, 171301 (2019).
- 219. Abbott, T. M. C. *et al.* First Cosmology Results using Type Ia Supernovae from the Dark Energy Survey: Constraints on Cosmological Parameters. *ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS* **872**, L30 (2019).
- Adams, D. Q. et al. CUORE: The first bolometric experiment at the ton scale for rare decay searches. NUCLEAR INSTRUMENTS &
  METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A 936, 158 (2019).
- 221. Alda, J., Guasch, J. y Penaranda, S. Some results on lepton flavour universality violation. *EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C* 79, 588 (2019).
- 222. Alduino, C. et al. Double-beta decay of Xe with CUORE-0. EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C 79 (2019).
- 223. Alonso, J. L. y Carmona, J. M. Before spacetime: a proposal of a framework for multiverse quantum cosmology based on three cosmological conjectures. *CLASSICAL AND QUANTUM GRAVITY* **36**, 185001 (2019).
- 224. Amare, J. et al. Analysis of backgrounds for the ANAIS-112 dark matter experiment. EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C 79, 412 (2019).
- 225. Amare, J. et al. First Results on Dark Matter Annual Modulation from the ANAIS-112 Experiment. PHYSICAL REVIEW LETTERS 123, 031301 (2019).
- 226. Amare, J. et al. Performance of ANAIS-112 experiment after the first year of data taking. EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C 79, 228 (2019).
- 227. Anastassopoulos, V. *et al.* Improved search for solar chameleons with a GridPix detector at CAST. *JOURNAL OF COSMOLOGY AND ASTROPARTICLE PHYSICS* **1,** 032 (2019).
- Angus, C. R. y Collaboration, D. Superluminous supernovae from the Dark Energy Survey. MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY 487, 2215 (2019).
- 229. Armengaud, E. *et al.* Physics potential of the International Axion Observatory (IAXO). *JOURNAL OF COSMOLOGY AND ASTROPAR-TICLE PHYSICS* **6**, 047 (2019).
- Asorey, M. A concise introduction to quantum field theory. INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOMETRIC METHODS IN MODERN PHYSICS 16, 1940005 (2019).
- Asorey, M., Facchi, P. y Marmo, G. Topological Order, Mixed States and Open Systems. OPEN SYSTEMS & INFORMATION DYNAMICS 26, 1950012 (2019).
- 232. Azcoiti, V. Interplay between SU(Nf) chiral symmetry, U(1)A axial anomaly, and massless bosons. *PHYSICAL REVIEW D* **100**, 074511 (2019).

- 233. Azzolini, O. et al. Background model of the CUPID-0 experiment. EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C 79, 583 (2019).
- Azzolini, O. et al. CUPID-0, challenges and achievements in the struggle of 0-background double-beta decay experiments. NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A 936, 519 (2019).
- Azzolini, O. et al. Evidence of Single State Dominance in the Two-Neutrino Double-β Decay of 82Se with CUPID-0. PHYSICAL REVIEW LETTERS 123, 262501 (2019).
- 236. Azzolini, O. *et al.* Final Result of CUPID-0 Phase-I in the Search for the 82Se Neutrinoless Double-β Decay. *PHYSICAL REVIEW LETTERS* **123**, 032501 (2019).
- Azzolini, O. et al. First search for Lorentz violation in double beta decay with scintillating calorimeters. PHYSICAL REVIEW D 100, 092002 (2019).
- 238. Ballesteros, G., Redondo, J., Ringwald, A. y Tamarit, C. Several Problems in Particle Physics and Cosmology Solved in One SMASH. *FRONTIERS IN ASTRONOMY AND SPACE SCIENCES* **6**, 55 (2019).
- 239. Bellini, F. et al. Result on the Neutrinoless Double Beta Decay Search of 82Se with the CUPID-0 Experiment. UNIVERSE 5, 2 (2019).
- Blair, B. et al. Gaussian mixture models as automated particle classifiers for fast neutron detectors. STATISTICAL ANALYSIS AND DATA MINING 12, 479 (2019).
- Brout, D., Zhang, Y. y Collaboration, D. First Cosmology Results Using SNe Ia from the Dark Energy Survey: Analysis, Systematic Uncertainties, and Validation. ASTROPHYSICAL JOURNAL 874, 150 (2019).
- 242. Caminata, A. et al. Results from the Cuore Experiment. UNIVERSE 5, 10 (2019).
- Campani, A. et al. Results from the CUORE experiment. NUOVO CIMENTO C-COLLOQUIA AND COMMUNICATIONS IN PHYSICS 42, 177 (2019).
- 244. Carenza, P. *et al.* Improved axion emissivity from a supernova via nucleon-nucleon bremsstrahlung. *JOURNAL OF COSMOLOGY AND ASTROPARTICLE PHYSICS* **10**, 016 (2019).
- Cariñena, J. F., Clemente-Gallardo, J., Jover-Galtier, J. A. y Lucas, J. Application of Lie Systems to Quantum Mechanics: Superposition Rules. SPRINGER PROCEEDINGS IN PHYSICS 229, 85-119 (2019).
- Carmona, J. M., Cortes, J. L. y Relancio, J. J. Relativistic deformed kinematics from momentum space geometry. *PHYSICAL REVIEW D* 100, 104031 (2019).
- Carmona, J. M., Cortes, J. L. y Relancio, J. J. Spacetime and Deformations of Special Relativistic Kinematics. SYMMETRY-BASEL 11, 1401 (2019).
- Carmona, J. M., Cortes, J. L., Relancio, J. J. y Reyes, M. A. Lorentz Violation Footprints in the Spectrum of High-Energy Cosmic Neutrinos-Deformation of the Spectrum of Superluminal Neutrinos from Electron-Positron Pair Production in Vacuum. SYMMETRY-BASEL 11, 1419 (2019).
- 249. Casali, N. *et al.* Phonon and light read out of a Li2MoO4 crystal with multiplexed kinetic inductance detectors. *EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C* **79**, 724 (2019).
- Casali, N. et al. Status of the CALDER project: Cryogenic light detectors for background suppression. NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A 936, 166 (2019).
- 251. Castel, J. et al. Background assessment for the TREX dark matter experiment. EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C 79, 782 (2019).
- 252. Castel, J. et al. Status of low mass WIMP detector TREX-DM. JOURNAL OF PHYSICS (CONFERENCE SERIES) 1312, 012010 (2019).
- 253. Chiesa, D. Results from the CUORE experiment. JOURNAL OF PHYSICS (CONFERENCE SERIES) 1137, 012052 (2019).
- 254. Clemente-Gallardoa, J., Ferrer, A., Iniguez, D., Riveroa A. EVIEWSiza, G. y Tarancon, A. Do researchers collaborate in a similar way to publish and to develop projects? *JOURNAL OF INFORMETRICS* **13**, 64 (2019).
- Coarasa, I. et al. ANAIS-112 sensitivity in the search for dark matter annual modulation. EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C 79, 233
  (2019).
- 256. Cuendis, S. A. *et al.* First results on the search for chameleons with the KWISP detector at CAST. *PHYSICS OF THE DARK UNIVERSE* **26,** 100367 (2019).
- 257. Dafni, T. et al. Weighing the solar axion. PHYSICAL REVIEW D 99, 035037 (2019).

- 258. Diaz, P. y Rosabal, J. A. Spontaneous symmetry breaking in tensor theories. JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS 1, 094 (2019).
- Ferrario, P. et al. Demonstration of the event identification capabilities of the NEXT-White detector. JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS 10, 052 (2019).
- 260. Galan, J. et al. The utility of multiparametric flow cytometry in the detection of primary effusion lymphoma (PEL). CYTOMETRY PART B-CLINICAL CYTOMETRY 96, 375 (2019).
- Geppert-Kleinrath, V. et al. Fission fragment angular anisotropy in neutron-induced fission of 235U measured with a time projection chamber. PHYSICAL REVIEW C 99, 064619 (2019).
- 262. Henriques, C. A. O. et al. Electroluminescence TPCs at the thermal diffusion limit. JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS 1, 027 (2019).
- Henriques, F. et al. Phonon traps reduce the quasiparticle density in superconducting circuits. APPLIED PHYSICS LETTERS 115, 212601 (2019).
- 264. Hong, J. et al. SmallSat Solar Axion and Activity X-ray Imager (SSAXI). PROCEEDINGS SPIE 11118, 1111810 (2019).
- Hoormann, J. K. y Collaboration, D. C IV black hole mass measurements with the Australian Dark Energy Survey (OzDES). MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY 487, 3650 (2019).
- 266. Husemann, B. et al. The Close AGN Reference Survey (CARS) A massive multi-phase outflow impacting the edge-on galaxy HE 1353-1917. ASTRONOMY & ASTROPHYSICS 627, A53 (2019).
- Kaplan, A. D. et al. A neutron-gamma pulse shape discrimination method based on pure and mixed sources. NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A 919, 36 (2019).
- Kessler, R., Thomas, D., Walker, A. R., Zhang, Y. y Collaboration, D. First cosmology results using Type Ia supernova from the Dark Energy Survey: simulations to correct supernova distance biases. MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY 485, 1171 (2019).
- Knirck, S. et al. A first look on 3D effects in open axion haloscopes. JOURNAL OF COSMOLOGY AND ASTROPARTICLE PHYSICS 8, 026 (2019).
- 270. Macaulay, E., Wiseman, P. y Collaboration, D. First cosmological results using Type Ia supernovae from the Dark Energy Survey: measurement of the Hubble constant. *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY* **486**, 2184 (2019).
- 271. Martinez, M. *et al.* Measurements and Simulations of Athermal Phonon Transmission from Silicon Absorbers to Aluminum Sensors. *PHYSICAL REVIEW APPLIED* **11**, 064025 (2019).
- 272. McDonald, A. D. *et al.* Electron drift and longitudinal diffusion in high pressure xenon-helium gas mixtures. *JOURNAL OF INSTRUMEN-TATION* **14**, P08009 (2019).
- 273. Moggi, N. et al. Results from the CUORE experiment. NUOVO CIMENTO C-COLLOQUIA AND COMMUNICATIONS IN PHYSICS 42, 77 (2019)
- Novella, P. et al. Radiogenic backgrounds in the NEXT double beta decay experiment. JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS 10, 051 (2019).
- Orosz, G. et al. Rapidly evolving episodic outflow in IRAS 18113-2503: clues to the ejection mechanism of the fastest water fountain.
   MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY 482, L40 (2019).
- 276. Renner, J. et al. Energy calibration of the NEXT-White detector with 1 % resolution near Qββ of 136Xe. JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS 10, 230 (2019).
- 277. Straniero, O., Dominguez, I., Piersanti, L., Giannotti, M. y Mirizzi, A. The Initial Mass-Final Luminosity Relation of Type II Supernova Progenitors: Hints of New Physics? *ASTROPHYSICAL JOURNAL* **881**, 158 (2019).
- 278. Vaquero, A., Redondo, J. y Stadler, J. Early seeds of axion miniclusters. *JOURNAL OF COSMOLOGY AND ASTROPARTICLE PHYSICS* **4,** 012 (2019).

# Informe de alegaciones a la ACPUA

Con fecha de 29 de enero de 2025, se recibe el informe de evaluación de la Agencia de Calidad y Prospectiva Universitaria de Aragón (ACPUA) sobre la creación del Instituto Universitario de Investigación (IUI) Centro de Astropartículas y Altas Energías (CAPA). El informe es favorable, aunque se requiere información adicional y se propone la implementación de varias mejoras a la memoria de creación. En respuesta a estas recomendaciones, se han modificado diversos puntos de la misma. La nueva versión se envía adjunta a este informe, marcados en azul los textos que han sido modificados, para su fácil identificación (excepto el capítulo 9 que es nuevo en su totalidad). A continuación, enumeramos las cuestiones señaladas por los evaluadores y las abordamos, haciendo referencia a los puntos de la memoria que han sido modificados, cuando corresponda. Cuando se hace referencia a los aspectos de mejora (AM) específicos listados en el informe se usa el número de orden usado en el informe (p. ej., AM-1, para el primer Aspecto de Mejora listado) o la letra y número, en el caso de los aspectos listados dentro de una directriz específica (p. ej., AM-A1 para el primer Aspecto de Mejora listado dentro de la directriz A)

## 1 | Planificación estratégica en el medio plazo

En el informe de evaluación se recomienda (AM-2, AM-4, AM-A5) presentar información detallada sobre la planificación a medio plazo (5 años), tanto en términos científicos como económicos, incluyendo objetivos (AM-B1), actividades, indicadores (AM-C3) y un cronograma (AM-C4, AM-C5). En este sentido, cabe señalar que, según la normativa de los institutos de investigación de la Universidad de Zaragoza, dicho plan estratégico debe ser presentado periódicamente por los institutos (aunque no por los centros). De hecho, es común que la constitución del instituto preceda a la elaboración de su primer plan estratégico<sup>1</sup>.

Hasta la fecha en el CAPA, como centro, no se ha realizado este tipo de planificación de manera formal. No obstante, en anticipación de la constitución del instituto, durante los últimos meses se ha iniciado desde la dirección el proceso para establecer un plan estratégico. Desafortunadamente, en estos momentos no se cuenta todavía con un documento con el nivel de detalle (cronograma, indicadores) indicado en el informe de evaluación. Sin embargo, con el fin de responder, en la medida de lo posible, a las recomendaciones de mejora en este aspecto, se ha incluido un nuevo capítulo en la memoria (capítulo 9, pág. 63) titulado "Definición estratégica" que aunque no constituye un plan estratégico completo, si ofrece directrices generales que guiarán la elaboración del mismo en los primeros meses de existencia del instituto. Incidentalmente, el material incluido en esta sección se está elaborando también como parte de una solicitud del CAPA a la convocatoria de María de Maeztu, actualmente en preparación.

El material incluido en el capítulo 9 incluye un análisis de los retos más importantes a los que se enfrentará el nuevo instituto (basado éste en el análisis DAFO presentado en el capítulo 3, pág. 26) y de una justificación de la estrategia elegida para abordarlos. Se identifican una serie de líneas prioritarias en las que el CAPA ya es reconocido internacionalmente, con el objeto de mantener y reforzar su liderazgo en ellas. Posteriormente se identifican varios aspectos que constituyen áreas emergentes y/o sinérgicas que podrían evolucionar en el futuro a nuevas líneas de investigación o redirección de las actuales, y se planean acciones para su exploración. Finalmente se plantea el objetivo de creación y consolidación de la unidad tecnológica del CAPA, con sus objetivos propios y actuaciones transversales.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Como ejemplo, se pueden mencionar los dos últimos institutos creados en la UZ: el IPH en 2019 (memoria de creación y plan estratégico) y el IEDIS en 2020 (memoria de creación y plan estratégico)

#### 2 | Informe económico con previsión a cinco años

Los evaluadores recomiendan (AM-F3) extender la previsión de gastos incluida en la memoria económica a 5 años, pues en ésta solo se incluía 2026. En respuesta a esta recomendación se ha modificado y ampliado la sección de viabilidad económica de la memoria (sección 8.3, pág. 59) para incluir un ejercicio de proyección económica que recoge y expande el realizado en la memoria económica que se envió de manera separada anteriormente. De esta forma, en esta nueva sección relativa a la viabilidad económica se hace una previsión económica tanto de ingresos como de gastos directos e indirectos.

En cuanto a los ingresos, se ha utilizado la evolución de la financiación del CAPA en el quinquenio 2019-2023 para realizar dichas proyecciones. Además se ha incorporado un nuevo ejercicio para visualizar y proyectar la viabilidad económica del futuro Instituto basado en la financiación obtenida por proyectos de forma anual y no quinquenal, repartiendo la cuantía total de cada proyecto entre los años de vigencia del mismo de manera proporcional. Esto puede dar una idea más realista de los fondos gestionados por el CAPA en un año concreto, y hacer previsiones más realistas para los años siguientes. A tal efecto se ha añadido una nueva gráfica, en la figura 8.3, pág. 59, sobre la financiación anual disponible entre los años 2019-2023, que resulta interesante como base de las proyecciones af futuro. Siguiendo esta nueva metodología se han contemplado dos escenarios económicos, uno más conservador y otro más optimista, prediciendo en cada uno de ellos la futura financiación del Instituto en los años venideros, aunque se asuma la incertidumbre derivada del hecho de que la gran parte del presupuesto del instituto vendrá de financiación finalista de proyectos a solicitar en el futuro.

El análisis desde este nuevo punto de vista también ayuda a responder otra de las recomendaciones (AM-C2) a favor de incluir un análisis crítico de la evolución de la productividad científica y su impacto en el periodo presentado en la memoria. Dicho análisis se ha incluido en la sección 8.3, pág. 59, cuando se comenta el citado gráfico.

También se recomienda (AM-F5) desagregar el presupuesto en categorías de recursos materiales, personal e infraestructura. Dicha desagregación es incierta para el presupuesto futuro por la misma razón aducida arriba. Aún así, se ha incorporado en la sección 8.3 una proyección en que se desglosan los gastos directos previstos para el quinquenio (tabla 8.4, pág. 62), a partir de los proyectos del CAPA en los últimos años.

Finalmente se ha solucionado la incoherencia entre las cifras totales mostradas en el cuerpo de la memoria y en la memoria económica, tal y como se solicitaba (AM-F6). Dicha incoherencia provenía de varios errores en ambos documentos. La memoria económica contenía una línea errónea en la lista de proyectos a sumar, mientras de la memoria de creación tenía varios proyectos listados en el anexo sin la cifra de financiación correctamente actualizada. Ahora la tabla 8.1, pág. 57, es la definitiva con la cifra total correcta. Asimismo, el anexo C recoge todos los proyectos que se han usado para dicha suma. Nótese, sin embargo, que hay algunos proyectos listados que no se han incluido en la suma, ya sea porque su fecha de comienzo es en 2024 o porque no han generado una financiación gestionada desde el CAPA (como es el caso de alguna acción de networking como COST). En estos casos se ha indicado en el propio anexo.

## 3 | Actividades alineadas con transferencia tecnológica

Varias de las recomendaciones del informe se refieren a aspectos de transferencia tecnológica. En particular, se menciona la inclusión de una planificación a cinco años que recoja las actividades alineadas con la transferencia tecnológica y el fomento de las relaciones con el mundo empresarial (AM-3, AM-C1), el aumento a la concurrencia

a fondos europeos asociados, como p. ej. la convocatoria Pathfinder (AM-F1), o la implementación de un programa de tecnólogos (AM-5, AM-D1). A excepción de la planificación a cinco años (para el que, al igual que con el plan estratégico comentado arriba, no se dispone de material suficientemente definido todavía), los tres aspectos se encuentran ahora contemplados en la sección estratégica añadida a la memoria (capítulo 9, pág. 63). En esta se incluye, como uno de los objetivos más importantes del futuro CAPA instituto, la creación de la unidad tecnológica del CAPA. Como parte de la misma se contemplan varias actuaciones, que se alinean con las recomendaciones mencionadas.

#### 4 | Infraestructuras futuras

Siguiendo la recomendación (AM-6, AM-F4) se ha añadido al anexo H que describe la infraestructura científica del CAPA, una sección con la infraestructura futura prevista, sección H.9, pág. 176. Referencias a dicha infraestructura, y su justificación, se pueden también encontrar en los capítulos 8 y 9.

## 5 | Más detalles sobre las ventajas concretas, sinergias e impacto del nuevo instituto

Los evaluadores requieren más información sobre ventajas concretas que reportaría la creación del instituto, frente al actual centro (AM-1, AM-A1), las posibles sinergias resultantes en el ámbito nacional e internacional (AM-A2) y el interés de los resultados del nuevo instituto, y su impacto potencial, en el desarrollo tecnológico de Aragón (AM-A3).

Para responder a estas recomendaciones se ha extendido el capítulo 3, con una nueva sección "Impacto", sección 3.5, pág. 25, que desarrolla los aspectos positivos atribuibles a la creación del nuevo instituto, también en términos como ventajas, sinergias o impacto. Con esta sección se completa el análisis del capítulo, que reúne las motivaciones y justificaciones para la creación del instituto CAPA.

Por otro lado, también en el capítulo 3, la descripción del contexto internacional se ha completado con información más específica que realiza comparación con competidores nacionales e internacionales, haciendo mención explícita de la relación de la investigación del CAPA con grupos internacionales de investigación específicos, tal y como se sugiere por los evaluadores (AM-A4).

#### 6 | Líneas de investigación

Los evaluadores aprecian que el número de líneas presentado puede ser algo elevado (AM-D2, AM-A6) y abogan por una focalización de recursos en pos de un mayor rol de liderazgo. En este sentido, debemos comentar que el listado de líneas o áreas temáticas listadas en las sección 5 da cuenta de la amplitud de temáticas en las que el CAPA posee trayectoria y experiencia, pero no representan todas ellas áreas prioritarias o en las que actualmente el CAPA posea una actividad especialmente importante (con liderazgo internacional). A este respecto, consideramos que el plan estratégico avanzado en el capítulo 9, identificando solo cinco áreas con probado liderazgo, satisface la recomendación citada. Las directrices incluidas en dicho capítulo, también se alinean con la recomendación (AM-A5), donde se pide identificar aquéllas líneas de investigación en las que pueda tener una mayor capacidad de liderazgo internacional. Finalmente, se solicita (AM-D1) incluir las líneas de investigación en la que cada investigador participa. Esta información se ha añadido a la tabla del anexo B, pág. 91, de investigadores proponentes.

## 7 | Más información organizativa

En el capítulo 7 sobre la estructura, se ha añadido información organizativa adicional según las recomendaciones de los evaluadores. Se ha añadido un organigrama, figura 7.1, pág. 54, que ilustre la explicación de la estructura del instituto (AM-E1). Asimismo, aunque el reglamento del instituto deja libertad para definir el número de subdirectores que se juzgue pertinente, se adelanta una propuesta de relación de subdirectores y competencias, tal y como se recomienda (AM-E2). Dicha relación incluye tres subdirectores, dos con competencias científicas sobre las áreas teórica y experimental respectivamente, y el tercero sobre la nueva unidad tecnológica. Finalmente, se adopta la sugerencia (AM-E4) de creación de comisiones internas. Sin menoscabo de que en el futuro se creen otras, se proponen las siguientes (de hecho las dos primeras ya existen en el CAPA actual):

- Comisión de divulgación (outreach)
- Comisión de igualdad de género y diversidad
- Comisión de estudiantes
- Comisión de reclutamiento y convocatorias
- Comisión de organización de seminarios

Por último, se nos pide (AM-F2) hacer una previsión de las actividades asignadas al nuevo administrativo. Dicha información se incluye en la sección de viabilidad económica 8.3, párg. 59, que es donde se menciona que la Universidad asignará un administrativo al nuevo instituto.

## 8 | Neutralidad de género en el reglamento

Tal y como se propone (AM-E3), se ha reescrito la propuesta de reglamento de instituto (anexo A) teniendo en cuenta la neutralidad de género en el texto.

En resumen, atendiendo a las sugerencias de mejora solicitados se ha cambiado sustancialmente los capítulos 3, 7 y 8 y se ha añadido un nuevo capítulo, el 9. Asimismo se han modificado los anexos A, B, C y H.