



Plan de Actuación 2010-2013

**Área de Ciencias y
Tecnologías Físicas**

NOTA: Por favor, en caso de requerir información adicional sobre el contenido concreto del Plan Estratégico de algún Centro o Instituto del área 5 en particular, por favor solicítela a través de esta dirección de correo electrónico: pe2010-13@csic.es. Gracias

ÍNDICE

1	Información General	4
2	Análisis Crítico de Área	17
3	Análisis del PE 2006-2009 del Área	29
4	Objetivos 2010-2013	31
5	Estrategias para conseguir los objetivos propuestos	41
6	Desarrollo de las estrategias (acciones previstas)	42
7	Asignación de recursos	46
8	Indicadores de seguimiento	48

5 Área de Ciencias y Tecnologías Físicas

Información General

Descripción del área

el Área de Ciencias y Tecnologías Físicas engloba más de 20 centros e institutos en los que trabajan en investigación básica y aplicada cerca de 2000 personas, incluyendo unos 500 investigadores en plantilla.

El ámbito de investigación cubre desde el estudio de los componentes elementales de la materia hasta el de las galaxias más lejanas, desde la nanociencia y la microelectrónica hasta los sensores y la robótica, o desde la física atómica y molecular y la óptica hasta los sistemas complejos y la física estadística, así como las matemáticas y las ciencias y tecnologías de la computación. Una buena parte de la investigación se realiza en un ámbito interdisciplinar, en la frontera con otras áreas del CSIC, desde la aplicación de sensores en proyectos en recursos naturales, o de detectores y métodos para biomedicina, al desarrollo de nuevos materiales y técnicas de detección.

La producción científica anual supera las 1500 publicaciones en revistas ISI, a las que hay que añadir otras 500 contribuciones, en el mismo periodo, a otras revistas, actas de congresos y capítulos de libro. Los investigadores del área han desarrollado en los últimos cuatro años cerca de 400 proyectos y otras acciones de investigación, con una duración típica de entre uno y tres años, y con un presupuesto de ejecución cercano a los 60 millones de euros, de los que el 80% son de financiación externa. Además se presentan un promedio cercano a 80 tesis doctorales anuales bajo la dirección de un investigador de uno de estos institutos.

Misión y visión

Misión

El Área de Ciencia y Tecnologías Físicas del CSIC tiene como misión principal contribuir al avance de la Ciencia abordando nuevos retos tanto desde el enfoque básico que proporcionan los modelos y teorías en Física y Matemáticas, como desde la perspectiva experimental y tecnológica en la que se complementan con las Ingenierías.

Visión

La visión del área es la de una red de centros con una orientación bien definida y con líneas de investigación punteras a escala nacional, y muy

relevantes a nivel internacional, que cubren desde la investigación básica a la aplicación tecnológica. Con el apoyo de instalaciones científicas, laboratorios experimentales y centros de computación, y la capacidad de complementarse para abordar retos científicos globales en la propia área o para participar en proyectos multidisciplinarios. Y capaces de atraer científicos y técnicos de alto nivel internacional y proporcionarles un marco idóneo para abordar los retos científicos del siglo XXI en los que la Física, las Matemáticas y las Ingenierías van a seguir desempeñando un papel relevante.

La coordinación de área tiene como objetivo apoyar estas iniciativas considerando los recursos adecuados para ello, y promoviendo la relación entre los centros para mejorar su potencial y visibilidad. Además debe fomentar la actividad de los centros en formación, transferencia de tecnología y divulgación, y su adecuada internacionalización.

Institutos y Centros que componen el Área

El mapa siguiente muestra la distribución de los institutos y las correspondientes unidades asociadas. La tabla detalla dichos institutos, así como su ámbito temático (descrito más adelante).



Información General

INSTITUTOS DEL CSIC EN EL ÁREA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS FÍSICAS					
CAB	Centro de Astrobiología (Mixto INTA) – Madrid	ASTRO	IMB	Instituto de Microelectrónica de Barcelona	NANO MICRO
IAA	Instituto de Astrofísica de Andalucía Granada	ASTRO	IMM	Instituto de Microelectrónica de Madrid	NANO
ICE	Instituto de Ciencias del Espacio (Mixto IECC) – Barcelona	ASTRO	IMSE	Instituto de Microelectrónica de Sevilla	MICRO
ICMAT	Instituto de Ciencias Matemáticas (Mixto UAM-UC3-UCM) - Madrid	MATH	IO	Instituto de Óptica – Madrid	OPT NANO
IEM	Instituto de Estructura de la Materia Madrid	MOL FPAN QFISES OPT ASTRO NANO	IRI	Instituto de Robótica e Informática Industrial (Mixto UPC) – Barcelona	TEC ICT
IFCA	Instituto de Física de Cantabria (Mixto UC) - Santander	ASTRO FPAN ICT QFISES	LITEC	Laboratorio de Investigación en Tecnologías de la Combustión (Mixto UZ, DGA) – Zaragoza	TEC
IFIC	Instituto de Física Corpuscular (Mixto UV) - Valencia	FPAN	CAR	Centro de Automática y Robótica (Mixto UPM) – Madrid	TEC ICT
IFISC	Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos (Mixto UIB) – Palma de Mallorca	QFISES OPT	CAA-END	Centro de Acústica Aplicada y Evaluación No Destructiva (Mixto UPM) – Madrid	TEC
IFT	Instituto de Física Teórica (Mixto UAM) - Madrid	FPAN QFISES	IA	Instituto de Acústica Madrid	TEC
IIIA	Instituto de Inteligencia Artificial Barcelona	ICT	IFA	Instituto de Física Aplicada Madrid	TEC OPT ICT
IFF	Instituto de Física Fundamental Madrid	MOL QFISES	IAI	Instituto de Automática Industrial- Madrid	TEC ICT

Además tres institutos del campus de Serrano, IEM, IFF e IO, comparten un centro de servicios, el **Centro de Física Miguel Antonio Catalán, CFMAC**.

Asimismo recordar que tres institutos del área, IMB, IMM e IMS, se agrupan virtualmente en el **Centro Nacional de Microelectrónica**.

En el momento de elaborar este Plan de Actuación los tres institutos del Centro de Tecnologías Físicas Leonardo Torres Quevedo (CETEF) se encontraban en proceso de reestructuración, con el objetivo de crear dos nuevos institutos mixtos con la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) que se ubicarán en un nuevo centro en el campus de Alcobendas.

Siglas	Institutos del Área en reestructuración	Localización	Tipo
IA	Instituto de Acústica	Madrid	Propio
IAI	Instituto de Automática Industrial	Madrid	Propio
IFA	Instituto de Física Aplicada	Madrid	Propio

Siglas	Institutos del Área en creación	Localización	Tipo
CAR	Automática y Robótica	Madrid	Mixto CSIC-UPM
CAA-END	Acústica Aplicada y Evaluación No Destructiva	Madrid	Mixto CSIC-UPM

Indicar también que en la elaboración del presente plan estratégico se ha considerado oportuno a la vista de la propuesta del propio instituto y con el asesoramiento del Panel Internacional de Expertos, **la reasignación de uno de los institutos del área, el Observatorio del Ebro, al área de Recursos Naturales.**

Por último indicar que el área tiene una relación directa con varias Unidades Horizontales y con varias ICTS (Instalaciones Científico-Técnicas Singulares) en las que participa el CSIC:

Siglas	Instalaciones	Localización	Tipo
SB-CNM	Sala Blanca del Centro Nacional de Microelectrónica	Barcelona	ICTS UUHH CSIC
CAHA	Centro Astronómico Hispano Alemán (Calar Alto)	Madrid	ICTS Mixto CSIC-MPG
CNA	Centro Nacional de Aceleradores	Sevilla	ICTS Mixto CSIC-US-JA

Líneas de Investigación

Las líneas de investigación desarrolladas en los institutos se pueden agrupar en los siguientes ámbitos temáticos, que se detallan seguidamente:

- ASTROFISICA Y CIENCIAS DEL ESPACIO (**ASTRO**)
- FISICA DE PARTICULAS, ASTROPARTICULAS Y FISICA NUCLEAR (**FPAN**)
- FISICA ATOMICA Y MOLECULAR (**MOL**)
- OPTICA (**OPT**)
- SISTEMAS COMPLEJOS Y FISICA ESTADISTICA (**QFISES**)
- MATEMÁTICAS (**MATH**)
- TECNOLOGIAS FISICAS (**TEC**)
- NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGIA (**NANO**)
- MICRO Y NANO SISTEMAS INTEGRADOS (**MICRO**)
- CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DE LA COMPUTACIÓN (**ICT**)

1) ASTROFISICA Y CIENCIAS DEL ESPACIO (ASTRO)

El CSIC dispone de cuatro institutos en los que se realiza investigación en Astrofísica: el CAB, el ICE, el IFCA y el IAA (que coge gestión junto con el Max Planck

Información General

Institut fuer Astronomie de Heidelberg una ICTS relevante, el Observatorio Hispano Alemán de Calar Alto-CAHA). Los investigadores de estos centros promueven la investigación científica de excelencia, abordando las cuestiones clave sobre el conocimiento del Universo:

- ¿Cuáles son las condiciones para la formación de planetas y para que surja la vida?,
- ¿Cómo funciona el Sistema Solar?
- ¿Cómo se formaron y cómo evolucionan las estrellas y las galaxias?
- ¿Cuáles son las leyes físicas que gobiernan el Universo?
- ¿Cómo se originó el Universo y de que está hecho?

Para ello los astrofísicos del CSIC analizan todos los objetos astronómicos, desde el Sol a la estructura global del Universo, con la utilización de telescopios en tierra y en el espacio, mediante la observación en todos los rangos del espectro electromagnético, llegando hasta las astropartículas y las ondas gravitacionales. Su actividad abarca desde el desarrollo de infraestructuras y de tecnologías para la observación astronómica, a la elaboración de modelos teóricos, y se estructura en las casi 20 líneas de investigación propuestas (ver tabla).

2) FISICA DE PARTICULAS, ASTROPARTICULAS Y FISICA NUCLEAR (FPAN)

El estudio de los constituyentes elementales de la materia y sus interacciones requiere desde la elaboración de modelos teóricos a la realización de experimentos de gran complejidad en laboratorios internacionales, para contestar preguntas como:

- ¿Qué simetrías rigen las leyes de la naturaleza, se pueden unificar las fuerzas?
- ¿Cuál es el origen de la masa de las partículas?
- ¿Cuál es la naturaleza de los neutrinos?
- ¿Qué origen tiene la radiación cósmica?
- ¿Sabemos describir los núcleos menos estables?
- ¿Qué procesos nucleares son más relevantes para entender la evolución estelar?
-

Conjuntamente con la Astrofísica, la respuesta a estas preguntas nos ayuda a formar una imagen global y estructurada de nuestro Universo y su evolución.

La investigación en esta temática en el CSIC se desarrolla en el Instituto de Física Corpuscular, IFIC, en Valencia, el Instituto de Física de Cantabria, IFCA, en Santander, y el Instituto de Física Teórica, IFT, y el Instituto de Estructura de la Materia, IEM, ambos en Madrid.

La ejecución de grandes retos experimentales como los detectores del Large Hadron Collider (LHC) o de la instalación internacional de Física Nuclear (FAIR), o la gran instalación para neutrinos KM3Net, requieren el desarrollo de instrumentación avanzada y el uso de grandes recursos de computación, con el correspondiente impacto tecnológico. Además el nuevo Laboratorio Subterráneo de Canfranc va a permitir en los próximos años a los investigadores del CSIC contar con una instalación nacional de referencia para realizar desarrollo de detectores avanzados que permitan abordar temas como la doble desintegración beta sin emisión de neutrinos.

3) FISICA ATOMICA Y MOLECULAR (MOL)

La actividad del CSIC en Física Atómica y Molecular comprende desde los cálculos y simulaciones de moléculas, agregados y sistemas macromoleculares biológicos, incluyendo escenarios atmosféricos y astrofísicos, hasta el desarrollo de técnicas avanzadas de espectroscopía molecular para el estudio experimental de moléculas en gases y fluidos, moléculas biológicas o detección ultrasensible de moléculas orgánicas en presencia de nano estructuras. También se incluye la física macromolecular, con estudios sobre estructura y dinámica de materia condensada blanda y propiedades físicas a nivel microscópico de polímeros sintéticos.

La actividad en esta temática se concentra en el Instituto de Estructura de la Materia (IEM) y el Instituto de Física Fundamental (IFF), en los que existe gran experiencia acumulada y equipamiento, tanto experimental como de computación, que se puede considerar “state of the art”. En algunos casos (física macromolecular), se acude de forma habitual a instalaciones singulares (sincrotrones y neutrones). La investigación que se realiza va encaminada a avanzar en el conocimiento de la estructura y dinámica de sistemas moleculares de diferente complejidad, a través del estudio de las interacciones inter e intra-especies, así como con radiación (luz en sentido muy amplio) en un extenso rango de longitudes de onda. Conviene aquí recordar que se trata de un área cuyos avances de carácter fundamental han permitido, posteriormente, desarrollos tecnológicos relevantes como el láser.

4) OPTICA (OPT)

La investigación del CSIC en el ámbito de la óptica se desarrolla principalmente en el Instituto de Óptica en Madrid. En su línea de Fotónica, Nanoestructuras y Ciencia Ultrarrápida se estudia el desarrollo de materiales con estructura a escala del nanómetro para construir dispositivos fotónicos con ganancia activa o desarrollar nuevos materiales con efectos no-lineales/plasmónicos, así como la interacción ultrarrápida entre láser y materia con vistas al desarrollo de nuevos dispositivos. Asimismo, se realizan desarrollos teóricos sobre sistemas ópticos no lineales y dispositivos fotónicos y plasmónicos, con aplicaciones a más largo plazo en comunicaciones ópticas, nuevos láseres, metrología de alta precisión, procesamiento de información, almacenamiento de datos, imagen óptica o biosensado, por citar algunos campos. En la línea de Imagen y Visión se aborda por un lado el desarrollo de modelos para el procesamiento de la información visual, y aplicaciones en microscopía, deconvolución, superresolución e imagen en 3D y por otro lado el estudio de los cambios estructurales en nuestros ojos debidos a la miopía o al envejecimiento, usando modelos experimentales de animales, para lograr medir de modo más preciso las aberraciones ópticas en las lentes de la córnea y el cristalino y ver como corregirlas en tiempo real, o diseñar nuevas lentes intraoculares y mejorar su geometría y alineamiento.

Además de la actividad del IO deben citarse los estudios teóricos en óptica no lineal y nanofotónica en el IEM así como la sublínea en Óptica no lineal y dinámica de dispositivos opto-electrónicos del IFISC que estudia la dinámica de láseres de semiconductor aplicable en comunicaciones ópticas y la formación de estructuras espaciales en sistemas ópticos para el procesamiento óptico de información. Por último señalar que también desde el IMM se abordan las múltiples oportunidades científicas existentes en la frontera OPT-NANO.

5) SISTEMAS COMPLEJOS Y FISICA ESTADISTICA (QFISES)

Las líneas de investigación en este apartado tienen un marcado carácter interdisciplinar tanto por los métodos y conceptos empleados, como por el campo de las aplicaciones que se extienden a diversas áreas de la Ciencia y la Tecnología. La Física Estadística y la Física No Lineal tienen una larga tradición en España y están magníficamente representadas en el CSIC por el Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos de Palma de Mallorca, y diversos grupos de investigación pertenecientes al Instituto de Física de Cantabria de Santander, al Instituto de Estructura de la Materia de Madrid y al Instituto de Física Teórica de Madrid. Los temas desarrollados cubren un amplio espectro incluyendo el estudio de propiedades colectivas emergentes en sistemas complejos, sincronización, transiciones de fase fuera de equilibrio, formación de estructuras espacio-temporales, complejidad en redes, caos cuántico, efectos de fluctuaciones, biología de sistemas, etc. El ámbito de aplicación de estos temas

incluye física de la materia condensada, óptica y fotónica, ciencia de materiales, meteorología y cambio climático, biología, geofísica, neurociencia, sociología, etc. En fechas más recientes se han creado en el CSIC dos grupos de investigación dedicados a la Información Cuántica y pertenecientes al Instituto de Física Teórica y al Instituto de Física Fundamental de Madrid, habiendo además una sublínea del IFISC que incluye esta temática. Este campo de trabajo está recibiendo un fuerte impulso a nivel internacional.

6) MATEMÁTICAS (MATH)

La investigación del CSIC en el campo de la matemática se canaliza principalmente a través del Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT) que ofrece tres líneas de investigación propiamente agrupadas dentro de esta temática (Geometría Algebraica y Física Matemática; Geometría Diferencial, Geometría Simpléctica y Mecánica geométrica; Análisis Matemático, Ecuaciones Diferenciales y Aplicaciones). Debe considerarse además su aplicación en otras temáticas así como a desarrollos tecnológicos. En particular la investigación en teoría de campos, en física teórica de altas energías, en materia condensada teórica o en sistemas dinámicos en el contexto de sistemas complejos, agrupadas en otras temáticas, deben también considerarse relacionadas con MATH.

7) TECNOLOGÍAS FÍSICAS (TEC)

El CSIC dispone en la actualidad de cinco Institutos cuyas líneas de investigación están dentro del área de Tecnologías Físicas. Estos institutos son IA, IAI, IFA, LITEC, IRI. Desde 1994 los institutos de la Comunidad de Madrid (IA, IAI, IFA) han estado integrados en el Centro de Tecnologías Físicas (CETEF), centro virtual cuyo propósito ha sido aunar la actividad tecnológica de los mismos. Como ya se ha indicado, este centro se encuentra en proceso de reestructuración, con el objetivo de crear dos nuevos institutos mixtos con la Universidad Politécnica de Madrid (CAR y CAA-END) que se ubicarán en un nuevo centro en el campus de Alcobendas.

En este ámbito temático la investigación más aplicada se centra fundamentalmente en las sub-temáticas de Automática y Control, Robótica y Bioingeniería, con especial interés en sistemas sensoriales y de actuación; en Acústica con dos orientaciones principales: Acústica Ambiental y sistemas ultrasónicos para Evaluación No Destructiva; en Energía y Recursos Energéticos en la que aparecen líneas de investigación más experimentales como mecánica de fluidos y combustión frente a otras más aplicadas como gestión energética y pilas de combustible. Finalmente, otras líneas de investigación

Información General

son Radiación Electromagnética, Metrología y Tecnología de Gases y Superficies, todas mantenidas por grupos adscritos al IFA.

8) NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGIA (NANO)

El CSIC dispone de varios institutos donde se desarrollan líneas de investigación en esta temática, el IMB, el IMM, el IO y el IEM. Además, en la Sala Blanca del IMB se dispone de toda la infraestructura necesaria para caracterización de nanoestructuras y nanofabricación.

Las actividades de esta línea se enmarcan en el estudio y desarrollo de nanoestructuras -semiconductoras, magnéticas, fotónicas y plasmónicas- para aplicaciones varias y la mejora de las técnicas de medida correspondientes. Por una parte, el estudio de nuevos conceptos de optoelectrónica, nanofotónica y la reciente plasmónica, aplicados a la emisión y transporte de luz, permite el desarrollo de nuevos biosensores, nuevas aplicaciones a las tecnologías de la información y a la energía fotovoltaica. A todo esto hay que añadir el desarrollo de instrumentos y metodologías para detectar interacciones en la escala nanométrica que permiten por un lado tener un mayor conocimiento a nivel molecular y por otro, desarrollar dispositivos sensores ultrasensibles.

Las actividades relacionadas con el desarrollo de micro/nano sistemas integrados plantean la utilización de ambas tecnologías –micro/nano- para llegar al desarrollo de sistemas completos (ver línea MICRO). Estas nuevas nanotecnologías para la fabricación de sensores, actuadores y elementos mecánicos – p.ej. litografía de haz de electrones (EBL), litografía por nanoimpresión (NIL)- son objeto de estudio dentro de esta línea.

9) MICRO Y NANO SISTEMAS INTEGRADOS (MICRO)

Esta línea de investigación se desarrolla en el IMB y el IMS. El IMB gestiona la Sala Blanca donde se dispone de toda la infraestructura para caracterización y micro/nano fabricación. Esta línea se centra en el desarrollo y aplicación de tecnologías innovadoras dentro del campo de la microelectrónica y de las tecnologías emergentes micro/nano. Por lo tanto cubre todos aquellos ámbitos que permiten el desarrollo y la integración de un microsistema: (bio)sensores, actuadores, estructuras pasivas, circuitos digitales y analógicos para procesamiento de la señal, adquisición y gestión de la energía, interfaces, encapsulado y elementos complementarios. La incorporación en estos centros de actividades en el estudio y desarrollo de nanoestructuras y nanomateriales para mejorar las características de los dispositivos y sistemas permite el desarrollo de micro/nanosistemas o MEMS/NEMS.

10) CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DE LA COMPUTACIÓN (ICT)

El CSIC dispone en la actualidad de un instituto, el IIIA, ubicado en Barcelona cuyas líneas de investigación caen en su totalidad en el área ICT en concreto en inteligencia Artificial y que son: Sistemas de Aprendizaje, Lógica y Razonamiento y Sistemas Multi-Agente todas estas líneas forman parte de una más general: Inteligencia Artificial. A la investigación del IIIA puramente ICT hay que añadir la investigación en la aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial que se desarrolla en el IAI y la línea de investigación en Tratamiento de la Información y Codificación en el IFA. Por último, son también relevantes las líneas de investigación relacionadas con GRID y e-Ciencia surgidas en el IFCA y IFIC a partir de los requerimientos computacionales de grandes proyectos internacionales, en el procesamiento de datos y simulación.

La tabla siguiente muestra la relación de líneas de investigación¹ propuestas desde los institutos que han preparado este Plan de Actuación 2010-2013; no incluye por tanto las de IA, IAI, e IFA, adscritos al CETEF en reestructuración, ni las previstas en los nuevos institutos CAR y CAA-END²:

¹En los casos de IMB e IFISC, con una sola línea de investigación definida, se indican las sublíneas (en cursiva)

²Las líneas previstas en estos nuevos institutos mixtos son Robótica (TEC), Automática y Control (TEC), Percepción Artificial(TEC/ICT), Acústica (TEC) y Evaluación No Destructiva(TEC).

Información General

Temática	Línea de Investigación	Instituto
ASTRO	Desarrollo de instrumentación avanzada	CAB
	Evolución y caracterización de entornos de vida en el Sistema Solar	CAB
	Formación y evolución de galaxias	CAB
	Formación y evolución del medio interestelar, estrellas y planetas	CAB
	Evolución molecular y adaptación	CAB
	Objetos compactos y fenómenos relativistas	IAA
	Galaxias, gravitación y cosmología	IAA
	Clustering de galaxias y física del universo oscuro	IAA
	Física del medio interestelar	IAA
	Ciencia solar y planetaria	IAA
	Física estelar	IAA
	La Vía Láctea y el Grupo Local	IAA
	Aproximación integrada espacial y desde tierra a problemas de frontera en geofísica.	ICE
	Estudios observacionales y teóricos del universo extremo.	ICE
	El ciclo cósmico (nacimiento, evolución y muerte de estrellas y sistemas planetarios)	ICE
	Entendiendo el Universo en las escalas más grandes	ICE
	Gravitación y cosmología	IEM
	Galaxias y AGN (Núcleos Activos Galácticos)	IFCA
	Cosmología observacional e instrumentación	IFCA
FPAN	Física nuclear	IEM
	Física de altas energías e instrumentación	IFCA
	Física experimental de altas energías basada en aceleradores	IFIC
	Física experimental de astropartículas y neutrinos	IFIC
	Física nuclear experimental	IFIC
	Fenomenología en física de altas energías.	IFIC
	Física matemática y teórica en altas energías	IFIC
	Aplicaciones en medicina de la física nuclear y de partículas	IFIC
	Teoría nuclear y de muchos cuerpos	IFIC
	QCD (cromodinámica cuántica) e interacciones fuertes	IFIC
	Física teórica de astropartículas y cosmología	IFIC
	El origen de la masa	IFT
	El origen y la composición del Universo	IFT
	Campos cuánticos, gravedad y strings	IFT
MATH	Geometría algebraica y física matemática	ICMAT
	Geometría diferencial, simpléctica y mecánica geométrica	ICMAT
	Análisis matemático, ecuaciones diferenciales y aplicaciones	ICMAT
MOL	Física teórica de moléculas, clusters y medios extendidos	IFF
	Física molecular experimental	IEM
	Física macromolecular	IEM
	Física de nanoestructuras y bio-sistemas	IEM

MICRO	Circuitos Digitales Integrados	CNM-IMS
	Circuitos Integrados analógicos y de señal mixta	CNM-IMS
	Micro- y Nano- Sistemas Integrados	CNM-IMS
	<i>Dispositivos y sistemas de potencia</i>	CNM-IMB
	<i>Transductores para sensado químico y bioquímico</i>	CNM-IMB
	<i>Circuitos integrados y sistemas</i>	CNM-IMB
NANO	Nanofotónica y estructuras opto-electrónicas para dispositivos en ICT, Salud, Energía	CNM-IMM
	Imagen a Nanoescala, Nanolitografía y Biosensores Nanomecanicos	CNM-IMM
	<i>Nanofabricación y propiedades funcionales de las nanoestructuras</i>	CNM-IMB
	<i>Micro- y Nano- bio-sistemas integrados</i>	CNM-IMB
	<i>Integración de micro y nanotecnologías</i>	CNM-IMB
	Optica no lineal y nanofotónica	IO
OPT	Fotónica, Nanoestructuras y Ciencia Ultrarrápida	IO
	Imagen y Visión	IO
	<i>Optica no lineal y dinámica de dispositivos opto-electrónicos.</i>	IFISC
TEC	Robótica	IRI
	Combustión y energía	LITEC
	Dinámica de fluidos	LITEC
ICT	Computación avanzada y e-Ciencia	IFCA
	GRID y e-Ciencia	IFIC
	Sistemas de aprendizaje	IIIA
	Lógica y razonamiento	IIIA
	Sistemas multi-agente	IIIA
QFISES	Física estadística	IEM
	Dinámica y fluctuaciones en sistemas no-lineales	IFCA
	Meteorología y cambio climático	IFCA
	Información Cuántica	IFF
	<i>Física Cuántica: fotones, electrones e información</i>	IFISC
	<i>Dinámica de fluidos, biofluidos y fluidos de interés geofísico</i>	IFISC
	<i>Física Biológica y fenómenos no lineales en ecología y fisiología</i>	IFISC
	<i>Dinámica y fenómeno colectivos de sistemas sociales</i>	IFISC
	Materia condensada teórica e información cuántica	IFT

Información General

El gráfico siguiente esboza alguna de las relaciones entre las distintas temáticas de investigación, que se reflejan en colaboraciones puntuales o continuadas.

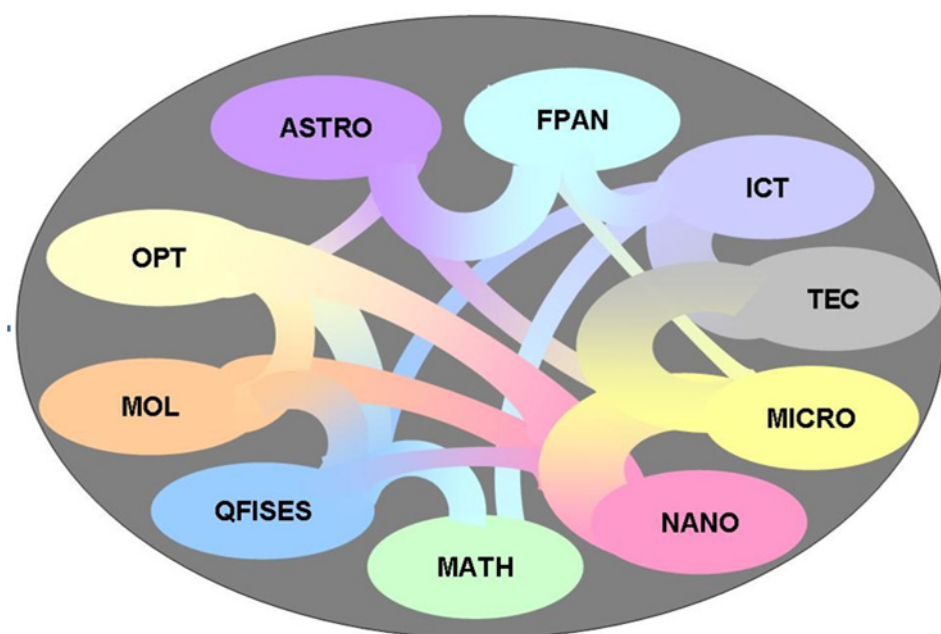


Fig.: Relación entre las diferentes temáticas del Área de Ciencia y Tecnologías Físicas

Destacan las conexiones entre MICRO y NANO, entre MICRO y TEC para el desarrollo e integración de sensores, entre ICT y TEC para el control, adquisición de datos y procesado así como para el desarrollo de sistemas de razonamiento y métodos de toma de decisiones. Igualmente el desarrollo y uso de dispositivos fotónicos y plasmónicos y las técnicas espectroscópicas comunes enlazan las temáticas de OPT, MOL, QFISES y NANO.

Tanto astrofísicos como físicos experimentales nucleares y de partículas se benefician de los desarrollos de nuevos sensores, materiales y procesos de fabricación (TEC, MICRO, NANO) y de las técnicas de comunicación y computación (ICT), y colaboran entre si en temas como astropartículas y cosmología.

Destacar también el potencial conjunto entre QFISES, MATH e ICT en el desarrollo de nuevos avances en sistemas complejos y teoría de la computación, incluyendo computación cuántica.

Anaálisis Crítico de Área

ANALISIS DAFO

Se detallan a continuación los principales puntos, diferenciando entre aquellos que se pueden considerar comunes en el contexto del CSIC y los específicos del Área de Ciencia y Tecnologías Físicas:

Debilidades

Comunes

- Ausencia de una carrera de personal técnico
- Dificultad en la gestión y administración
- Multiplicidad de fuentes de financiación y diversidad de políticas científicas

Específicas del área de CyT Físicas

- Colaboración limitada en desarrollo e innovación con empresas
- Dispersión de iniciativas y falta de masa crítica en líneas de investigación
- Colaboración limitada entre líneas y centros del área
- Explotación limitada del equipamiento
- Visibilidad limitada (nacional, autonómica, internacional) de algunos grupos
- Estructura sin renovar en varios institutos
- Porcentaje de plantilla científica en edad cercana a la jubilación en algunos centros
- Falta de liderazgo en iniciativas y foros internacionales de algunos grupos

Amenazas

Comunes

- Estancamiento en tareas de gestión como administración de centros y proyectos, y especialmente en la contratación de personal
- Reducción de las oportunidades de financiación por condiciones externas.

Específicas del área de CyT Físicas

- Compromisos en proyectos con una viabilidad e interés científico limitado.
- Atractivo de otras instituciones por su flexibilidad en la contratación de científicos excelentes.

Fortalezas

Comunes

- Calidad de los grupos de investigación
- Posicionamiento internacional
- Liderazgo a nivel nacional
- Atractivo institucional para los investigadores
- Plantilla científica con un buen porcentaje de investigadores jóvenes

Específicas del área de CyT Físicas

- Excelencia en investigación básica
- Equipamiento y Laboratorios
- Capacidad de transferencia tecnológica real
- Implicación en formación avanzada
- Existencia de un plan estratégico realista

Oportunidades

Comunes

- Participación en el 7PM
- Colaboración con otras entidades europeas de investigación
- desarrollo de la agencia CSIC
- Iniciativas a través de la Fundación CSIC

Específicas del área de CyT Físicas

- Posicionamiento en iniciativas internacionales (ERC, ESFRI,ESA, CERN, ESO, etc.)
- Empleo de los instrumentos de transferencia de tecnología (CENIT, TRACE) especialmente en actividades ligadas al desarrollo de instrumentación
- Implicación en proyectos multidisciplinares en colaboración con otros centros del CSIC
- Desarrollo de centros e infraestructuras referentes nacionales
- Nuevas iniciativas con Universidades y Gobiernos Automómicos

ANÁLISIS DE LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

En el proceso de elaboración del plan de actuación los centros han propuesto una lista amplia de líneas de investigación (ver tabla anterior). El panel de asesoramiento externo ha evaluado estas propuestas en su mayoría como buenas o excelentes, y ha sugerido la conveniencia de no apoyar algunas de las propuestas, bien por considerar más adecuado que se planteen como sublíneas, o bien por entender que sus objetivos científicos son limitados. Estas recomendaciones se han tomado ya en cuenta y aparecen reflejadas en los planes de cada centro.

A continuación se realiza un análisis general de todas las líneas agrupadas en las temáticas ya indicadas

1) ASTROFÍSICA Y CIENCIAS DEL ESPACIO (ASTRO)

En el CSIC se cubren prácticamente todas las áreas fundamentales de investigación en Astrofísica, desde el estudio del Sistema Solar hasta la Cosmología. El estudio del Sistema Solar se aborda desde varios institutos del área: la Física Solar, la investigación de los cuerpos menores y la exploración in situ de los planetas y sus satélites se realiza desde el IAA; la observación de la Tierra se aborda desde el IAA y el ICE; la evolución y la caracterización de los entornos favorables para la vida se estudian en el CAB. Estudios de física estelar -incluyendo astrosismología, objetos compactos, exoplanetas, utilizando tanto telescopios en tierra como en el espacio- se realizan en el IAA, ICE y CAB. La física del Medio Interestelar, mediante observaciones de alta resolución angular en longitudes de onda de radio (sub-milimétricas, milimétricas y centimétricas), se abordan en el IAA, ICE y CAB. La astrofísica extragaláctica, incluyendo el estudio de la formación y evolución de las Galaxias, los procesos de formación estelar en Galaxias y el estudio de los Núcleos Activos de Galaxias, desde una perspectiva multirango y utilizando instrumentación tanto en tierra como en el espacio, se desarrolla en el IAA, IFCA y CAB. Existen también grupos de investigación trabajando en Cosmología observacional e implicados en desarrollos instrumentales en el IAA, ICE e IFCA. Por otro lado, la Cosmología teórica y su conexión con la Gravitación se abordan en el IAA, IEM e IFT. La Astrofísica de altas energías (rayos X y rayos Gamma), asociada a fenómenos relativistas, se estudia en el IAA, IFCA e ICE. Además, el CAB tiene una línea de investigación más asociada con la biología “Evolución molecular y adaptabilidad”. Los institutos cuentan con laboratorios con un equipamiento razonable para el desarrollo de instrumentación avanzada, tanto para telescopios en tierra como para el espacio.

2) FISICA DE PARTICULAS, ASTROPARTICULAS Y FISICA NUCLEAR (FPAN)

En primer lugar indicar que tanto IFIC, IFCA como IEM incluyen líneas con fuerte componente experimental y orientadas especialmente a la preparación, desarrollo y análisis de experimentos en colaboraciones internacionales. Entre ellas están: la línea de Física Nuclear (IEM), Física de Altas Energías e Instrumentación (IFCA) Física de Altas Energías con aceleradores, Física de Astropartículas y Neutrinos, y Física Nuclear (IFIC). Estas líneas se benefician de un entorno competitivo internacional, como es el de los experimentos ATLAS o CMS en el LHC del CERN, o en FAIR, y de una buena financiación a través del Plan Nacional de Física de Partículas. Los tres institutos cuentan además con laboratorios con un equipamiento razonable para el desarrollo de estos proyectos, y en el caso del IFIC con una buena plantilla técnica. Las líneas teóricas de investigación cubren desde física matemática y cosmología a fenomenología, y cuentan con un claro prestigio internacional tanto en el IFIC (Fenomenología de Física de Altas Energías, Física de Altas Energías Matemática y Teórica, Teoría Nuclear y Sistemas de Muchos Cuerpos, QCD e Interacciones Fuertes, Física de Astropartículas Teórica y Cosmología) como en el IFT (Campos Cuánticos, Gravedad y Strings, Origen y composición del Universo, Origen de la masa). Además el IFIC cuenta con una línea en Aplicación en Medicina de la Física de Partículas y Nuclear con una actividad de transferencia de tecnología muy significativa.

3) FISICA ATOMICA Y MOLECULAR (MOL)

La investigación más teórica en este campo se desarrolla en el IFF bajo el epígrafe “Física Teórica de moléculas, agregados y “extended media””, donde, con una metodología de trabajo común, se abordan problemas tales como estructura y dinámica de agregados, estudio de colisiones reactivas e inelásticas o procesos de transporte molecular en sistemas complejos y estocásticos. En el IEM se lleva a cabo, básicamente, la parte más experimental, si bien también hay algunos investigadores teóricos. La mayor parte de las líneas de investigación experimental se agrupan en torno a técnicas avanzadas de espectroscopía molecular: espectroscopía láser no lineal para estudio de especies gaseosas de interés astrofísico, espectroscopía Raman convencional y haces moleculares, para estudio de fluidodinámica molecular y agregados; espectroscopía infrarroja (y espectrometría de masas), junto con cámaras de producción de hielos o plasmas, para estudio de especies de interés atmosférico y cometario; espectroscopías Raman e infrarroja intensificadas por superficies metálicas nanoestructuradas, para diseño y construcción de sensores moleculares. Las investigaciones experimentales en materia condensada blanda se realizan en gran medida en instalaciones singulares (sincrotrones y neutrones), con apoyo de instrumentación básica existente en el IEM.

4) OPTICA (OPT)

Las líneas de Óptica Visual e Imagen desarrolladas en el IO tienen muy importantes colaboraciones con Hospitales, así como con empresas interesadas en sus desarrollos. Las investigaciones teóricas en óptica no lineal, nanofotónica y plasmónica se realizan en el IO y el IEM, mientras que las instalaciones experimentales en estos temas, así como en ciencia ultrarrápida están ubicadas en el IO. En ellas se investiga para construir dispositivos fotónicos con ganancia activa o desarrollar nuevos materiales con efectos no-lineales/plasmónicos. Estas líneas están en la frontera OPT-NANO, de manera que puede considerarse que también en el CNM-IMM se llevan a cabo investigaciones cercanas a OPT.

La sublínea de Óptica no lineal y dinámica de dispositivos opto-electrónicos del IFISC, aunque esencialmente teórica, también incluye nueva actividad experimental en el campo de dinámica no lineal en láseres de semiconductor.

5) SISTEMAS COMPLEJOS Y FISICA ESTADISTICA (QFISES)

Bajo esta temática se agrupan diferentes líneas que comparten especialmente la aplicación de métodos teóricos avanzados, y en la que los investigadores del CSIC tienen una posición muy relevante dentro de la comunidad nacional e internacional. Así la línea de investigación en Materia Condensada Teórica e Información Cuántica del IFT trabaja en la aplicación de los métodos de la primera, en la que cuenta con gran experiencia, a la segunda, dado que los sistemas cuánticos de muchos cuerpos muestran las propiedades de entrelazamiento clave en Información Cuántica. En el mismo tema de trabajo se mueven los investigadores de la línea del IFF en Información Cuántica, aunque los objetivos se extienden al desarrollo de protocolos y algoritmos de computación y comunicación cuántica.

La línea de Física Estadística del IEM analiza fenómenos y sistemas complejos que aparecen en sistemas parcialmente desordenados, sistemas mesoscópicos, nanoestructuras y sistemas fuertemente correlacionados. Además contribuye al análisis y diseño de instrumentación asociada a fuentes de neutrones pulsadas (incluyendo la futura instalación de estación europea, ESS).

La línea de Sistemas Complejos, Física Estadística y No-Lineal del IFISC cubre a través de sus sublíneas desde la dinámica de fluidos, o la física biológica en cuanto a fenómenos no-lineales, hasta los fenómenos colectivos de sistemas sociales. La línea emergente en Meteorología y Cambio Climático del IFCA, también realiza una aplicación de este tipo de técnicas, en este caso en contacto directo con la Agencia Estatal de Meteorología y con una componente directa de aplicación práctica.

Destacar por último que aunque los investigadores parten de una base teórica,

no solamente orientan sus estudios hacia aplicaciones en diversas áreas, sino que en algunos casos en los últimos años han comenzado a complementarlos con trabajo experimental en laboratorio. Así sucede con las líneas de “Dinámica y Fluctuaciones en Sistemas No-Lineales” del IFCA, con un nuevo laboratorio dedicado al estudio del comportamiento no lineal de láseres VCSELs, y con la sublínea en “Óptica no-lineal y dinámica de dispositivos opto-electrónicos” del IFISC mencionada anteriormente; ambas pueden considerarse a caballo entre esta temática y OPT.

6) MATEMÁTICAS (MATH)

Dentro de MATH se incluyen tres líneas de investigación complementarias desarrolladas en el ICMAT. La línea de Geometría Algebraica y Física Matemática, cubre temas que van desde el álgebra pura, como es teoría de grupos y el estudio sistemático de singularidades, al uso de variedades algebraicas como los espacios modulares para describir campos de fuerzas físicos. Este último aspecto está vinculado a temas como teoría de cuerdas que son objeto de investigación por parte de líneas incluidas en FPAN. La próxima ubicación conjunta del ICMAT y del IFT en el mismo edificio debería ser altamente beneficiosa para la interacción. La línea de Geometría Diferencial, Geometría Simpléctica y Mecánica Geométrica incluye aspectos como propiedades topológicas de variedades simplécticas, variedades con holonomía especial o estructuras geométricas no Riemannianas. Por otro lado aborda aspectos más aplicados enfocados a la mecánica geométrica y teoría de control, incluyendo álgebra lineal numérica y dinámica no lineal. En estos últimos temas cabe señalar la relación con temas de investigación dentro de QFISES. La línea de Análisis Matemático, Geometría Diferencial y Aplicaciones incluye temas más teóricos como análisis armónico y otros más cercanos a aplicaciones como ecuaciones diferenciales en derivadas parciales, en particular con vistas a aplicaciones en dinámica de fluidos así como a teoría de ecuaciones cinéticas. En este último aspecto cabe señalar la relación con temas de investigación dentro de QFISES y TEC.

7) TECNOLOGÍAS FÍSICAS (TEC)

La investigación en TECNOLOGÍAS FÍSICAS se puede agrupar en cinco subtemáticas: Automática y Control, Percepción Artificial, Robótica, Acústica y Evaluación No Destructiva. Debe recordarse que algunos de los centros que desarrollan líneas de investigación en esta temática se encuentran en proceso de reestructuración, aunque se incluyen en este análisis para proporcionar una imagen completa del área. Dentro de Automática y Control se abordan actualmente en el IAI, y se proyectan como líneas de investigación en el

futuro instituto CAR, la automatización de nuevos procesos de fabricación (micromecanizado y nanomecanizado) y la inspección automatizada. Así mismo son tópicos de investigación, tanto en el IAI como en el IRI, la gestión energética y las pilas de combustible, este último también abordado desde el LITEC. Por otra parte la investigación en Percepción Artificial se desarrolla en el IAI, y también en el IFA, y abarca tanto la sensorización como el procesamiento de las señales. Las actividades anteriores entran también dentro del área de Robótica, abordada desde IAI e IRI, en la que cabe señalar un interés creciente, con resultados muy relevantes, en robótica móvil y de servicios. En cuanto a Acústica se investigan en el IA tecnologías de medición, caracterización y control del ruido ambiente y en Evaluación No Destructiva, tanto en el IA como en el IAI, la investigación se centra en el desarrollo de procedimientos y técnicas de formación de imagen y la caracterización de materiales mediante ultrasonidos, principalmente en el IA pero también en el IAI. En muchos casos la investigación en las subtemáticas mencionadas se orienta, manteniendo un elevado nivel científico-tecnológico, a una transferencia real, tanto tecnológica como de conocimiento, que atienda las demandas sociales y de los sectores productivos, que se refleja en los numerosos contratos y proyectos en colaboración con la empresa.

8) NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGIA (NANO)

Esta temática se viene desarrollando en varios centros del CSIC, principalmente el IMB, el IMM y el IO. Las actividades “Micro and Nano integrated Biosystems” y “Micro and nanotechnologies integration” són comunes a la línea de “Micro y nanosistemas integrados” y cubren un elevado porcentaje de la investigación que se desarrolla en el IMB. Estas actividades abarcan los ámbitos más tecnológicos de esta línea con la fabricación de dispositivos y nano sistemas dentro del dominio “More than Moore”.

La actividad de “Nanofabrication and functional properties of nanostructures” se desarrolla en el IMB y estudia las técnicas de fabricación de nanoestructuras para el desarrollo de dispositivos a escala nano. La actividad del IMM “Nanophotonic and optoelectronic structures and devices for information Technologies, health and energy applications” abarca el desarrollo de nuevos materiales nanoestructurados con propiedades semiconductoras, magnéticas y fotónicas para su aplicación como dispositivos. Estas líneas se enmarcan en el dominio “Beyond CMOS”. Estas actividades se apoyan con las que permiten la caracterización y estudio de los materiales nanoestructurados como “Nanoscale imaging, Nanolithography and Nanomechanical Biosensors” del IMM que comprende el estudio y la mejora de las técnicas de caracterización -sobretudo microscopía de fuerza atómica (AFM) y de fabricación -p.e nanolitografía por impresión (NIL), litografía por haz de electrones (EBL)- y el desarrollo de biosensores nanomecánicos. La línea “Nonlinear Optics and Nanophotonics” del

IO se centra en la investigación de los mecanismos responsables de la respuesta no-lineal en sistemas nanoestructurados con propiedades ópticas mejoradas.

9) MICRO Y NANO SISTEMAS INTEGRADOS (MICRO)

El CSIC dispone de dos institutos donde se desarrollan las líneas de investigación relacionadas con la Integración de Micro y nanotecnologías: El IMB y el IMSE. El IMB gestiona además la Sala Blanca donde se realiza la fabricación de gran parte de los dispositivos y sistemas derivados de esta línea.

Esta línea se centra en el desarrollo y aplicación de tecnologías innovadoras dentro del campo de la microelectrónica y de las tecnologías emergentes micro/nano. Por lo tanto cubre todos aquellos ámbitos que permiten el desarrollo y la integración de un microsistema. Las actividades “Micro and Nano integrated Bio systems”, del IMB y “Integrated Micro and Nano systems” del IMSE cubren la investigación y desarrollo de los elementos pasivos y activos de los microsistemas mediante el uso de las tecnologías micro y la compatibilización de estas con la escala nanométrica, también bajo el dominio “Beyond CMOS” Los (bio)sensores para estos microsistemas esta cubierta por la actividad “Transducers for chemical and biochemical sensing” y las líneas “Integrated Circuits and Systems (ICAS)” “Power devices and systems” del IMB y “Analog and Mixed-signal Integrated Circuits” del IMSE cubren los aspectos de la circuitería para procesamiento de la señal y de los dispositivos de potencia. Dado el fuerte carácter tecnológico de estas actividades, la transferencia de tecnología es un objetivo común de los centros involucrados destacando las aplicaciones a áreas como medioambiente, análisis clínico y biomedicina, agroalimentación, salud, y tecnologías de la información.

10) CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DE LA COMPUTACIÓN (ICT)

Bajo esta temática se encuadran en primer lugar las tres líneas de investigación del IIIA, en Lógica y Razonamiento, Sistemas de Aprendizaje y Sistemas Multiagente. La primera línea cubre aspectos teóricos básicos, incluyendo lógica borrosa, multivaluada y de segundo orden, así como el desarrollo de sistemas de razonamiento conceptualmente consistentes y computacionalmente eficientes. La segunda línea está orientada al diseño, implementación y análisis de las técnicas de aprendizaje automático, mientras la tercera se enfoca a nuevos métodos y modelos de interacciones entre agentes, incluyendo cooperación, coordinación, y negociación, así como nuevos mecanismos de establecimiento de confianza. Las tres líneas muestran una clara sinergia, y se benefician de un contexto de proyectos relevantes a nivel nacional (CONSOLIDER) e internacional

(proyectos europeos FP7). También bajo esta temática hay que agrupar las actividades del IAI en el campo de la Inteligencia Artificial con el propósito de desarrollar técnicas de IA (redes neuronales, razonamiento borroso, aprendizaje automático, etc.) y utilizarlas para abordar problemas complejos en Automática y Robótica, por ejemplo en la representación y caracterización del entorno mediante información sensorial (fusión sensorial), generación de comportamientos, o toma de decisiones con incertidumbre.

Las dos líneas de investigación de IFIC e IFCA en e-Ciencia³ se están consolidando gracias a su colaboración con otras líneas de investigación de los centros, a través de iniciativas tanto nacionales (Red de e-Ciencia) como internacionales (European Grid Initiative), apoyado por una excelente financiación. Se han desarrollado además proyectos verticales que comprenden las tres capas de la e-Ciencia: infraestructura, middleware y aplicaciones. El desarrollo de aplicaciones paralelas e interactivas en entornos Grid es un buen ejemplo de los resultados obtenidos en los últimos años con reconocimiento internacional. Debe indicarse también que en esta temática se desarrolla en el IFA una línea de investigación en seguridad de la información y criptografía, incluyendo criptografía cuántica (con una sinergia potencial con la temática QFISES).

³ Conjunto de actividades científicas desarrolladas mediante el uso de recursos distribuidos accesibles a través de Internet

ANÁLISIS DE LOS INSTITUTOS

En general los institutos del área están bien focalizados en alguna de las temáticas anteriores, y cuentan con líneas coherentes y/o complementarias, como se puede comprobar en la tabla anteriormente presentada pero considerada desde el punto de vista de los institutos. No obstante por diferentes razones, bien de evolución o bien de creación, algunos presentan un espectro temático más amplio, como por ejemplo es el caso en el IEM, el IFF o el IFCA.

En cuanto a recursos, hay que destacar que el área cuenta con varios institutos que deben considerarse de tamaño medio-grande, tanto en cuanto a volumen de personal y de recursos como en contribuciones científicas y visibilidad a nivel nacional e internacional: **IAA y CAB** en ASTRO, **IFIC** en FPAN, **CNM-IMB** en MICRO-NANO. Todos ellos pueden considerarse centros consolidados, con plantillas que superan las 150 personas, e instalaciones y equipamiento relevante. El IAA gestiona una ICTS de explotación internacional y titularidad bilateral (España-Alemania), Calar Alto, e igualmente el CNM-IMB gestiona una ICTS nacional, la Sala Blanca del Centro Nacional de Microelectrónica. Además tanto el IAA en Astrofísica como el IFIC en cuanto a Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear, son especialmente visibles por su experiencia en difusión y promoción de la ciencia. Indicar también que el CAB es el único miembro internacional asociado al NASA Astrobiology Institute, y que actualmente tras la incorporación de los nuevos laboratorios en Astrofísica Estelar y Exoplanetas, y en Astrofísica Molecular, ha expandido considerablemente su tamaño y objetivos, sin abandonar su misión básica.

El **IEM** aglutina un amplio espectro de líneas de temática relativamente cercana, con vertientes teóricas y experimentales, todas ellas con actividad científica muy relevante, y participación en varios proyectos internacionales. Entre los institutos creados recientemente, el **IFISC** pretende aprovechar las oportunidades científicas existentes en las fronteras entre campos establecidos y fomentar la transferencia de ideas en el marco de los sistemas complejos, y el **ICMAT** tiene una clara orientación a la excelencia en Matemáticas, que impulsa mediante la incorporación de los mejores investigadores de las tres Universidades, UAM, UCM, UC3, que participan junto al CSIC. El **IFT** ha logrado convertirse en una referencia internacional en un campo tan competitivo como la Física Teórica, y ha extendido su interés desde la Física de Partículas a Astropartículas y Cosmología. Destacar que el IFT compartirá con el ICMAT el centro actualmente en construcción en el campus de la UAM, lo cual potenciará las actividades de ambos Institutos, dándoles una visibilidad internacional muy relevante.

El **ICE**, en Barcelona, ha logrado en los últimos años situarse como uno de los de producción científica de mayor impacto en el área, gracias a participar en líneas punteras, y a captar jóvenes investigadores de prestigio gracias a los contratos ICREA. El **IFCA** es otro instituto que en su vertiente ASTRO ha logrado

un reconocimiento internacional gracias a sus contribuciones en misiones ESA (XMM, Planck), al igual que en su vertiente FPAN (CDF en Tevatron, CMS en LHC). Otro instituto de tamaño medio, el **IIIA**, es considerado el mejor centro nacional en su especialidad, y relevante a escala europea. También el **IMM** en Madrid, otro centro de tamaño intermedio y uno de los pocos no situados en un Campus puesto que está emplazado en el Parque Tecnológico de la Comunidad de Madrid en Tres Cantos, tiene un claro prestigio en nanotecnología, y cuenta con una gran capacidad en investigadores y equipamiento para abordar retos en esta temática. Por su parte el **IMSE** en Sevilla cuenta con un nuevo edificio en el Parque de la Cartuja, con el que espera consolidar su excelencia en áreas específicas de Microelectrónica. El **IFF** por su parte mantiene una línea relevante en Física Teórica Molecular, y está desarrollando la línea en Información Cuántica. El **IRI** cuenta con una sólida línea de robótica, y espera expandir significativamente su laboratorio, además de beneficiarse de la instalación de robots ciudadanos en el campus de la UPC, en el que se ubica. El **IO** cuenta con líneas de alto impacto y gran potencial de transferencia tecnológica, en pleno desarrollo, especialmente en Biovisión. Por último, el **LITEC**, el instituto con plantilla del CSIC más reducida dentro del área, espera consolidar su actividad experimental y potenciar la actividad ligada a pilas de combustible.

Este análisis no se realiza para los institutos IA, IAI y IFA que integran el CETEF y que cómo ya se ha indicado están actualmente en proceso de reestructuración.

INTERACCIÓN CON OTRAS ÁREAS

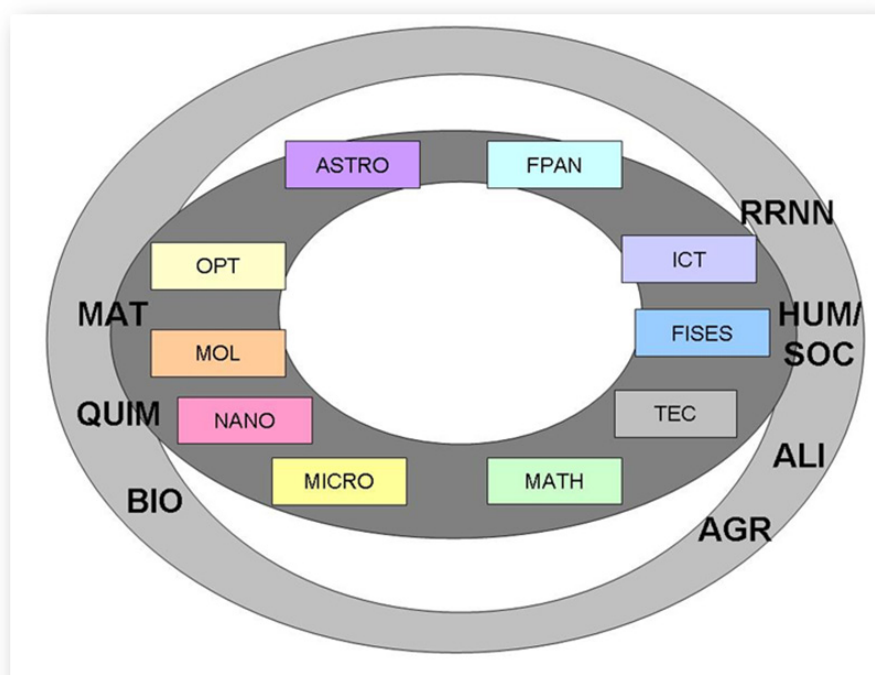
En primer lugar destacar que el área de Física y Tecnologías Físicas comparte, en general con distinto enfoque, una parte importante de la temática del área de Materiales. En particular algunas de las líneas de investigación en los dominios de Nanociencia y Nanotecnología, Óptica, y Física Atómica y Molecular, tienen objetivos compartidos con los de otras líneas de investigación en institutos de esta área.

Con el resto de áreas el solapamiento es menor, y en general existe una colaboración puntual en temas determinados. Así podemos destacar con el área de Química nuevamente las áreas de Física Atómica y Molecular, especialmente en el uso de técnicas de laboratorio, y de desarrollo de materiales, y también en el análisis de fenómenos como la combustión con dos enfoques diferentes. En el área de Biología la interacción se produce en el desarrollo de nuevas tecnologías de aplicación en biomedicina, desde sensores a técnicas de análisis y en un futuro inmediato se ven oportunidades de colaboración en el ámbito de la biología de sistemas. Con el área de Humanidades la principal interacción es en cuestiones como modelado y análisis estadístico, aunque también se comparte actividad en proyectos de patrimonio, aportando técnicas avanzadas de análisis. Con el

Análisis Crítico

área de Recursos Naturales la interacción se centra por un lado en las técnicas instrumentales, en proyectos que requieren desde uso de software al desarrollo de robots y por otro en el estudio y modelado de la dinámica de ecosistemas. Este mismo esquema se repite en las colaboraciones con el área de Ciencias Agrarias, y con el área de Ciencia y Tecnología de Alimentos, en las que se han desarrollado proyectos comunes en técnicas de detección e instrumentación.

Este análisis se refleja en la figura siguiente, en la que se ha procurado reflejar que temáticas dentro del área de Física tienen mayor interacción con las diferentes áreas.



Análisis del PE 2006-2009 del área

En la evaluación del Plan Estratégico 2010-2013 de los centros del área se ha podido constatar que los centros del área han satisfecho globalmente los objetivos propuestos en el Plan anterior, habiendo sido valoradas la gran mayoría de sus líneas de investigación con indicadores en el rango alto o incluso excelente. Cualitativamente la investigación en los institutos ha dado un paso importante en este periodo, consolidando o impulsando significativamente los resultados científicos. Cuantitativamente, se han alcanzado los indicadores de producción científica y técnica, como se ha visto reflejado en los correspondientes informes anuales (PCO 2006, PCO 2007, PCO 2008).

En cuanto a las acciones previstas en el Plan de Acción 2006-2009 del CSIC dentro de la línea estratégica RETICULA, eje de Física y Matemáticas, se debe indicar que tres de las acciones previstas se han ejecutado o están en marcha: el Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT) ya creado y dotado inicialmente en recursos humanos, se ubicará junto con el Instituto de Física Teórica en el nuevo Centro de Matemática y Física Teórica, cuyo edificio está actualmente en construcción en el campus de la UAM, estando prevista su finalización en el año 2010. Del mismo modo se ha creado el Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos, IFISC, instituto mixto con la Universidad de las Islas Baleares, y además se ha ubicado en un nuevo edificio en el campus de la UIB en el año 2009. La otra acción prevista, la creación del Instituto de Astrofísica Espacial como centro mixto ligado a la ESA (European Space Agency) en colaboración con INTA y CDTI, no ha sido posible, pero la reestructuración del Centro de Astrobiología, CAB, centro mixto con el INTA, ha permitido unificar y fortalecer muy significativamente las iniciativas en el área en la Comunidad de Madrid.

Ya dentro de las acciones más específicas que se detallaban en el Plan Estratégico del Área, indicar en primer lugar que se está abordando la reestructuración del CETEF y los institutos adscritos a este centro, como ya se ha indicado. Esta reestructuración va a dar lugar a dos nuevos institutos mixtos con la Universidad Politécnica de Madrid (CAR y CAA-END). La construcción de las nuevas instalaciones asociadas en el campus de Alcobendas es una de las inversiones más importantes previstas dentro del área para el cuatrienio 2010-2013.

El CSIC ha apoyado también las dos acciones CONSOLIDER de fortalecimiento de comunidades científicas que se indicaban en el Plan Estratégico, el dirigido a Matemáticas (i-MATH) y el orientado a Física de Partículas, Astropartículas y Física Nuclear (CPAN). Se espera avanzar a lo largo de 2009 y 2010 en el establecimiento de los correspondientes Centros Nacionales o figuras similares, como es el objetivo de dichos CONSOLIDER, y en los que se espera que el CSIC tenga un papel relevante en su coordinación.

Análisis del PE 2006-2009 del Área

Otra de las acciones previstas, el apoyo a la iniciativa internacional FAIR en Física Nuclear, se está también ejecutando satisfactoriamente, con la convocatoria de plazas de plantilla científica y técnica.

Por último indicar que en 2008 se comenzó una acción específica en el tema de Grid y e-Ciencia, con la instalación de recursos de computación significativos en IFCA, IFIC e IAA, y la dotación de un proyecto de puesta en marcha a lo largo de 2009 y 2010, en el marco de colaboraciones nacionales e internacionales (Red Española de e-Ciencia, Iniciativa Grid Nacional e Iniciativa Grid Europea, EGI).

Cumplimiento de Objetivos

Los objetivos cuantitativos marcados para el PE 2006-2009 y reflejados en el denominado PCO han sido alcanzados al 100% por la gran mayoría de los centros del área hasta el momento de redactar este plan.

Objetivos 2010-2013

Los objetivos del área vienen definidos en buena parte por los objetivos de los institutos, que a su vez incluyen los objetivos científicos de las diferentes líneas de investigación, descritos en detalle en los planes de actuación de los institutos. Estos objetivos temáticos, que se analizan brevemente más adelante, se enmarcan y apoyan a su vez en unos objetivos generales y específicos comunes

Objetivos Generales

1. Desarrollar las iniciativas propuestas en las diferentes líneas de investigación a través de proyectos de relevancia y excelencia a nivel nacional e internacional, contribuyendo significativamente al avance del conocimiento.
2. Incrementar las actividades de transferencia de tecnología, especialmente aquellas con un claro impacto final en la sociedad.
3. Acercar la investigación realizada en los institutos del CSIC a la sociedad, y especialmente a los potenciales científicos del futuro.

Objetivos específicos

1. Fomentar la participación en proyectos internacionales relevantes, y en particular a nivel europeo, en colaboración con otras instituciones europeas (CNRS, MPG, CNR), en el marco del FP7, o ligadas a iniciativas ESFRI.
2. Consolidar la presencia y liderazgo del CSIC en las estructuras científicas relevantes para el análisis de nuevos proyectos e iniciativas y su apoyo y desarrollo.
3. Poner en marcha mecanismos de propuesta y apoyo a la realización de proyectos interdisciplinares, y en particular los ligados a los Ejes Estratégicos del CSIC.
4. Apoyar una transferencia efectiva del conocimiento que atienda demandas sociales y de sectores productivos, y se refleje adecuadamente en investigación contratada, producción de patentes y creación de empresas de base tecnológica.
5. Desarrollar los servicios internos y externos de los centros, con la implementación de un catálogo de los mismos y los correspondientes procedimientos.
6. Potenciar las actividades de formación a nivel de master y doctorado en colaboración directa con las Universidades.

Objetivos 2010-2013

7. Establecer la participación activa del CSIC en las tareas de difusión de la ciencia en el área.

Objetivos científicos por temática

1) ASTROFISICA Y CIENCIAS DEL ESPACIO (ASTRO)

Los astrónomos del CSIC deben contribuir, de forma equilibrada, el crecimiento de la Astronomía en España en sus diferentes facetas: instrumentación, observación, interpretación y modelización. Deben explotar el gran potencial observacional disponible en nuestro país, tanto a través de instrumentos de observación propios (el Gran Telescopio de Canarias (GTC; IAC), el observatorio de Calar Alto (CAHA; IAA), el radiotelescopio de 40m del OAN) como a través de los telescopios de otros países instalados en territorio nacional (Observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos (IAC), Radiotelescopio de Pico Veleta (IRAM)). Por otro lado, España participa en muchas de las misiones de la ESA incluidas en su Programa Científico (el IAA y el CAB en las misiones de exploración del Sistema Solar; el DAMIR en instrumentación para el NGST; el IFCA en Planck y XMM; el CAB en Herschel; el ICE y el CAB en Integral; el IAA en COROT, si bien esta misión es liderada por el CNES francés; entre otras). Adicionalmente, España es miembro del Observatorio Europeo Austral (ESO) lo que proporciona a los astrónomos del CSIC acceso a una instrumentación única para la observación del Hemisferio Sur (VLT en óptico e infrarrojo; ALMA en milimétricas y submilimétricas). En relación al futuro, si el CSIC pretende contribuir desde la primera línea al desarrollo de la Astronomía mundial debería de hacer un esfuerzo en i) mantener la productividad científica e incrementar el impacto de la misma, ii) involucrarse en la fase de definición y desarrollo de instrumentos para futuras misiones espaciales, iii) desarrollar nueva instrumentación para los telescopios en tierra situados en nuestro país y para grandes proyectos internacionales, y iv) participar de forma activa en las grandes infraestructuras de futuro definidas por el ESFRI: ELT (Extremely Large Telescope) en el óptico, SKA (Square Kilometer Array) en longitudes de onda de radio, y el CTA (Cherenkov Telescope Array) en la Astronomía de rayos Gamma.

2) FISICA DE PARTICULAS, ASTROPARTICULAS Y FISICA NUCLEAR

El principal objetivo en el área de Física de Partículas en los próximos años es completar la comprensión del Modelo Estándar, en particular confirmar la existencia del bosón de Higgs, analizar los modos de desintegración del quark top y refinar las medidas asociadas al quark b. Actualmente el Tevatron, en cuyo experimento CDF participan investigadores del CSIC, sigue proporcionando

resultados de primera línea en estos tópicos y es previsible que aunque la operación del acelerador finalice en 2011 o 2012, el análisis de datos y publicación de resultados continúe varios años más. La puesta en marcha en el año 2009 del Large Hadron Collider, con participación del CSIC en los dos experimentos más relevantes para estos estudios, ATLAS y CMS, marca una etapa dedicada a la operación del detector y análisis de los resultados en los que la colaboración entre los grupos experimentales y teóricos será clave. En particular, el análisis de posibles extensiones del Modelo Estándar, y en particular de Supersimetría, motivado por las posibles observaciones de nuevas partículas o de efectos indirectos observables en medidas de precisión, requiere de esta colaboración. En un supuesto ideal la confirmación de modelos de unificación requeriría también la elaboración o refinamiento de hipótesis teóricas fundamentales.

Los resultados de LHC tendrán un impacto igualmente en la decisión sobre la estrategia de desarrollo de nuevos aceleradores, como un futuro acelerador lineal (ILC/CLIC), o de mejora de los existentes (Super LHC). Los investigadores del CSIC tanto teóricos como experimentales ya trabajan en esta etapa de análisis de posibilidades y de diseño de detectores, que conlleva una importante parte de colaboración con la industria en instrumentación, y las correspondientes necesidades de equipamiento y personal en talleres y laboratorios.

Esta misma necesidad e interés de colaboración en el desarrollo de detectores es compartida por las nuevas iniciativas en Astropartículas con relevante participación del CSIC, como KM3NeT (Cubic Kilometer Neutrino Telescope), una infraestructura ESFRI (European Strategy Forum on Research Infraestructuras), o como el experimento NEXT a instalar en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC), ICTS más relevante de esta temática en España. El objetivo, al igual que el de otros experimentos en curso con contribución de investigadores del CSIC como T2K o ANTARES, es entender mejor las propiedades de los neutrinos.

En este periodo 2010-2013 cabe esperar resultados experimentales, especialmente en LHC, como el descubrimiento de nuevas partículas, quizás muy relevantes para componer una imagen del Universo que a su vez será mejorada por misiones espaciales como por ejemplo Planck. Una colaboración real entre Astrofísica y Física de Partículas y Astropartículas podría proporcionarnos una visión mejorada desde una perspectiva Cosmológica, complementada con nuevos fundamentos teóricos (**Cosmovisión**).

En el campo de la física nuclear hay que destacar que otra gran instalación ESFRI denominada FAIR (Facility for Antiprotons and Ion Research), en la que España participa como socio fundacional, entrará en funcionamiento en el año 2014-2015. La Física de FAIR abarca la Física Nuclear y Hadrónica en su sentido más amplio junto con sus aplicaciones y la física del plasma. En los experimentos de FAIR se simularán situaciones ocurridas en las primeras etapas de la formación del Universo y procesos violentos producidos hoy en medios estelares.

La comunidad española de Física Nuclear está concentrando sus esfuerzos para poder

Objetivos 2010-2013

explotar esta gran instalación, única a nivel europeo y mundial desarrollando una estrategia común. El CSIC, a través fundamentalmente de los institutos IEM e IFIC, ha jugado desde el anterior programa estratégico un papel clave en la participación de España en FAIR, coordinando el diseño de parte de los imanes de esta gran instalación, con uno de sus miembros portavoz de uno de los experimentos aprobados en FAIR, y asumiendo la responsabilidad de varios diseños innovadores de instrumentación para FAIR. Durante el próximo plan estratégico el reto es pasar de la fase de diseño a la fase de producción haciendo uso los recursos económicos, humanos y de infraestructuras aportados por el Plan Nacional y el CSIC. Los grupos teóricos de ambos institutos también están contribuyendo de forma significativa a la planificación y explotación de esta nueva gran instalación.

Por último destacar que un objetivo básico a alcanzar en el periodo 2010-2013 en esta temática es su estructuración en España a través de la creación del Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Física Nuclear, CPAN. El proyecto CONSOLIDER actual coordinado por el CSIC, prevé una evolución hacia un Centro Nacional de Investigación integrado en el CSIC, con participación de los institutos más relevantes en esta temática, incluyendo IFIC, IEM, IFCA, e IFT.

3) FISICA ATOMICA Y MOLECULAR (MOL)

Esta es un área de marcado carácter básico, en la que los esfuerzos teóricos y experimentales de los grupos del CSIC seguirán encaminados hacia una mejor y mayor comprensión de la estructura y dinámica de diferentes especies de relevancia en procesos astrofísicos y atmosféricos, así como plasmas, fluidos moleculares, moléculas biológicas y materia condensada blanda. También se pretende un acercamiento de alguna parte de esta investigación básica al mundo más aplicado de los sensores moleculares para detección ultrasensible de contaminantes, etc.

4) OPTICA (OPT)

El objetivo general de la línea de Imagen y Visión del IO es el desarrollo de instrumentación y modelos avanzados para investigar, evaluar y mejorar la visión, así como el desarrollo de técnicas de procesamiento de imágenes inspiradas en el sistema visual, y nuevas técnicas ópticas y computacionales que permitan valorar y mejorar la calidad de la imagen y la percepción visual. Esta línea tiene una clara vocación aplicada, con importantes repercusiones en la mejora de la visión de la población en general. En cuanto a la línea de fotónica, nanoestructuras y ciencia ultrarrápida del IO, su objetivo es aumentar el conocimiento de los aspectos básicos y los más aplicados de la interacción láser-materia, en la escala espacial de nanómetros y temporal de femtosegundos, rangos

ambos en los que se pueden poner de manifiesto “nuevas propiedades” de la materia. Las investigaciones teóricas sobre óptica no lineal, nanofotónica y plasmónica, aspiran a seguir estando en la frontera del conocimiento en su campo, y a pesar de su carácter básico, tratan de focalizarse para que sus desarrollos y resultados puedan ser transferidos lo antes posible a los diversos campos en que encuentran aplicaciones (comunicaciones ópticas, bio-sensado, etc.)

La sublínea de Óptica no lineal y dinámica de dispositivos opto-electrónicos del IFISC tiene como objetivo el estudio de la dinámica no lineal y caos en láseres de semiconductor para aumentar la seguridad en comunicaciones ópticas, la sincronización de sistemas con de retraso y realimentación, la dinámica de láseres de anillo, y la formación de estructuras localizadas (solitones) y su dinámica en láseres o en cavidades ópticas con cristales fotónicos o con meta-materiales.

5) SISTEMAS COMPLEJOS Y FISICA ESTADISTICA (QFISES)

Los objetivos específicos en el contexto de la línea de Física Estadística del IEM incluyen el estudio de sistemas con desorden, sistemas mesoscópicos y sistemas fuertemente correlacionados así como la aplicación de estas técnicas a materiales de baja dimensión, y de gran interés, como grafenos y nanotubos de carbono. Cabe señalar además el objetivo de desarrollo de instrumentación científica avanzada, en particular para fuentes de neutrones contribuyendo desarrollo de los proyectos complementarios al ESS, incorporando a la empresa y centros tecnológicos.

La línea en Dinámica y Fluctuaciones en Sistemas no Lineales del IFCA tiene como objetivos específicos el estudio de efectos no lineales en láseres de cavidad vertical y emisión superficial (VCSELs), transporte no lineal en sistemas de muchos cuerpos, inestabilidades espacio-temporales, crecimiento de superficies y dinámica de redes complejas.

La línea de Meteorología y Cambio Climático del IFCA tiene como objetivos específicos la comprensión de la predictabilidad en sistemas espaciotemporales y su aplicación a la predicción meteorológica a escalas de tiempo estacionales o climáticas. Cabe señalar su colaboración con la Agencia Estatal de Meteorología y con el European Center for Medium-Range Weather Forecast.

La línea de Materia Condensada Teórica e Información Cuántica del IFT tiene por objetivos específicos el estudio teórico, en conexión con grupos experimentales, de sistemas cuánticos de muchos cuerpos como cadenas de espín, iones confinados en trampas ópticas o átomos fríos con vistas a avanzar hacia el diseño de un futuro ordenador cuántico. Muy relacionada con la anterior, la línea de Información Cuántica del IFF, incluye también entre sus objetivos específicos la computación cuántica y simulación cuántica de sistemas físicos además de estudiar comunicaciones cuánticas y criptografía cuántica para comunicaciones incondicionalmente seguras.

Objetivos 2010-2013

Finalmente, dentro de la línea de Sistemas Complejos, Física Estadística y No Lineal del IFISC, además de los objetivos anteriormente indicados en la temática OPT, encontramos los siguientes: la aplicación de la metodología general en sistemas complejos al estudio de sistemas sociales; los estudios específicos desde la perspectiva de Biología de Sistemas incluyendo la dinámica de sistemas neuronales, en particular efectos de sincronización y ruido, de redes filogenéticas, de la dinámica de poblaciones y ecosistemas (crecimiento, efectos espaciales, procesos de agregación) y de la formación de estructuras espaciales en tejidos biológicos; el estudio del transporte de cargas y de espines en nanoestructuras de semiconductor (puntos y hilos cuánticos), el estudio de correlaciones cuánticas en dispositivos ópticos no lineales y en la identificación y caracterización de estados así como su creación y evolución dinámica; y por último dentro de la sublínea de “Dinámica de fluidos, biofluidos y fluidos geofísicos”, el estudio de procesos mezcla, reacciones químicas o biológicas, formación de estructuras y movimiento de trazadores no ideales, modelos de transporte en dinámica oceánica y efectos de inhomogeneidad.

6) MATEMÁTICAS (MATH)

El objetivo general dentro de esta temática es la generación de investigación de alta calidad, haciendo del CSIC un referente a nivel internacional.

Ello pasa por la consolidación del nuevo ICMAT con su próximo traslado al nuevo edificio. Dado su carácter de instituto mixto es importante que las tres universidades participantes adopten una actitud clara ante esta consolidación.

En el contexto del CSIC, la matemática es un ingrediente esencial en muchas de las líneas de investigación no sólo dentro del área sino también en otras áreas por tanto el objetivo sería el establecimiento de conexiones entre el ICMAT y investigadores de otras líneas, las cuales pueden ser altamente beneficiosas en ambas direcciones.

En el contexto español, existe una voluntad de liderazgo por parte del ICMAT que para cristalizar tiene que ser asumida por parte de la comunidad matemática española y eso depende en buen parte de la actitud. La potencial cooperación entre el CSIC con otros centros o instituciones sería muy beneficiosa a fin de articular programas concretos.

En el contexto de geometría algebraica los objetivos científicos incluyen el desarrollo de técnicas para comprender singularidades de variedades en campos de característica arbitraria, algoritmos de resolución de singularidades en campos de característica cero, estudio topológico y analítico de singularidades en el caso complejo y real así como la construcción de espacios modulares y el estudio de sus propiedades geométricas y topológicas con aplicaciones a física y a teoría de números.

En el contexto de geometría diferencial los objetivos científicos incluyen la caracterización topológica de variedades que admiten estructuras simplécticas o de contacto o que admiten métricas Riemannianas con holonomía especial así como el análisis geométrico de problemas

de mecánica: sistemas con simetrías, dinámica no-holonómica, integración geométrica, teoría de control óptimo y mecánica de medios continuos.

En el contexto de análisis matemático y aplicaciones los objetivos científicos incluyen el estudio de análisis armónico y funcional, métodos probabilísticos y combinatorios, álgebra de operadores, variable compleja, cálculo de variaciones así como métodos analíticos, numéricos y asintóticos para ecuaciones en derivadas parciales motivadas tanto desde la matemática como por su interés en física, ingeniería o biología.

Existe por último un objetivo claro de divulgación del conocimiento de las matemáticas, tanto para estudiantes como para público en general así como en el aspecto de educación continuada de profesores de secundaria. Esta actividad se ha articulado ya en los últimos años en numerosas actuaciones concretas por parte de los matemáticos del CSIC. El objetivo es continuar y potenciar dichas actuaciones.

7) TECNOLOGIAS FISICAS (TEC)

Como ya se ha indicado los objetivos en esta temática se pueden agrupar en cinco subtemáticas: Automática, Percepción Artificial, Robótica, Acústica y Evaluación No Destructiva. Dentro del área de Automática se seguirán abordando la automatización de nuevos procesos de fabricación (micromecanizado y nanomecanizado), la inspección automatizada y la gestión de sistemas de energía, haciendo especial énfasis en técnicas de Inteligencia Artificial y en la aproximación a nuevos paradigmas de control, y sus arquitecturas. En el área de Percepción Artificial, que abarca tanto la sensorización como el procesamiento de las señales, recibirán atención líneas de investigación más recientes como la fusión sensorial, la percepción cognitiva, el modelado de la visión natural o las redes neuronales bio-inspiradas. Todas las líneas de investigación en las áreas anteriores tendrán repercusión en el área de Robótica en la que además se profundizará en el desarrollo de nuevas arquitecturas de computación y comunicaciones que posibiliten la expansión de sistemas móviles robotizados –terrestres, aéreos y submarinos– con alto grado de autonomía. Asimismo, los nuevos avances en sistemas sensoriales –auditivos, hápticos, kinestésicos– serán la base del desarrollo de interfaces multimodales que mejorarán la interacción hombre-máquina cuestión de especial relevancia en robótica social y de servicios –robots de entretenimiento, asistencia, humanoides– y sobre todo en medicina –prótesis y ortosis robotizadas–.

Asimismo en la línea de Robótica se espera además de contribuir a la investigación básica en el análisis, diseño y mecanismos de construcción, avanzar hacia robots con herramientas de percepción y cognición que les permita contar con habilidades avanzadas de manipulación en un entorno humano, e incluso desarrollar robots con habilidades sociales interactivas, que se integren en tareas con interacción robot-humanos en tareas como asistencia, vigilancia, guía

Objetivos 2010-2013

o exploración.

En el área de Acústica se continuarán desarrollando tecnologías de medición, caracterización y control del ruido ambiente mientras el área de Evaluación No Destructiva la investigación se centrará en el desarrollo de procedimientos y técnicas de formación de imagen y la caracterización de materiales mediante ultrasonidos.

8) NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGIA (NANO)

En esta temática los objetivos específicos del IMB se centran en la consolidación de las tecnologías descritas, y la exploración de nuevos campos de aplicación. Así pueden reseñarse los procesos de nano-fabricación, métodos avanzados de caracterización (eléctricos y AFM), y propiedades funcionales de nanoestructuras (interacciones capilares de nanopartículas, sondas ultra-agudas con nanohilos de silicio, dinámica colectiva en arrays ordenados de nanohilos de silicio y sensores y resonadores basados en nanotubos de carbono). En cuanto a micro-nano bio-sistemas el objetivo es desarrollar herramientas para detectar, identificar, cuantificar y monitorizar biomoléculas, desde micro-nanosensores a sofisticados sistemas “Lab-on-a-chip”, que se beneficiarán de la investigación en la integración de micro-nano tecnología.

En cuanto a la línea del IMM en “Nanofotónica y estructuras opto-electrónicas para dispositivos en ICT, salud, energía”, cabe destacar el desarrollo de fuentes de luz cuánticas, láseres de umbral ultra-bajo e interfases spin-fotón, nuevos métodos de intensificación de la luz mediante nanoestructuras embebidas en nanogaps metálicos, cristales fotónicos para mejora del rendimiento de células solares, y materiales magneto-plasmónicos. Los ambiciosos objetivos de la línea en “Imagen a nanoescala, nanolitografía y biosensores nanomecánicos” incluyen el diseño y desarrollo de nuevos microscopios de fuerza atómica con resolución molecular para aplicarlos en imagen biomolecular en líquidos y el desarrollo de biosensores ultrasensibles basados en sistemas nanomecánicos y transductores opto-magnéticos basados en la hidrodinámica de nanopartículas biofuncionalizadas. El objetivo final es lograr herramientas para detección temprana de enfermedades y la integración híbrida en nanomáquinas biológicas.

En cuanto a los objetivos específicos de la línea en “Óptica no-lineal y nanofotónica” del IO, cabe destacar los estudios sobre inclusión de efectos no-locales en la respuesta de materiales nanoestructurados, sobre el control coherente sobre campo cercano, respecto a la evolución espacio-temporal del campo electromagnético con resolución en el nanometro-femtosegundo, nuevos mecanismos de guiado de ondas y propiedades ópticas de nanopartículas metálicas.

9) MICRO Y NANO SISTEMAS INTEGRADOS (MICRO)

Entre los objetivos de las líneas de investigación del IMSE cabe destacar la extensión de rango de frecuencia y de precisión de conversores A/D en tecnología MOS, y el desarrollo de métodos eficientes de herramientas CAD y de test de circuitos integrados de señal mixta, así como el diseño de circuitos y sistemas de RF de bajo consumo. También se espera avanzar en el estudio del problema de sincronización de sistemas, y el desarrollo de nuevos bloques para circuitos digitales de bajo consumo y bajo ruido, y el estudio de técnicas de diseño para entornos distribuidos de sensores inalámbricos digitales.

Los objetivos específicos del IMB incluyen en la sublínea de “Circuitos Integrados y Sistemas” la incorporación de nuevos tópicos a su catálogo de experiencia como una nueva generación de sensores de imagen basados en arrays planos activos focales, interfases micro/nano electrónicos para sensores N/MEMS, comunicaciones y alimentación inalámbrica para sensores distribuidos y electrónica implantable en sistemas biológicos. Uno de los objetivos de la sublínea en “Dispositivos y Sistemas de Potencia” es el diseño de nuevos sistemas y dispositivos basados en semiconductores, utilizando silicio en estructuras complejas y de alto rendimiento y semiconductores de banda ancha en el caso de aplicaciones para alta potencia o temperatura. Dentro de los múltiples objetivos de la sublínea en “Transductores para Sensado Químico y Bioquímico”, destacar la obtención de nuevos transductores combinando tecnología de silicio y polímeros, la integración de transductores electroquímicos y optoquímicos en plataformas “lab-on-a-chip”, el desarrollo de sensores autónomos para redes inalámbricas de sensores, o la mejora de sistemas de transducción y el desarrollo de microarrays para la detección de proteínas.

10) CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DE LA COMPUTACIÓN (ICT)

Entre los objetivos de las líneas del IIIA en esta temática está el desarrollo de investigación básica en los aspectos formales de Inteligencia Artificial, y en los campos en que tiene una posición de liderazgo, como es el caso en negociación, confianza, e ingeniería de software en sistemas abiertos multi-agentes, así como en aprendizaje, razonamiento basado en casos, y privacidad de datos. Mejorando la competitividad en técnicas como minería de datos y clustering se espera incrementar el impacto de su aplicación en dominios como la bioinformática o las redes sociales.

Los objetivos de la línea de Computación Avanzada y e-Ciencia del IFCA son muy ambiciosos: desarrollo de middleware específico aplicaciones en diferentes áreas de investigación (Astrofísica, Lattice QCD, HEP o fusión), la integración de instrumentación remota, o la aplicación de nuevas técnicas de virtualización y de paralelización. La línea de Grid y e-Ciencia del IFIC propone además la aplicación

Objetivos 2010-2013

específica en Biomedicina, ligada a la iniciativa de Hadronterapia en el IFIMED. Ambas líneas tienen un fuerte respaldo en infraestructura y servicios a través del proyecto en desarrollo GRID-CSIC, que deberá completar su primera fase de instalación de infraestructura en 2010.

Estrategia para conseguir los objetivos propuestos y desarrollo de la estrategia (acciones previstas)

Las estrategias a desarrollar se definen a partir de las definidas por los institutos en sus planes de actuación, y las que se pueden plantear globalmente a partir del análisis DAFO.

Asignación de recursos, personal y equipamiento científico, a los institutos.

Los planes estratégicos de los institutos incluyen una solicitud de recursos, humanos y económicos. En el proceso de negociación estas solicitudes han sido revisadas y se ha acordado una propuesta que permita alcanzar los objetivos científicos y tecnológicos planteados, con sus correspondientes indicadores. Debe tenerse en cuenta que además de esta propuesta de asignación de personal científico-técnico, se cuenta con una propuesta desde Secretaría General de asignación de recursos adicionales de gestión y apoyo general al funcionamiento de los centros e institutos.

Colaboración entre Institutos

Se apoyará la participación en las diferentes formas de colaboración temática entre los institutos, desde la ligada a las iniciativas CONSOLIDER en marcha, alguna de los cuales tiene como objetivo explícito establecer nuevos centros nacionales en su temática, a otras redes existentes. En particular se potenciarán iniciativas que mejoren el papel de liderazgo o visibilidad de los investigadores del CSIC.

Entre las iniciativas en marcha debe destacarse el proyecto CONSOLIDER de creación del Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear, CPAN, coordinado desde el CSIC. Dentro de la estrategia del área se contempla apoyar la creación y consolidación de este centro, y en esa línea debe entenderse la dotación de recursos específicos en varios de los institutos participantes (IFIC, IEM, IFT, IFCA). La visibilidad del CSIC depende en buena medida de lograr actuaciones conjuntas que pueden desarrollarse en este marco, como la explotación de los experimentos del LHC, o la participación en nuevas iniciativas como ILC.

Otro ejemplo de posible colaboración entre los institutos de las líneas ASTRO y FPAN es una iniciativa denominada Cosmovisión-CSIC, que tiene como objetivo la explotación científica de los datos de experimentos y misiones internacionales (como Tevatron, LHC, XMM, Planck, Herschel, Integral, Magic, JWST, VLT, ANTARES) con participación del CSIC y que permitirán completar una nueva visión del Cosmos a partir de 2010. Esta es una ocasión única dada la posición e implicación de los investigadores del CSIC en estas iniciativas, que

Desarrollo de las estrategias

debe plasmarse en contribuciones directas en los artículos de referencia que van a marcar una nueva visión del Cosmos.

Participación en iniciativas interdisciplinares

Se analizará el potencial de los institutos de cara a su participación en los Ejes Estratégicos del CSIC y a otras posibles iniciativas interdisciplinares, y se promoverán los contactos entre áreas de cara a establecer el marco de colaboración dentro del CSIC que permita su desarrollo.

Para establecer estas iniciativas interdisciplinares se partirá de las ideas de los grupos de investigación de los institutos, que se debatirán en reuniones específicas orientadas a los diferentes ejes. De estas reuniones se elaborará una lista de iniciativas posibles que se contrastará con otras áreas para que una vez se establezca un posible proyecto común se definan las acciones de apoyo posibles a través de la línea FOCUS del Plan Estratégico del CSIC.

La tabla siguiente muestra algunas de las iniciativas, tanto dentro del área como entre áreas, que se están planteando desde la comisión de área y desde los institutos.

ACCIÓN PROPUESTA	OBJETIVO	TEMÁTICA/ ÁREAS
COSMOVISION CSIC (Propio del área) Asegurar visibilidad en los consorcios internacionales. Definir la relevancia de los modelos teóricos de cara al análisis experimental, y promover su uso. Organizar Workshops interdisciplinares. Contar con modelos propios y mantener el software asociado. Disponer de recursos de computación. Descargar tareas de gestión de los senior. Lograr investigadores VISIBLES internacionalmente (coordinadores, etc.) en 2010-2011. Crear/ identificación mecanismos de difusión adecuados (en colaboración con CPAN, etc.).	Explotar los datos de colaboraciones internacionales (en Tevatron, LHC, XMM, Planck, Herschel, Integral, Magic, JWST, VLT, ANTARES) con participación del CSIC y que permitirán completar una nueva visión del Cosmos a partir de 2010.	ASTRO FPAN
INSTRUNEXT (Eje Instrumentación) Apoyar la participación tecnológica (Micro, Nano, Robótica, Computación y Ciencia de Materiales) en los nuevos instrumentos espaciales, observatorios y grandes detectores o laboratorios. Participar y apoyar los foros relevantes en la comunidad y en especial con participación del CSIC (CPAN, RIA, etc.). Desarrollar líneas tecnológicas (ej. criogenia). Asegurar apoyo de equipos de ingeniería.	Participar en la próxima generación de instrumentación para ESFRI y en paralelo en las iniciativas ICTS en España (FAIR, ILC, SKA, KM3NET, E-ELT, CAHA , GTC, LSC, SPIRAL2, ESS, TECNOFUSION)	ASTRO FPAN TEC, ICT NANO MICRO MAT

BIOTEC (Eje Envejecimiento) Investigación orientada a la aplicación a medio plazo en: visión, imagen médica, diagnóstico, aplicación de nuevos materiales y técnicas de detección, aplicaciones de la robótica y la bioingeniería. Asegurar la explotación de PIF en marcha.	Desarrollar y explotar una nueva generación de técnicas para Salud (Diagnóstico, Modelado, Prótesis, Fármacos, Robótica, etc.)	OPT, NANO FPAN, TEC ICT BIO, MAT
MICROMODEL (Ejes Cambio Global y R. Hídricos) Definición de una nueva generación de redes de sensores inalámbricos y su integración (instalación, operación, toma de datos, análisis) para lograr un modelado local de recursos naturales incorporando los modelos globales. Posibilidad de integración de robótica. Plantear proyectos con participación del CNM, centros TEC y de los recursos de computación del CSIC.	Micro instrumentación y sensores para modelado de recursos naturales, con integración de observaciones geoespaciales y despliegue de aplicaciones robóticas (escenario potencial: Doñana).	NANO MICRO, TEC, ASTRO QFISES, ICT RRNN, AGR
PROBIOSIS (Propuesto desde BIO) Definir los tópicos de mayor interés en el área teniendo en cuenta los recursos en instrumentación, computación y de modelado. Participar en un CONSOLIDER específico. Intentar <u>abordar un reto visible</u> .	Abordar retos instrumentales y de modelado en biología de sistemas	QFISES, ICT NANO BIO RRNN
DIAGNOSTIC (Eje instrumentación) Establecer un servicio ÚNICO (coordinado desde el Área o desde VICYT) de asesoramiento y seguimiento en técnicas de instrumentación, modelado, taller y computación para problemas específicos, en el área y fuera de ella, e identificar los equipos humanos y materiales existentes para ello así como su uso compartido y complementario. Optimizar nuevas inversiones en equipamiento, <u>plazas y contratos</u> .	Explotación de técnicas avanzadas disponibles en los centros del CSIC. Promover nuevas empresas de instrumentación, diagnóstico, modelado, computación. Establecer relaciones con las empresas correspondientes.	TODAS MAT, QUIM HUM, BIO ALIM, AGR
QINFO (Propio del área) Analizar la actividad de los grupos (IFT, IFF, IFISC) y posibles colaboraciones externas (MPI Quantum Optics)	Hacer visible el potencial del CSIC en Información Cuántica	QFISES
GESTENER (Eje Energía) Gestión de sistemas en energía (Pilas Combustible, Viviendas/Domótica)	Sistemas de Percepción/ Actuación orientados a la <u>gestión de energía</u>	TEC QUIM, MAT
SURVIVAL (Eje Cambio Global) Adaptabilidad y supervivencia frente a cambio global y predicciones e impacto en la biodiversidad (resilience)	Modelos para Biodiversidad basados en técnicas de observación avanzadas.	QFISES, ICT MAT, TEC RRNN

Potenciar la transferencia de conocimiento.

Se analizará conjuntamente con la Oficina de Transferencia de Tecnología y las Delegaciones Institucionales que correspondan, los mecanismos para promover

Desarrollo de las estrategias

la transferencia de conocimiento, desde la asignación de personal específico de apoyo (programa JAE-Transfer) a la valoración en el CV de los investigadores a efectos de promoción. Se promoverán los contactos con la industria relevante, y el seguimiento de los mismos.

Varios de los institutos del área han incluido en su plan de actuación servicios relacionados con la transferencia de tecnología explícitamente, o cuentan ya con experiencia en este campo, bien directamente, o a través de las Delegaciones Institucionales del CSIC en las Comunidades Autónomas. En el análisis a realizar se verá la forma de consolidar esta actividad, y de realizar un seguimiento de la actividad, teniendo en cuenta además la existencia de objetivos en este apartado (patentes solicitadas, patentes licenciadas, volumen de investigación contratada).

Participación en la formación de nuevos investigadores

Se tratará de establecer un marco adecuado para la participación de los investigadores del CSIC en los programas de master y doctorado de las Universidades, para garantizar el reconocimiento de esta actividad y para potenciar el contacto con la cantera de jóvenes investigadores. En particular se procurará que esta participación se refleje en acuerdos explícitos, ya existentes con diversas Universidades, y se impulsará la difusión de las becas JAE-Intro y su posterior seguimiento. Esta actuación se realizará en coordinación con el Departamento de Postgrado del CSIC, con el que ya se han establecido los contactos iniciales desde la comisión de área, y se enmarca en el polo “Expertos” del PE general del CSIC, en la línea DoCiencia.

Difusión de la Ciencia en la Sociedad

Se promoverá la elaboración de presentaciones y materiales didácticos que acerquen la investigación realizada en los institutos a la sociedad en general, y a los jóvenes en particular. Se apoyarán en este sentido las iniciativas propuestas por el Área de Cultura Científica del CSIC.

Al igual que en el apartado de transferencia de tecnología, de nuevo cabe señalar que varios de los institutos del área han propuesto servicios de difusión, y que el esquema de funcionamiento debe analizarse conjuntamente con la Vicepresidencia Adjunta de Organización y Cultura Científica.

Una de las acciones previstas a destacar es la elaboración de material de difusión y didáctico, orientado al público juvenil, y en particular en enseñanza secundaria, dónde se puede lograr un impacto significativo.

Creación de nuevos Institutos y Unidades Asociadas

Como ya se ha indicado en el momento de elaborar este Plan de Actuación tres centros del área se encontraban en proceso de reestructuración, con el objetivo de crear dos nuevos institutos mixtos con la Universidad Politécnica de Madrid

(UPM), CAR y CAA-END.

Además se espera explotar el potencial adicional de colaboración en varias líneas de investigación relevantes a través de nuevas iniciativas posibles con universidades, con las que ya existen contactos y experiencia previa de colaboración. Estas iniciativas que se irán concretando a lo largo del desarrollo del Plan se están planteando en Astrofísica (UA al CAB en la UAM), en Instrumentación en Imagen Molecular (con la UPV), o en Bioingeniería (con la UAH), entre otras.

Difusión interna en el Área

Uno de los problemas identificados en la actividad global de los institutos del área es la dificultad para la difusión interna de las iniciativas, posibilidades, actuaciones, etc. Este problema tiene una de sus causas en la dispersión geográfica de los institutos, que dificulta el contacto directo entre los mismos y con la coordinación del área. Además la diversidad de líneas de investigación hace difícil tener una visión completa de las mismas y de los investigadores que trabajan en ellas. Por otra parte la multitud de posibles acciones en las que un investigador del CSIC puede y debe participar, no aparecen muchas veces priorizadas ni suficientemente difundidas. Por último, el grado de conocimiento de los investigadores del CSIC de las líneas de investigación que se desarrollan en los demás institutos, es también muy limitado.

Por ello desde la coordinación de área se espera establecer a lo largo del Plan 2010-2013 varios mecanismos, algunos de los cuales ya se están poniendo en marcha:

- Web del área, dirigido en una primera fase a la dirección de los institutos y posteriormente a los investigadores, con información relevante y estructurada de las diversas posibilidades e iniciativas científicas. El Web de tipo colaborativo incluye igualmente un foro de discusión, y una parte de difusión exterior, en la que se irán recopilando de forma continua los resultados más relevantes, lo que permitirá un seguimiento general de la actividad científica de los centros.
- Base de datos de investigadores relevantes, basado en los CV incluidos por los institutos en el PE, que permita desde establecer nuevos contactos nacionales e internacionales a la presentación de investigadores del CSIC en las diferentes convocatorias de premios y subvenciones.
- Sesiones específicas de posibilidades en iniciativas europeas (ESF, FP7, colaboración con MPG, CNRS, CNR, etc.) en colaboración con la Vicepresidencia de Relaciones Internacionales.

Asignación de recursos e indicadores de seguimiento

Recursos

La asignación de recursos a los institutos se ha realizado en base a dos componentes: evaluación de los institutos y sus líneas de investigación por los paneles internacionales, y objetivos establecidos en el proceso de negociación con la dirección de los institutos.

Una vez finalizada la evaluación externa, la comisión de área consideró sus resultados y se elaboró una lista con todas las líneas y las indicaciones correspondientes. Se identificaron todas aquellas con indicación de “DISCONTINUACION” y se propuso a los directores su remodelación, bien incluyéndolas en otras existentes (unificación) o bien situándolas en la línea general del instituto (sin recursos, lo cual ocurrió sólo en tres casos). Se examinaron las alegaciones de los institutos y se acordó respetar el informe de evaluación externa.

El coordinador realizó para cada instituto una estimación de objetivos base a partir de los resultados obtenidos en el periodo 2003-2007, y con valores superiores a los del PE-2006-2009. Estos objetivos base deberán alcanzarse SIN DOTACION ADICIONAL DE RECURSOS, como se indicó a los directores en la negociación. Se tuvo en cuenta para ello también el volumen de recursos existentes en cada instituto (plantilla científica en % del área) y las posibles bajas (y altas correspondientes a la OPE 2008). Se estimó el % de cada centro en el área en los indicadores seleccionados como clave: Financiación Competitiva, Investigación Contratada, Publicaciones ISI en “high percentil”, Patentes solicitadas y licenciadas (sólo centros tecnológicos), tesis presentadas, horas de cursos y actividades de difusión.

A partir de las tablas totales de recursos para el área en el periodo 2010-2013, se realizó una primera asignación teniendo en cuenta las líneas a impulsar y consolidar. Se compararon los valores globales con los de las solicitudes de los centros.

Se propuso una priorización para las plazas de CT teniendo en cuenta la evaluación de las líneas, los objetivos, los recursos existentes y también los compromisos institucionales, y en particular del programa RyC. Se discutió esta priorización en la Comisión de Área y se acordó proponer también a los centros una futura participación en acciones de los Ejes Estratégicas, que podrían ser apoyadas en su momento con contratos del tipo JAE Senior.

Además de los recursos asociados directamente a los PE de los institutos, es

de esperar que algunos de los institutos logren recursos adicionales, si son necesarios, ligados a su potencial participación en las acciones indicadas anteriormente. La siguiente tabla da algunos ejemplos:

	Ejemplos de Potencial de Participación en Acciones
CAB	InstruNEXT, Cosmovisión-CSIC
CNM-IMB	MicroModel, InstruNEXT, DIAGNOSTIC
CNM-IMM	InstruNEXT, DIAGNOSTICA
CNM-IMS	MicroModel
IAA	InstruNEXT, Cosmovisión-CSIC
ICE	InstruNEXT, Cosmovisión-CSIC, MicroModel
IEM	InstruNEXT, Cosmovisión-CSIC, DIAGNOSTIC
IO	BioTEC, DIAGNOSTICA
IFF	DIAGNOSTICA, QInfo
IFCA	InstruNEXT, Cosmovisión-CSIC, DIAGNOSTIC
IFIC	InstruNEXT, Cosmovisión-CSIC, DIAGNOSTIC
IFISC	ProBiosis, SURVIVAL, Qinfo
IFT	Cosmovisión-CSIC, Qinfo
ICMAT	ProBiosis
IIIA	MicroModel, SURVIVAL
IRI	MicroModel, GestENER
LITEC	GestENER, DIAGNOSTIC

Indicadores de seguimiento

Indicadores de seguimiento

Los indicadores de cumplimiento de los objetivos propuestos se resumen a continuación:

- 1) En cuanto a **publicaciones en revistas** y en actas de congresos ISI de **alto impacto**, se espera mantener el elevado nivel logrado en los últimos años, con un incremento que situaría el total en cerca de **5000 contribuciones** en el periodo 2010-2013.
- 2) El objetivo base fijado para la **financiación competitiva** de proyectos de investigación es de más de **105 M euros**, lo que supone una subida del 5% respecto al objetivo del plan 2006-2009.
- 3) Un objetivo más ambicioso es **eleva el apartado de transferencia científico-tecnológica** a través de contratos en casi un 50%, alcanzando una cifra cercana a los **15M** euros. Igualmente se propone duplicar el apartado de patentes a **80**. Conviene precisar que esta cantidad no incluye las patentes de los centros en reestructuración que tienen un perfil fundamentalmente tecnológico.
- 5) En el apartado de formación, el objetivo en cuanto a **participación en cursos de master y doctorado** supera ampliamente el del anterior plan, proponiendo un total de **43.000 horas impartidas**, muchas de ellas aprovechando los nuevos master. En cambio la previsión en cuanto a **número de tesis dirigidas por los investigadores de los institutos** se reduce en un 10% respecto al plan anterior, reflejando las dificultades de captación de nuevos estudiantes de doctorado.
- 6) Por último, en el apartado de difusión se propone un total de casi 1000 actividades, lo que supone casi 5 actividades por semana.

Indicadores de seguimiento 8

CU