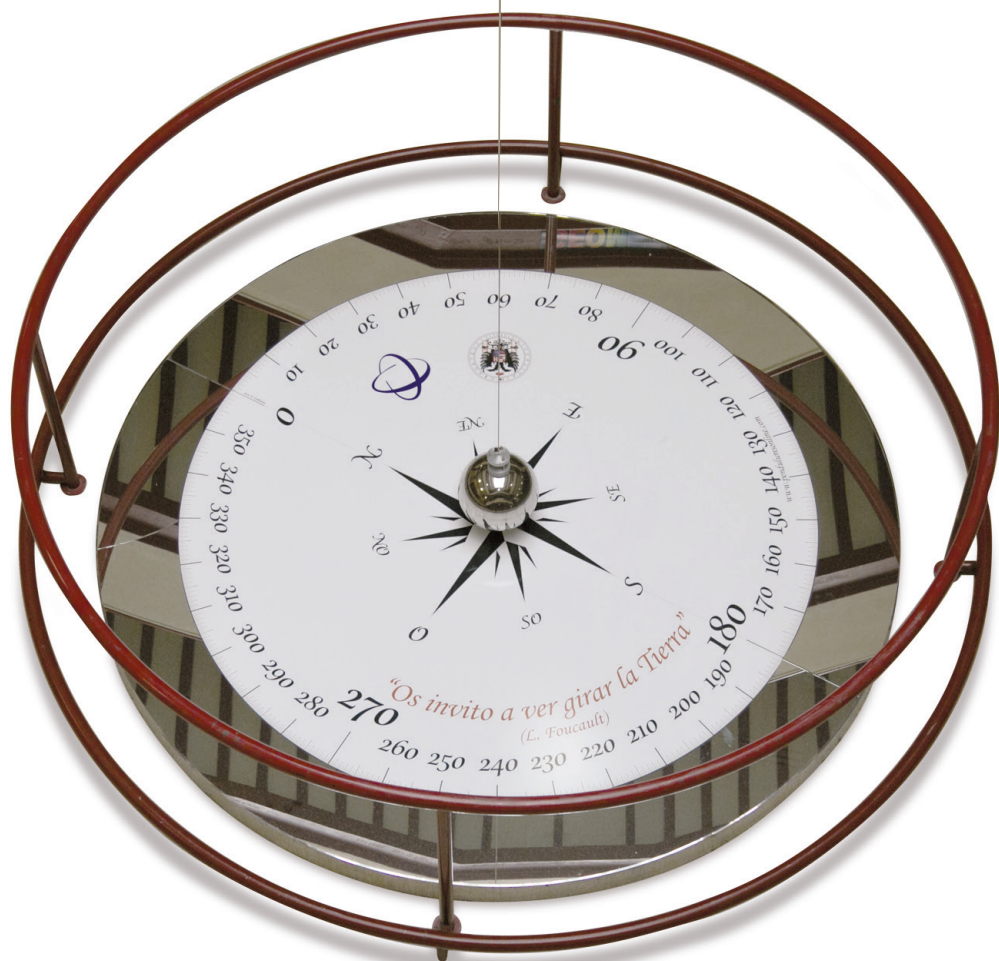


ESTRELLA FLORIDO NAVÍO (ed.)

50 años de estudios de Física en Granada



eug

50 años de estudios de Física
en Granada



Estrella Florido Navío
(editora)

50 años de estudios de Física en Granada



Granada 2024

COLECCIÓN
UNIVERSIDAD DE GRANADA. HISTORIA Y PATRIMONIO

- © Estrella Florido Navío (editora)
© M^a del Carmen Carrión Pérez, Marta Anguiano Millán, Ángel Vicente Delgado Mora,
Luis Miguel Jiménez del Barco Jaldo, Antonio Lallena Rojo, Juan Antonio López Villanueva,
Alberto Martín Molina, Ramón Moreno Salamanca,
Alfonso Salinas Extremera (comisión editora)
© UNIVERSIDAD DE GRANADA
ISBN (e) 978-84-338-7366-8
Edita: Editorial Universidad de Granada
Campus Universitario de Cartuja
Colegio Máximo, s.n., 18071, Granada
Telf.: 958 243930-246220
[www: editorial.ugr.es](http://www.editorial.ugr.es)

Maquetación: Raquel L. Serrano / atticusediciones@gmail.com
Diseño de cubierta: Tarma, Estudio Gráfico. Granada.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.



ÍNDICE

PRÓLOGO	11
PRESENTACIÓN	13
HISTORIA DE LOS ESTUDIOS DE FÍSICA EN LA UNIVERSIDAD DE GRANADA (UGR)	
ANTES DE LA IMPLANTACIÓN DE LA LICENCIATURA	17
Los inicios	17
La consolidación	24
La expansión	26
Algunas raíces	32
APUNTES HISTÓRICOS: 1966 – LRU	35
Orígenes	35
El primer plan de estudios. Primer ciclo	38
Se inicia el segundo ciclo. Especialidades	42
Nuevos departamentos. Incorporaciones a las plantillas docentes	44
La Ley de Reforma Universitaria. Consecuencias	46
DESPUÉS DE LA LRU DE 1983	49
RAMIFICACIONES. LA TITULACIÓN DE FÍSICAS COMO GERMEN DE LA CREACIÓN DE OTROS ESTUDIOS	63
Informática en 1986	63
Óptica y Optometría en 1989	66



Ingeniería Electrónica en 1995	68
Ingeniería de Telecomunicación en 2003	70

BREVE HISTORIA DE LOS DEPARTAMENTOS ACTUALES DE FÍSICA EN LA UGR

FÍSICA APLICADA	73
FÍSICA ATÓMICA, MOLECULAR Y NUCLEAR	87
FÍSICA TEÓRICA Y DEL COSMOS	99
ELECTROMAGNETISMO Y FÍSICA DE LA MATERIA	107
ELECTRÓNICA Y TECNOLOGÍA DE COMPUTADORES	111
ÓPTICA	123

INVESTIGACIÓN EN FÍSICA EN LA UGR

GRUPOS PAIDI	147
EVOLUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN. BREVE ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO	201
50 AÑOS DE EVOLUCIÓN INFORMÁTICA	209

CENTROS DE INVESTIGACIÓN EN GRANADA RELACIONADOS CON FÍSICA

INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA (IAA)	225
INSTITUTO CARLOS I DE FÍSICA TEÓRICA Y COMPUTACIONAL (IC1)	241
INSTITUTO ANDALUZ DE GEOFÍSICA Y PREVENCIÓN DE DESASTRES SÍSMICOS (IAGPDS)	249



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA (CITIC-UGR)	259
--	-----

INSTITUTO INTERUNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA TIERRA EN ANDALUCÍA (IISTA)	275
---	-----

DOCENCIA EN FÍSICA EN LA UGR

EVOLUCIÓN DE LA DOCENCIA	289
--------------------------------	-----

PLANES DE ESTUDIO DE FÍSICA EN LA UGR	297
---	-----

Primera etapa: Licenciatura	298
-----------------------------------	-----

Segunda etapa: Grado	305
----------------------------	-----

Doble Grado en Física y Matemáticas	307
---	-----

Participación de los departamentos de física en otras titulaciones	308
--	-----

ANEXOS

50 AÑOS DE TESIS DOCTORALES	313
-----------------------------------	-----

CARGOS ACADÉMICOS Y DE GESTIÓN EN LA UGR	345
--	-----

Cargos académicos y de gestión en los órganos de gobierno de la UGR	345
---	-----

Organización de los estudios de Física	346
--	-----

MIEMBROS DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICO-QUÍMICAS Y NATURALES DE GRANADA	351
---	-----

IN MEMORIAM	353
-------------------	-----



PRÓLOGO

La Universidad de Granada celebra en 2024 los cincuenta años de la instauración de su Licenciatura de Física. Medio siglo en el que muchas personas, con su trabajo, han conseguido situar a esta especialidad y a la Facultad de Ciencias de Granada como una de las más importantes en el entorno internacional. El ranking de Shanghai de 2023, de hecho, sitúa a la UGR entre las 400 mejores universidades del mundo en Físicas, una estupenda posición que se ha alcanzado gracias al esfuerzo y perseverancia de muchos docentes e investigadores.

Aunque la licenciatura llegó al Campus de Ciencias en 1974, los estudios de Física llevaban ya algún tiempo entre nosotros. En la segunda mitad del siglo XIX, con la creación en España de las Facultades de Ciencias, se incorporan a la Universidad de Granada las primeras asignaturas relacionadas con la materia. Con el paso del tiempo, la UGR fue contando con las diferentes licenciaturas clásicas del ámbito científico como Química, Geología, Matemáticas o Biología. Finalmente, con la incorporación de la de Física en 1974 se completó el catálogo de las entonces cinco ramas fundamentales de los estudios de ciencias.

La licenciatura de Física fue sin duda un éxito resultado de un esfuerzo colectivo. Sin embargo, incluso en estos esfuerzos colectivos, siempre hay personas concretas a las que reconocer el liderazgo que permite canalizar el trabajo y la energía de un grupo. En este caso, es obligatorio referirse a Gerardo Pardo Sánchez y Bernardo García Olmedo. Ambos, desde su entusiasmo y su posición de directores de los departamentos de Física Fundamental y Electricidad y Electrónica, personifican perfectamente el deseo de traer a la Universidad de Granada un título que no podía dilatarse más.

Hoy, en 2024, medio siglo después es un honor escribir el prólogo de esta publicación que celebra un éxito colectivo en una disciplina fundamental tanto para el propio avance de la humanidad como, además, para la comprensión de este nuevo mundo que nos rodea. Son cincuenta años en los que a la vez que la propia materia ha multiplicado los saberes y la velocidad en la aparición de esos nuevos saberes, la Facultad ha sabido adaptarse a esos enormes cambios. Sin duda, esa capacidad de evolucionar, de estar a la última y, también, de atraer a mentes curiosas y apasionadas, ha contribuido a la



plena vigencia de unos estudios que tienen mucho que aportar al progreso científico y tecnológico de nuestra sociedad.

Desde sus inicios, quienes imparten las enseñanzas de grado –antes licenciatura– y postgrado de Físicas se han destacado por su compromiso con la excelencia académica y la investigación de vanguardia. Y por ello, nuestros docentes e investigadores han dejado su huella en diversos campos, desde la investigación pura hasta aplicaciones concretas, ocupando puestos de relevancia en los rankings y en el mundo de la investigación. También nuestros egresados y egresadas han llevado consigo el espíritu de la excelencia académica y el afán de conocimiento allá donde han desarrollado su trabajo, convirtiéndose así en embajadores de la Universidad de Granada en todo el mundo. Estos 50 años han sido testigo de innumerables logros y avances significativos en diversas áreas de la física, desde la física teórica hasta la física aplicada, pasando por la astrofísica, la electrónica, la óptica, la física de materiales, la nanotecnología y la física de partículas, entre otras.

Además de su destacada labor en el ámbito estricto de la investigación, quienes conforman la comunidad de Física en la universidad granadina han desempeñado también un papel crucial en la promoción de la divulgación científica y la colaboración con otras instituciones, tanto a nivel nacional como internacional. A través de conferencias, seminarios y programas de intercambio, ha contribuido a difundir el conocimiento científico y a fomentar el diálogo entre la comunidad científica y la sociedad en su conjunto.

En este aniversario, celebramos 50 años de vida y, a la vez, renovamos nuestro compromiso con la excelencia académica, la investigación de vanguardia y la formación de profesionales íntegros que continúen siendo agentes para un mundo mejor. Por eso, aprovecho estas líneas para agradecer su trabajo a todo aquel que ha contribuido al éxito de los estudios de Física en este medio siglo: profesores, investigadores, personal técnico de gestión y administración y estudiantado. Su dedicación y trabajo arduo han forjado una historia de éxitos que nos enorgullece compartir.

Ahora es el momento de mirar al futuro con el mismo entusiasmo que pusieron aquellos que participaron en la creación de la licenciatura. Quedan muchos misterios del universo que podrán ser desvelados gracias a la Física, como también quedan muchos desafíos contemporáneos y futuros imposibles de afrontar sin recurrir a ella. En la Universidad de Granada estamos comprometidos y decididos a seguir formando parte de esa red internacional que tiene un papel relevante en esos retos. Para ello, nuestro objetivo es mantener los estudios de Física en el más alto nivel, y ser un pilar de educación superior e investigación en esta apasionante área del conocimiento.

Felicidades por estos 50 años de éxito y ánimo a que sigamos escribiendo nuevos capítulos de nuestra historia académica y científica en este ámbito.

PEDRO MERCADO PACHECO
Rector de la Universidad de Granada



PRESENTACIÓN

En enero de 1974 se iniciaron los estudios de la Licenciatura en Ciencias Físicas en la Universidad de Granada. Un curso singular, ya que, como se ha indicado anteriormente, se inició en enero y culminó en septiembre del mismo año. El experimento del ministro del momento duró poco, igual que el ministro, pero coincidió con la puesta en marcha de unos estudios que vinieron a completar los ya existentes en la Facultad de Ciencias, que desde aquel año contó con las cinco titulaciones clásicas: Biología, Física, Geología, Matemáticas y Química. El estudiantado matriculado en ese curso constituiría la primera promoción de físicos por nuestra Universidad.

Hasta llegar al inicio de la Licenciatura el trabajo de muchos profesores fue ingente, pero hay que resaltar dos nombres: Gerardo Pardo Sánchez, promotor de los estudios de Física, y Bernardo García Olmedo, directores de los departamentos de Física y de Electricidad y Electrónica, respectivamente. Ambos, junto a otros procedentes de otras especialidades y que se incorporaron posteriormente, realizaron una labor extraordinaria y abordaron con entusiasmo e ilusión una tarea por la que siempre les estaremos agradecidos.

Desde aquellos inicios hasta la actualidad han pasado cincuenta años en los que los estudios de Física se han ido adaptado a las leyes y reformas normativas universitarias, hasta llegar a la actualidad donde nuestros estudios están siendo altamente demandados como demuestran los datos de los estudiantes de nuevo ingreso, que accedieron en el último curso académico con un nota de corte de 12,765 (sobre 14) en Física y 13,795 en el doble grado de Física y Matemáticas, siendo esta última la mayor nota de corte a nivel andaluz.

La evolución de la investigación en Física en la Universidad de Granada ha sido espectacular en todas sus ramas de conocimiento, estando posicionada en estos momentos en el ranking de Shanghai por especialidades entre las 400 mejores universidades a nivel mundial. El texto que se presenta incluye un estudio bibliométrico del que globalmente podemos destacar cómo la Física en Granada ha ido escalando puestos a nivel nacional, en lo que respecta al impacto de la investigación, pasando de ser la décima en los periodos iniciales a ser, en la actualidad, de las primeras de España.

En esta publicación colectiva hemos querido recoger la historia de nuestros primeros cincuenta años, incluyendo tres capítulos específicos: desde 1857, inicio de los estudios de Ciencias en la Universidad de Granada, hasta 1973; desde 1974 hasta la Ley de Reforma Universitaria y finalmente, desde 1983 hasta la actualidad. También hemos pedido su contribución a los departamentos de Física que existen en la actualidad, a los grupos de investigación constituidos mayoritariamente por físicos del Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación (PAIDI) en nuestra Universidad, a los Institutos de investigación en diferentes campos de la Física y a los actuales estudiantes del Grado. Sin su trabajo y esfuerzo esta publicación no hubiera sido posible.

Nuestro agradecimiento al trabajo realizado por todos los miembros de la Comisión Organizadora. Han estado representados los seis departamentos en los que en este momento se agrupa el personal docente e investigador en Física de nuestra Universidad. Igualmente agradecemos la colaboración de la Coordinación del Grado y de los estudiantes. Ha sido casi un año de reuniones, a veces semanales, en las que todos han aportado y sin las que este texto no habría sido posible.

Para esta Decana, miembro de la segunda promoción de licenciados y doctora en Ciencias Físicas por la Universidad de Granada, es un orgullo presentar este libro que recoge la historia de los estudios de Física en nuestra Universidad. Hasta llegar aquí, todo un camino, desde hace más de cincuenta años, no exento de dificultades, pero repleto de trabajo académico y científico, de ilusiones y de futuro.

Por último, queremos agradecer a nuestro Rector D. Pedro Mercado su apoyo incondicional para la celebración de este aniversario y su contribución con el prólogo de esta publicación.

*En nombre de la Comisión Organizadora
M^a del Carmen Carrión Pérez
Decana de la Facultad de Ciencias y
Catedrática del Departamento de Física Aplicada*

COMISIÓN ORGANIZADORA:

Carrión Pérez, M^a del Carmen (Decana de la Facultad de Ciencias)
Anguiano Millán, Marta (Secretaria de la Comisión Docente del Grado en Física)
Delgado Mora, Ángel Vicente (Departamento de Física Aplicada)
Florido Navío, Estrella (Departamento de Física Teórica y del Cosmos)
Jiménez del Barco Jaldo, Luis Miguel (Departamento de Óptica)
Lallena Rojo, Antonio (Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear)
López Villanueva, Juan Antonio (Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores)
Martín Molina, Alberto (Coordinador del Grado en Física)
Moreno Salamanca, Ramón (Estudiante de 4º curso del Grado en Física)
Salinas Extremera, Alfonso (Departamento de Electromagnetismo y Física de la Materia)



Historia de los estudios de Física en la Universidad de Granada

ANTES DE LA IMPLANTACIÓN DE LA LICENCIATURA

Enrique HITA VILLAVERDE / Eduardo BATTANER LÓPEZ

Alberto PRIETO ESPINOSA

LOS INICIOS

Los estudios de Física en Granada nacen ligados a la creación en 1857 de las Facultades de Ciencias integradas en las Universidades, adscribiendo a las mismas las materias de carácter científico que, hasta entonces, se impartían en las Facultades de Filosofía, etapa de la que se tiene información de que entre 1817 y 1849 se hizo cargo de las enseñanzas de Física el catedrático de Física Experimental, dentro de Ciencias Físico-Matemáticas, Juan de Dios de la Rada y Henares, el cual cubrió la etapa de transición entre las dos épocas. Este profesor fue autor en 1839 del libro *“Elementos de Física Jeneral [sic], dispuestos para el mejor conocimiento de los jóvenes”*¹ (figura 1a). Así mismo, dio el discurso (“oración”) de apertura del curso de la Universidad 1848-49² (figura 1b).

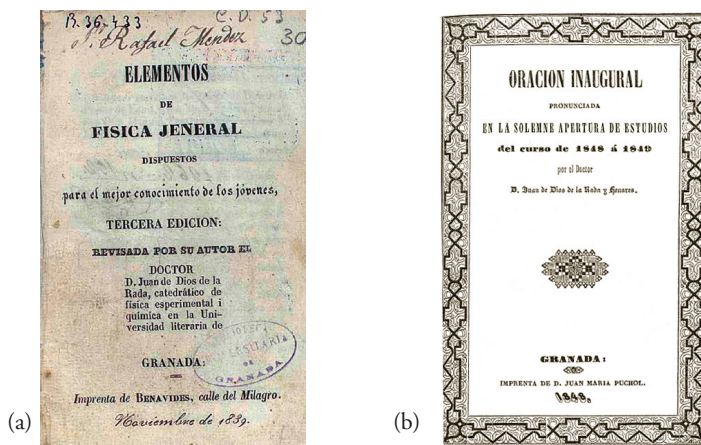


Figura 1. Actividades de D. Juan de Dios de la Rada y Henares: portadas de su:
(a) Libro de Física Jeneral [sic], (b) discurso inaugural del Curso Académico 1848-49.

1. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/65087/C002001-30.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/19292/C-088-027%281-12%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tras esta creación de 1857, las Facultades que aparecían en la Universidad Española eran las de Ciencias, Derecho, Farmacia, Filosofía y Letras, Medicina y Teología. Los estudios en estas Facultades se establecían en tres periodos que conducían a los grados académicos de Bachiller, Licenciado y Doctor, siendo necesario para acceder a ellos haber cursado el grado de Bachiller en Artes ligado a la enseñanza secundaria.

La denominación establecida por ley era la de Facultades de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, apareciendo las tres secciones correspondientes.

La ley establecía que las materias a estudiar en las Facultades de Ciencias serían, además de las que le eran propias, aquellas otras que, formando parte de otras facultades o carreras fueran afines, tales como medicina, farmacia y otros estudios superiores.

El esquema general de las universidades estatales establecía una Universidad Central en Madrid y nueve Universidades de Distrito, entre ellas la de Granada.

Para la Universidad de Granada se establece por Real Decreto de 1867 que los estudios a cursar en ella lo serían hasta el Grado de Bachiller y entre las materias que se deberían cursar aparecía la de Ampliación de la Física Experimental, teniéndose constancia de que durante los primeros años tal asignatura estuvo adscrita al Profesor Doctor D. Manuel Fernández Figares; después volveremos sobre este profesor.

Tras un ir y venir en lo que se refiere a la estructuración en secciones de las Facultades de Ciencias, en 1880 un Real Decreto del Ministerio de Fomento establece las secciones en número de tres, denominándolas Ciencias Físico-Matemáticas, Ciencias Físico-Químicas y Ciencias Naturales. Pero, tal vez, lo más relevante de este decreto fue establecer que los estudios de facultad conducirían al título de Licenciado y, posteriormente y en su caso, al de Doctor.

Esto significaba que desaparecían de las Facultades de Ciencias los estudios de bachiller que pasaban a las enseñanzas en los Institutos de Secundaria.

Esta situación afectaba de forma muy significativa a aquellas facultades que, como la granadina, sólo tenían autorizados los estudios de bachiller, ya que a partir de entonces las únicas materias que contaban con alumnado eran aquellas que, impartándose en la Facultad, formaban parte de los estudios de Medicina y Farmacia, siendo este el origen del denominado “Curso Preparatorio”.

Esta situación se mantuvo hasta la instauración en 1913 en Granada de las enseñanzas de licenciatura en la Sección de Ciencias Químicas entre las que aparecían la Física General en 2º curso y la Cosmografía y Física del Globo en el 4º.

Este plan de estudios inicial tuvo muchos cambios a lo largo del tiempo pero, tal vez, lo más significativo de los mismos se establezca con el Real Decreto de 1944 según el cual las Licenciaturas de Ciencias deberían tener una duración de 5 años.

Posteriormente, y por un decreto de 1953, se implanta un primer “curso selectivo” para todos los estudios de Ciencias, en el que aparecía la asignatura de Física General. Este curso selectivo se mantendría vigente durante décadas y, en principio, era común a las carreras de Ciencias, Farmacia y Medicina, si bien en esta última no se cursaba la asignatura de Geología. También se establecían los cursos selectivos de Escuelas

Técnicas Superiores que en los distintos planes que los regularon incluían la Física General como asignatura obligatoria.

La siguiente Licenciatura que se implanta en la Facultad de Ciencias de Granada fue la de Geología, que se inició en el curso 1958-59. En su primer plan de estudios, esta licenciatura incluía, además de la Física General del Curso Selectivo, una asignatura de Física en el 2º curso. Este primer plan de estudios tuvo sucesivas modificaciones con el paso de los años.

Posteriormente, en el año 1964, se iniciaron los estudios de Matemáticas y en su primer plan de estudios, que era el que se cursaba en Madrid, además de la asignatura de Física General del curso selectivo, aparecen las asignaturas de Física Teórica 1 (Mecánica y Ondas) y Física Teórica 2 (Electricidad y Óptica) en los cursos segundo y tercero respectivamente, y en una de sus versiones la de Astronomía en 4º curso.

El siguiente paso fue la implantación de la licenciatura en Biología que integraba en su plan de estudios inicial la asignatura de Física General del curso selectivo.

Además de estos estudios ligados a la Facultad de Ciencias, se impartían en Granada asignaturas con contenidos de Física en las licenciaturas de Medicina y Farmacia, si bien su docencia era competencia de las facultades respectivas.

Como ya hemos indicado, todos los planes de estudios involucrados en las distintas secciones de la Facultad de Ciencias han venido sufriendo modificaciones a lo largo de los años, incluida la desaparición del curso selectivo común, ello con el fin de adaptarse a las exigencias del desarrollo de las Ciencias Experimentales en su caso y a las exigencias profesionales en general.

No obstante, la licenciatura en Ciencias Químicas tal vez haya sido la que mayor impacto ha tenido en lo que concierne a las enseñanzas de Física, ya que, además de la asignatura de física del curso selectivo inicial, mantuvo durante muchos años dos asignaturas más de contenido físico, tales como Mecánica y Termología en 2º curso, así como Electricidad y Óptica en 3º.

Pero, es más, entre las modificaciones de sus planes de estudios se crea en Granada, en el curso 1957-58, una especialidad denominada inicialmente "Física" que, posteriormente, pasaría a denominarse "Didáctica".

Esta especialidad incluía en su plan de estudios y en los dos últimos años de la licenciatura 4 asignaturas de Física además de las ya mencionadas en los cursos segundo y tercero. Estas asignaturas eran inicialmente: Electrónica en 4º, y en 5º Física Atómica, Física Nuclear y Física Teórica y, posteriormente, las de Elementos de Física Técnica y Electrónica, Física Atómica y Nuclear, Física Teórica y Didáctica de la Física.

El origen de esta especialidad pudo venir motivado, posiblemente, por una doble razón. En primer lugar, las plazas del profesorado de enseñanza secundaria tenían, y tienen, el perfil de Física y Química por lo que se pretendía, pues, preparar, desde origen, a los licenciados que tuvieran la intención de dedicarse a esta docencia.

Esta decisión fue realmente interesante para los futuros licenciados en la misma, pues a todos los niveles, y por supuesto el local, casi todas las plazas de profesorado de

Física y Química de secundaria las ocupan licenciados en Químicas, mientras que los licenciados en Físicas optan, con mucha frecuencia, hacia las de matemáticas dada la alta incidencia de estas materias en su licenciatura y a la poca afición de los físicos por la Química, al menos los de aquella época.

En segundo lugar, y como hemos visto, la docencia de Física en todas las secciones de la Facultad estaba presente con mayor o menor incidencia. Esta circunstancia exigía a los responsables de su impartición poder nutrirse, a veces con premura, de profesorado capacitado para llevarla a cabo cuando las exigencias de ampliación de grupos, jubilaciones, promociones e incluso de investigación lo requiriesen. Téngase en cuenta que esta rama aparece, como veremos, cuando se inicia un proceso incipiente de investigación en Física en la Facultad.

Resulta difícil recabar información general constatable sobre la totalidad del profesorado que se hacía cargo de la docencia de estas asignaturas hasta los años 50, así como de la investigación, si es que se hacía, realizada por el mismo. No obstante, consultando los anuarios de Granada, así como el libro *Mis Memorias de Granada*, del ilustre granadino D. Luis Seco de Lucena, los archivos de la Universidad, el Libro de *La Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada* del Profesor Ríos Guadix, la publicación *La Universidad de Granada, Cinco Siglos de Historia y los Escalafones del Profesorado Universitario* publicados por el Ministerio, se ha podido reconstruir alguna información al respecto.

Así, se ha constatado que durante el período entre 1850 y 1890 aproximadamente se hacía cargo de las enseñanzas de Física el profesor Manuel Fernández de Fígaras quién, además, fue decano de la Facultad y Vicerrector de la Universidad. Este profesor impartió el discurso inaugural de apertura del curso académico de 1863 a 1864 de nuestra universidad ³ (figura 2), además de ser autor del libro *Manual de Física y Nociones de Química*, publicado en 1857.

Tras un periodo entre 1889 y 1896, donde no hay información salvo la de que la cátedra no estuvo ocupada, aparece, en el periodo 1897-99 el catedrático de Ampliación de Física Eduardo Alcobé y Arenas como responsable de la docencia en Física, quien también se encargó de la estación meteorológica.

Durante el periodo comprendido entre los años 1900 y 1904, se señalan para la actividad docente al catedrático de Ampliación de Física Juan A. Izquierdo Gómez y, posteriormente, lo haría el profesor Ángel Ballester Berenguer.

3. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/19307/C-088-027%281-27%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

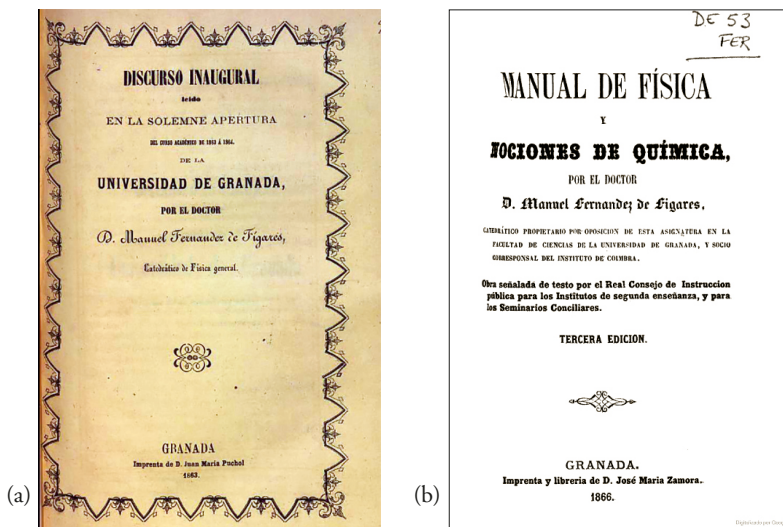


Figura 2. Manuel Fernández de Figares: (a) Portada de su Discurso Inaugural del Curso Académico 1863-64, (b) Portada de su libro de texto de Física y Química (1866).

Figura 3. Alumnos, profesores y bedeles del Curso de Física General del año académico 1906-1907. (*Fuente: colección particular de Miguel Giménez Yanguas*).



En el intervalo desde 1905 a 1923 fue el profesor Antonio Aparicio Soriano quien se responsabilizaría de tal actividad. Este profesor, monje vocacional, impartió el discurso de apertura en nuestra Universidad en el curso 1908-09 (figura 4).

También se tiene información de que en los años 20 del siglo pasado fue profesor de Física en la Universidad el catedrático de instituto Juan Mir Peña, el cual fue autor del libro titulado “*Física Razonada*” (figura 5).

De 1933 a 1938 lo haría el profesor José Domingo Quílez, discípulo del profesor Antonio Aparicio Soriano, quien se encargó de la docencia de las asignaturas de Física Teórica y Experimental de segundo curso, así como de la de Componentes de Física para Medicina. El profesor Domingo Quílez era meteorólogo de formación y obtuvo la cátedra de Física Teórica y Experimental. Así mismo este profesor promovió la realización de un laboratorio de investigación en la Facultad de Ciencias, y publicó un libro en el que divulga las ideas que, sobre cosmología, se tenían por aquellas fechas.

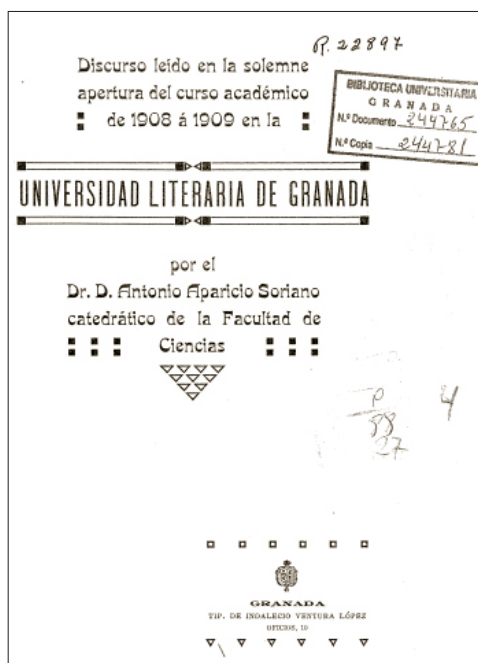
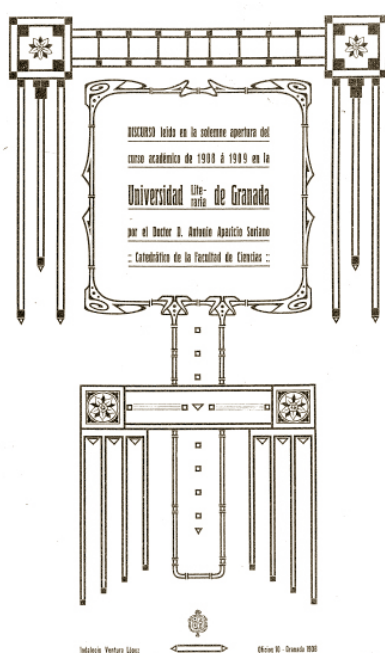


Figura 4. Prof. Antonio Aparicio Soriano: portada del Discurso inaugural del curso académico 1908-09.

El profesor Quílez provenía de Sevilla, en realidad de Cádiz, donde había conseguido la cátedra, ocupando la plaza vacante en Granada por fallecimiento del profesor José Jiménez Sánchez, quien es de suponer que sería el responsable anterior de la docencia en Física tal y como se apunta en el libro “*Mis memorias de Granada*” de Luis Seco de

Lucena, publicado en 1941, y en el que se hace referencia a los profesores de ciencias José Alonso Fernández y José Jiménez Sánchez.

Tras la guerra civil, en 1940, se convoca la cátedra de Física Teórica y Experimental en Granada, pero tras celebrarse la oposición queda desierta por renuncia del profesor José Baltá Elías.



Figura 5. Prof. Juan Mir Peña: Libro de texto “Física Razonada” (1925).
En la difusión de este libro se decía, como reclamo, “Muy ilustrado”.

En 1944 se convoca de nuevo la cátedra de Física Teórica y Experimental de Granada que ganó el profesor José García Santesmases. El Profesor José García Santesmases impartió docencia en nuestra Facultad durante los años 1944 a 1945, marchándose posteriormente a Madrid. Este profesor era Ingeniero por la Escuela Superior de Electricidad de París, físico por la Universidad de Barcelona y doctor por la de Madrid, donde fue catedrático de Física Industrial hasta su jubilación. Es considerado por muchos como pionero de la informática en España, diseñador y constructor del primer computador electrónico analógico de fabricación española⁴.

4. <https://dbe.rah.es/biografias/10432/jose-garcia-santesmases>

Durante los años posteriores y hasta los 50 el profesor Rafael Martínez Aguirre (figura 6) se hacía cargo de las enseñanzas de Física General y de Mecánica y Termología de 2º curso de la licenciatura en Químicas, mientras que el profesor Mariano Tercedor Avilés lo hacía de la Electricidad y la Óptica de 3º, si bien posteriormente este profesor se encargó también de la Física General.



Figura 6. Profesor D. Rafael Martínez Aguirre.

El Profesor Martínez Aguirre era, a la sazón, catedrático de Física y Química en el Instituto Padre Suárez de Granada, plaza que había conseguido con anterioridad, lo que dio origen a su nombramiento como encargado de cátedra en la Facultad.

Este profesor había realizado su tesis doctoral en la Universidad de la Sorbona en París, bajo la dirección del Dr. J. P. Mathieu, sobre espectroscopía Raman, un tema de total actualidad en aquellos tiempos. La tesis se defendió en Madrid apadrinada por el insigne profesor e investigador M. Catalán y fue premio nacional de investigación.

El profesor Martínez Aguirre intentó, y en buena medida consolidó, un equipo experimental de esta técnica espectroscópica, pero, por razones que posteriormente veremos, no dio todo el fruto que debería haber dado. Parte de este equipo se conserva todavía en el actual departamento de Óptica y ha venido siendo de gran utilidad en el mismo.

LA CONSOLIDACIÓN

Durante el curso 1954-55, se incorporó como catedrático de Física en la Facultad de Ciencias el profesor Justo Mañas Díaz, colaborador de García Santesmases, tras conseguir la cátedra de electricidad y magnetismo para desempeñar física experimental convocada en 1951 y años posteriores, haciéndose cargo de parte de la docencia junto con el profesor Martínez Aguirre y de la coordinación de un grupo de profesores auxiliares que se habían integrado en la cátedra. Entre ellos, además del profesor Mariano Tercedor Avilés, se encontraban los profesores Luis Bueno Crespo, Cristóbal Calvente Medina, Antonio Cabrera, Alejandro Ayanz, ocasionalmente Nicolás Flores

y, posteriormente se incorporarían Rafael Martínez García, Ramón Román Roldán, Eugenio Fernández Durán, Antonio Mendoza Eguaras, Manuel Avilés, Miguel López Escribano, M^a del Carmen Guindo Olalla y, posiblemente, alguno más.

Además de los mencionados, se integraban en el grupo dos personas ciertamente singulares, una de ellas aún no era licenciado; se trataba de Plácido Reyes Calvente, estudiante de Químicas y la otra Miguel Cabrerizo Muñoz. Estas dos personas jugaron un papel decisivo en los años posteriores, integrándose el primero, tras finalizar su licenciatura, como profesor y el segundo como mecánico.

El profesor Mañas Díaz había estado trabajando en Italia sobre radiación cósmica y, seguramente, en este campo realizaría su tesis doctoral.

En cualquier caso, el profesor Mañas, tras conseguir subvenciones económicas de la Junta de Energía Nuclear y del CSIC a finales de la década de los 1950, puso en marcha un proyecto de investigación basado en la realización de una cámara de niebla cuyo cuerpo fue realizado por la casa italiana Fiat. En el montaje de este equipo jugaron un papel muy importante el profesor Plácido Reyes Calvente, que montó y se hizo cargo de un laboratorio de electricidad y electrónica y Miguel Cabrerizo Muñoz que lo hizo de un taller de mecánica.

El equipo llegó a funcionar en los laboratorios de la Facultad en la calle Duquesa, pero lo cierto es que, por ausencia de publicaciones, las subvenciones se suprimieron y el proyecto se vino abajo.

Lamentablemente, y a raíz del traslado a la nueva Facultad, el equipo terminó en la chatarra, aunque el cuerpo de la cámara pudo ser recuperado por los responsables de óptica y expuesto durante años en sus laboratorios, aunque, lamentablemente también, se perdió de forma definitiva durante el traslado al edificio de Físicas.

El profesor Mañas inició también un proyecto sobre Física de Alta Montaña, realizándose un emplazamiento para el mismo en Sierra Nevada en la cima del Veleta. En este emplazamiento se pensaba ubicar la cámara de niebla ya mencionada con el objetivo de detectar radiación cósmica, continuando así con su línea de investigación inicial. Posteriormente, este laboratorio se utilizaría para instalar un emisor de señales de “airglow” hasta el departamento.

Ligado a este proyecto inicial se pretendió instalar, en Sierra Nevada también, una emisora de televisión que diera cobertura a toda Andalucía y al norte de África, aunque por razones de competencia con Televisión Española nunca llegó a realizarse.

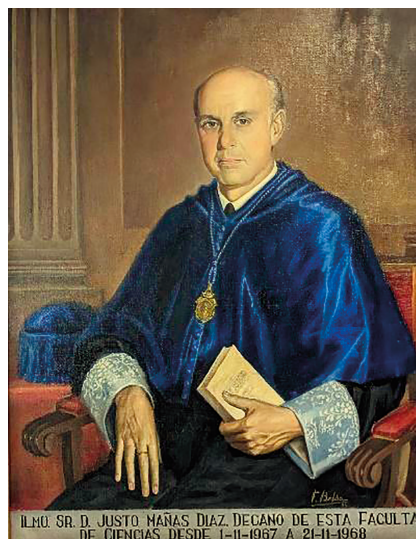


Figura 7. Profesor D. Justo Mañas Díaz.

El profesor Mañas, junto con el profesor Martínez Aguirre, publicaron varios libros sobre Física General.

Durante el año 1964 se creó una segunda cátedra con el perfil de Física Atómica y Nuclear. En realidad esta cátedra estaba ya creada con el perfil de Física Atómica y Molecular, afín al perfil del profesor Martínez Aguirre y a su línea de investigación sobre espectroscopía Raman, pero no se sabe por qué razón el perfil fue cambiado, lo que dio al traste con las aspiraciones del profesor Martínez Aguirre quien, a raíz de aquello, abandonó definitivamente la Facultad.

Al quedar vacante la cátedra de Física Atómica y Nuclear fue encargado de la misma (1965) el profesor Ramón Román Roldán, accediendo a ella con posterioridad y por oposición (1967) el profesor Rafael Núñez-Lagos Roglá. Pero solo estuvo un curso en Granada y, aunque se encargó de parte de la docencia, no se tiene constancia de que iniciara ningún proyecto de investigación.

Por aquellas fechas el Profesor Mañas se marchó, con reserva de plaza, a Bilbao, volviendo posteriormente y marchándose después, también con reserva de plaza, a Deusto, retornando después de dos años, ocupando el decanato de la Facultad. En 1968 fue propuesto al gobierno del Estado en una terna para Rector de la Universidad de Granada, pero el Ministerio se inclinó por el profesor Federico Mayor Zaragoza. Ese mismo año se traslada definitivamente a Bilbao al ser nombrado comisionado por el Ministerio de Educación y Ciencia, para organizar una Facultad de Ciencias (Sección Química) integrada en la recién inaugurada Universidad Autónoma de Bilbao (1968-1973).

LA EXPANSIÓN

Durante el año 1967, se incorporó a la Facultad el profesor Gerardo Pardo Sánchez (figura 8), como profesor Agregado de Mecánica y Termología, el cual, tras compartir responsabilidades durante algún tiempo con el Profesor Mañas, se hizo con el control de la física en la Universidad de Granada, al marcharse este último definitivamente, e inició la reestructuración que originaría la etapa previa a la implantación de los estudios de Físicas en Granada.

Así pues, la responsabilidad y dirección de la Cátedra y Departamento de Física, únicos creados en la Facultad anteriormente a la implantación de los estudios de Física, recayó en el profesor Román Roldán en el curso 66-67, en el profesor Mañas Díaz entre 1966-1967, en el Profesor Núñez Lagos durante 1967-68, de nuevo en el Profesor Mañas durante 1968-71 y en el profesor Pardo desde 1971 hasta la implantación de la Licenciatura de Físicas en 1973.

Por aquella época, se inició en España una fuerte expansión de los estudios universitarios que originó un aumento muy significativo en las dotaciones de profesorado, promoción de la investigación con la aparición de las becas FPI y potenciación de los

proyectos que se iniciaban con subvenciones específicas a proyectos de investigación.

Como consecuencia de esta expansión se crearon también los Colegios Universitarios, lo que originó que enseñanzas que no se desarrollaban en la Facultad, fueran responsabilidad de la misma, aunque se llevaran a cabo por profesorado no perteneciente a ella. Tal fue el caso de los Colegios Universitarios de Málaga (1970), de Jaén (1971) y de Almería (1972).

Igualmente sucedía con la Base Militar de Armilla, que durante algunos años funcionó como centro de formación de la Academia General del Aire.

Si bien el profesorado de estos centros no dependía de la Facultad ni de sus departamentos, su gestión y captación sí lo era bajo la creación de la figura de Director y de Jefe de Estudios de los mismos, cargo que recaía en un catedrático de la Facultad, como fue el caso del Profesor Pardo en los Colegios Universitarios de Málaga y Jaén.

El profesor Pardo, consciente de la oportunidad que brindaba aquella expansión, inició un proceso de integración de profesorado y becarios de investigación en el ya departamento de Física del que era director.

Todo parece indicar que la idea del profesor Pardo pasaba por la modernización de su departamento adecuándolo a las corrientes que, sobre la nueva universidad, corrían por aquellos entonces y para ello necesitaba potenciar la investigación abriendo nuevas líneas e incorporando profesionales que se responsabilizaran de las mismas.

Para ello contaba con distintas “fuentes”. La primera de ellas era la herencia que había recibido de la etapa anterior, la que trató de actualizar y reconducir hacia su integración en la estructura que estaba planificando y, de hecho, aunque algunos de los miembros del equipo anterior derivaron hacia las enseñanzas medias o se ubicaron en otras estructuras, lo cierto es que bastantes profesionales de tal grupo se integraron en la nueva planificación iniciando o reconduciendo la realización de sus tesis doctorales.

La ampliación derivada de la expansión a la que nos hemos referido, la planificó utilizando diferentes posibilidades, cercanas o no, para nutrirse de profesionales que conformaran el nuevo equipo. Entre estas fuentes se encontraban, en primer lugar, los Observatorios de Cartuja y Mojón de Trigo, por entonces en manos de la Compañía de Jesús y en los que trabajaban jóvenes investigadores que podían compatibilizar su actividad con la docencia, entre ellos los profesores José María Quintana González, Ángel Rolland Quintanilla y Eduardo Battaner López, que eran licenciados en físicas por la Complutense de Madrid. A este grupo, dada la fuerte repercusión que tendría



Figura 8. Profesor D. Gerardo Pardo Sánchez.

en todos los aspectos, pero sobre todo en la expansión de la investigación en Astrofísica en Andalucía, le dedicaremos posteriormente un apartado propio.

Por otro lado, se contaba con la posibilidad de integrar en el grupo a profesionales que, realizando su actividad en otros organismos estatales, también pudieran compatibilizar actividades. Este fue el caso del Profesor Esteban Feriche Reinoso, que simultaneó su permanencia en la Universidad con el puesto de Jefe de Andalucía Oriental y de Melilla de RTVE.

Se podía contar también con aquellos profesionales que, licenciados por otras universidades, se acercaban a Granada conocedores del proceso de expansión que se estaba produciendo, entre ellos los profesores José Morales Bruque, Manuel Guerrero Jiménez y Antonio Rubio Ayuso, los tres licenciados por la Universidad de Sevilla, y algo similar sucedió con el profesor Pablo Ibáñez Martínez-Dueñas, licenciado por Madrid.

Un caso particular lo constituían profesionales que, en periodo de formación en otros centros de docencia o investigación vinieron a integrarse en la estructura. Se da aquí el caso anecdótico de que una granadina contactó directamente con el profesor Pardo, a quien presentó el CV de su novio, licenciado en Físicas en la Complutense. Aquella iniciativa llamó positivamente la atención del profesor Pardo y se produjo la incorporación (1970) del profesor Alberto Prieto Espinosa, por entonces formándose con el Dr. Josep Miró Nicolau en los campos de la Electrónica e Informática en el Centro de Investigaciones Técnicas de Guipúzcoa en San Sebastián. A este caso también le dedicaremos un apartado especial dada la incidencia que tuvo en la expansión de estudios en nuestra Universidad.

Estos profesores, y algunos de la etapa anterior, sirvieron, a su vez, de contactos con otros profesionales que también terminarían formando parte del nuevo equipo, de ahí la incorporación de licenciados, o ya doctores, tales como los profesores: Miguel Giménez Yanguas, Antonio Lloris Ruiz (inicialmente en el Colegio Universitario de Málaga), Manuel Álvarez-Claro Irisarri, Diego Écija Salto, Carlos González Fernández, Jorge Ibáñez Revilla, y Mercedes Fernández Marugán.

Hubo además alguna integración consecuencia de que profesores formados en otros países o de nacionalidad extranjera, se interesaron en formar parte del nuevo equipo; este es el caso de los profesores Antonio Echarri y Sáez de Santamaría y del alemán Wolfgang Stroble, según él, discípulo de Heisenberg.

La última fuente que mencionaremos fue precisamente la más directa, es decir la que podríamos denominar “la cantera” que suponían los nuevos licenciados por la propia Facultad, licenciados en Ciencias Químicas, ya fueran de la especialidad de Puras, Ingeniería o Físicas. De esta cantera procedían los profesores Fernando González Caballero, Manuel N. Castro Guerrero, Pilar López de Coca Castañer, María Luisa Sánchez Saavedra, Mercedes Ruiz-Morón Bernal, Enrique G. Jiménez Gómez, y Enrique F. Hita Villaverde. Se da el caso de que este último profesor vino a significar para la universidad de Granada otra de las fuentes de expansión de sus estudios, al implantarse en la misma, por su iniciativa, los de Óptica y Optometría; a este caso dedicaremos también un apartado propio.

Algunas de estas personas realizaron sus tesis doctorales en el departamento, bajo la dirección o codirección del Profesor Pardo y algunos integrantes iniciales del equipo, mientras que, en otros casos, lo hicieron bajo la dirección de otros profesores de integración posterior, tal es el caso de la incorporación a la Facultad del profesor Bernardo García Olmedo. Este profesor se incorporó, por acceso desde la agregaduría que ocupara en la Universidad de Santiago de Compostela, a la cátedra de Electricidad y Magnetismo convocada al respecto en nuestra Facultad. El profesor García Olmedo tomó posesión de su cátedra en febrero de 1973 y ese mismo año fue nombrado director del departamento de Electricidad y Electrónica, recientemente creado. Junto a él se incorporarían después los profesores Rafael Gómez Martín, José L. Durán García y Lorenzo Gómez González.

Es de justicia destacar aquí el gran esfuerzo que debió realizar el profesor Pardo para asumir la tarea de responsabilizarse en la consolidación de un amplio conjunto de líneas de investigación totalmente diferentes y que caían lejos de su formación inicial. Ese esfuerzo trajo como consecuencia la consolidación de un amplio número de carreras universitarias.

También es de destacar el papel decisivo que el profesor García Olmedo tuvo en la implantación de los estudios de Física, al responsabilizarse de la docencia de asignaturas cuyo contenido caía muy lejos de su especialidad.

El profesor García Olmedo es, además, autor de un libro sobre la historia de la Universidad “En torno a la Universidad Española” ⁵, de interesante proyección.

De entre todos los profesionales en formación que se integraron en el nuevo equipo, algunos de ellos derivaron a otros niveles de la enseñanza, hacia otros centros docentes, de investigación o industriales, pero un alto número de los mismos permaneció en el ya departamento, consolidando el mismo y estabilizándose en distintos niveles de la docencia y la investigación.

Se conformaba así una estructura que permitiría al Profesor Pardo, ya consolidado como Catedrático responsable, iniciar con expectativas de éxito la implantación de la licenciatura en Ciencias Físicas en la Universidad de Granada.

El proceso debió ser complejo y se inició tiempo atrás con gran cantidad de gestiones y trámites engorrosos que se fueron superando con el esfuerzo y la dedicación de todos los implicados en el mismo, lo que condujo a que durante el curso 1973-74 se implantaran, felizmente, los estudios de la Licenciatura en Físicas en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada.

Hasta la década de los años 60 del siglo pasado la sede de la Cátedra de Física se encontraba en el edificio actual de la Facultad de Derecho, en la zona del patio de la calle Duquesa.

5. <https://wpd.ugr.es/~academia/otros/entornoalauniversidad.pdf>



(a) El Prof. Pardo recoge el regalo de la profesora Mercedes Ruiz-Morón, consistente en un fusil de pesca submarina. En la foto, a la derecha, aparecen también los profesores Diego Écija y Cristóbal Calvente.



(b) De izquierda a derecha se ven las caras, entre otros, de Carlos González, Alberto Prieto, Manuel Castro, Enrique Hita, Plácido Reyes y Diego Écija.

Figura 9. Comida-homenaje al Prof. Gerardo Pardo con motivo de su acceso a cátedra, celebrada en el Club Náutico de la Universidad de Granada en el Pantano de Cubillas (1973). (Fuente: A. Prieto).

La construcción del edificio de Fuente Nueva se hizo en base al proyecto del arquitecto Cruz López Müller e inicialmente incluía el Aula Magna, los servicios administrativos, dos grandes auditorios y los pabellones de Geología (con una planta baja diáfana) y Química, terminándose en 1972⁶. El acceso principal se hacía por la actual parte posterior (calle Adolfo Rancaño) y no por la avenida de Fuente Nueva que no estaba urbanizada e incluso se utilizaba para un mercado de mayoristas para la venta de los productos de la Vega, y que interfería notablemente las actividades universitarias (figura 10). Después se construyeron las alas de Matemáticas y Biología (iniciadas en 1970).

Poco a poco el profesorado de físicas se fue desplazando desde sus despachos y laboratorios de la Facultad de Derecho a dependencias de la zona de Químicas del edificio de Fuente Nueva. En 1976 se inician los trámites para la construcción de un pabellón propio de físicas cuya edificación concluye en 1978, cinco años después de los inicios de la licenciatura de Físicas.

La nueva ubicación del profesorado en una zona más abierta que la zona de la Plaza de la Universidad también propició el realizar actividades deportivas (figura 11).

6. <https://motrildigital.es/ugr-50-anos-cumple-el-edificio-de-la-facultad-de-ciencias/>



Figura 10. Zona de la Facultad de Ciencias colindante con la Avenida de Fuente Nueva en la primera mitad de la década de los 1970 (*Fuente: A. Prieto*).



Figura 11. En la foto pueden verse, en primera fila de izquierda a derecha, entre otros, Ramón Román, Enrique Hita, Bernardo García Olmedo y Manuel López Puertas; de pie, entre otros, Safwan Al Khouri, Miguel Vega, Juan Antonio Lao, Ángel Delgado (debajo del paraguas), Antonio Rubio, Eduardo Battaner y Antonio Molina (año aproximado: 1980) (*Fuente: A. Prieto*).

ALGUNAS RAÍCES

Como se ha comentado anteriormente el Observatorio de Cartuja constituyó una de las raíces para la creación de la Licenciatura en Físicas en la Universidad de Granada.

Se fundó en 1902 por la Compañía de Jesús, como parte de la extensa red de sus observatorios repartidos por todo el mundo. Tenía tres objetivos científicos: Meteorología, Sismología y Astronomía. El vetusto Observatorio de Cartuja se instaló junto a la entonces Facultad de Teología, en un entorno paradisíaco. En su fachada neoclásica destacaba una venerable inscripción “Coeli enarrant gloriam Dei” (“Los cielos narran la gloria de Dios”), borrado por un exigente laicismo (figura 12).

Hablamos de este Observatorio porque fue el germen de dos grupos de trabajo firmemente arraigados en el actual Grado en Física y en el *Departamento de Física Teórica y del Cosmos*. Estos son: el *Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos* y el Área de Astronomía y Astrofísica.

El Observatorio de Cartuja tuvo uno de sus momentos de esplendor gracias al empuje de uno de sus directores, el Padre Teodoro Vives, S.J. (1965), buen astrónomo y buen emprendedor. Renovó el viejo telescopio del histórico edificio en lo que hoy es el Campus Universitario de Cartuja e instaló un nuevo observatorio astrofísico a 2.700 m de altitud en las faldas del Veleta: el Observatorio de Mojón de Trigo (1967) (figura 13). Aprovechó sus varias relaciones internacionales para crear un ambiente de investigación renovado y prometedor. Pronto, al olor de estos aires de ciencia nueva, aparecieron jóvenes deseosos de aspirarlos e inspirarse.



Figura 12. Entrada al Observatorio de Cartuja.

Fuente: <https://atalaya3d.ugr.es/localizacion/observatorio-de-cartuja>

Él inició los trabajos de luminiscencia de la alta atmósfera, mediante un fotómetro de “airglow” instalado junto al Albergue Universitario de Sierra Nevada, posteriormente trasladado a la misma cima del Veleta transmitiendo sus datos por radio a la Facultad.



Figura 13. Observatorio de Mojón de Trigo instalado en Sierra Nevada en 1967 (en la cima de la colina de la izquierda; en el centro al fondo el pico del Veleta).

Precisamente, el fotómetro se instaló sobre el refugio que el Prof. Mañas había erigido en la cima del Veleta para la observación de rayos cósmicos. Y fue también Plácido Reyes, con la participación destacable del Hermano Merlo, S.J., quien instaló una antena para que los datos de “airglow” fueran recogidos en la Facultad de Ciencias. Aunque ni el laboratorio de rayos cósmicos ni la nueva instalación de “airglow” cumplieron sus expectativas, aquel albergue en la cima del Veleta es hoy testigo de la tenacidad por hacer ciencia nueva de unos científicos ilusionados. Hoy hay quien propone demoler tal histórico refugio.

El Padre Vives fue destituido incomprensiblemente, pero aquellos jóvenes ya tenían el gusanillo terco de la investigación en sus recién estrenadas entrañas y su actitud investigadora emergió como pudo y donde pudo. Un joven nuevo profesor agregado, el Prof. Gerardo Pardo, queriendo potenciar el inicial Departamento de Física Fundamental, buscó savia nueva en los caladeros de Cartuja.

En el campo de la astrofísica, estos jóvenes siguieron caminos diferentes. Unos fueron acogidos en el CSIC creándose el *Instituto de Astrofísica de Andalucía* (1975), como



Ángel Rolland Quintanilla, José María Quintana González, Pilar López de Coca Castañer y Víctor Costa Boronat; otros permanecieron en la Universidad, como Eduardo Battaner López, formando un grupo que, pasando por departamentos de distintas denominaciones se ubica hoy en el de *Física Teórica y del Cosmos*. Actualmente, parte de este grupo, constituye una de las especialidades del *Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional* (1991).

Inicialmente, los grupos del CSIC y de la Facultad de Ciencias eran un único y solidario grupo, aunque se fueron apartando, atendiendo a sus diferentes circunstancias. Hoy, el ambiente de investigación de astrofísica en Granada es muy resaltable a escala internacional, gracias no sólo a esta semilla providencial y frugífera del Observatorio de Cartuja, sino además por la ubicación en nuestro entorno de grandes instituciones internacionales de observación astronómica (*CAHA*, 1973, *IRAM*, 1979), hecho al que la Universidad debería corresponder reforzando la docencia astronómica.

En 1971 el *Observatorio de Cartuja* pasó a manos de la Universidad con su nuevo nombre: *Observatorio Universitario de Cartuja*. Este cambio no introdujo mejoras ni para la astronomía ni para la meteorología.

Sí fue mejor para mantener un grupo de geofísica que, andando el tiempo, se convirtió en el *Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos* (1989) —actualmente dirigido por la Profesora Inmaculada Serrano— hasta disponer de su propia sede definitiva (2009). Hoy la geofísica en Granada constituye una floreciente especialidad. Este Instituto es centro destacado de investigación y tiene una misión de servicio. Mantiene la Red Sísmica de Andalucía, de gran interés dada la tradicional y singular inestabilidad telúrica de nuestro suelo. Profesores en la licenciatura de Física, pioneros en el Observatorio de Cartuja, fueron Francisco Vidal, Fernando de Miguel, Gerardo Alguacil, Carlos López y otros.

Así pues, el Observatorio de Cartuja fue un árbol que dio una simiente cuyo fruto es hoy evidente en el actual Grado de Física. Aquel árbol es hoy un histórico tocón, desde el punto de vista científico, pero se merece un recuerdo y un reconocimiento entrañable y merecido.

AGRADECIMIENTOS

Los autores, profesores eméritos de la UGR, agradecen la valiosa colaboración en la elaboración de este texto de los profesores, Eugenio Fernández Durán, Miguel Giménez Yanguas, Francisco González Lodeiro, Ramón Román Roldán, Francisco Sánchez-Montes González y Roque Hidalgo.



APUNTES HISTÓRICOS 1966-LRU

Ángel DELGADO MORA

ORÍGENES

Siendo ministro de Educación y Ciencia D. Manuel Lora-Tamayo, se aprobó la creación del primer Departamento de Física en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada. Por aquel entonces, los Departamentos (salvo los denominados *interfacultativos*) se asignaban a las facultades. En el BOE 158 de 4 de julio de 1966, se decreta la creación del Departamento de Física. Nótese, como indica la reproducción de la figura 1, que no se habla de *Sección de Físicas* o *Sección de Biología* (solo se crearon los Departamentos), pero sí de *Químicas*, *Matemáticas* y *Geología*. Estas secciones clásicas de las Facultades de Ciencias vendrían después.

En esa época, el profesorado de Física lo era de la Facultad de Ciencias, sin adscripción a Departamentos. La primera cátedra quedó vacante en septiembre de 1965 y se convocó a concurso de traslado según Orden publicada en el BOE de 15 de diciembre de 1965. Con fecha 1 de marzo de 1966 fue ocupada por concurso de traslado por el profesor Justo Mañas Díaz, granadino que en 1968 se trasladó al País Vasco, donde acabaría creando la Sección de Químicas de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Bilbao, de la que fue decano entre 1978 y 1984. El 9 de febrero de 1965 se había convocado una cátedra de Física Atómica y Nuclear, que se denominaba “*Segunda Cátedra*” de Física General. Dicha oposición se unió con fecha 13 de junio (BOE 140) a la de Zaragoza con la misma denominación. En el BOE de 15 de marzo de 1966 se convocaron tres plazas de profesor adjunto con la denominación “Física General” o “Física”.

El día 23 de junio de 1968 (BOE 149, figura 2) se nombró Profesor Agregado de Termología de la Facultad de Ciencias a D. Gerardo Pardo Sánchez, que habría de ser impulsor esencial de los estudios de Licenciatura en Física en la Universidad de Granada. La plaza de catedrático de Termología que después ocuparía se convocó a concurso de traslado en febrero de 1970. Con posterioridad, el 26 de junio de 1971, se nombra catedrático de termología por concurso de acceso al profesor Pardo Sánchez. En ese mismo año, en el BOE de 4 de octubre se crea el Colegio Universitario Santo Reino, dependiente de la Universidad de Granada, y germen de la futura Universidad de Jaén. En ese Colegio universitario se impartirían las asignaturas correspondientes al primer curso de la Licenciatura en Física, desde el momento de su creación.

ORDEN de 13 de mayo de 1966 por la que se constituye el Consejo Escolar Primario «Compañía Urbanizadora de la Ribera Sur del Mar Menor».

Ilmo. Sr.: Visto el expediente incoado en solicitud de la constitución del Consejo Escolar Primario que se hará mérito,

Teniendo en cuenta que se justifica debidamente la petición, que la constitución de inismo es para la creación y tutela de Escuelas Nacionales de Enseñanza Primaria y los favorables informes emitidos,

Este Ministerio ha dispuesto:

1.º Constituir el Consejo Escolar Primario «Compañía Urbanizadora de la Ribera Sur del Mar Menor», el que quedará constituido en la siguiente forma:

Presidente honorario: El Director general de Enseñanza Primaria.

Presidente efectivo: El del Consejo de Administración de la ciudad Compañía.

Vocales: El Inspector de Enseñanza Primaria de la zona, don José Luis Rubio Maestre, don Jesús Maestre Aznar, don Juan de la Cierva Viudez, don Basilio Mínguez Jorquera y don Bartolomé Díaz, que actuará de Secretario.

ORDEN de 28 de mayo de 1966 por la que se constituyen en las Facultades de Ciencias de las Universidades los Departamentos que se indican.

Ilmo. Sr.: De conformidad con lo establecido en el artículo quinto del Decreto 1199/1966, de 31 de marzo, sobre ordenación de Departamentos en las Facultades de Ciencias y con las propuestas formuladas por las respectivas Facultades, Este Ministerio ha dispuesto:

Primero.—Se constituyen en las Facultades de Ciencias de las Universidades los Departamentos que a continuación se indican.

Segundo.—Por esa Dirección General se adoptarán las resoluciones complementarias que sean necesarias para la ejecución de lo que se dispone en esta Orden.

Lo digo a V. I. para su conocimiento y efectos.

Dios guarde a V. I. muchos años.

Madrid, 28 de mayo de 1966.

LORA TAMAYO

Ilmo. Sr. Director general de Enseñanza Universitaria

RELACION QUE SE CITA

FACULTAD DE CIENCIAS DE BARCELONA <i>Sección de Matemáticas</i> Teoría de funciones. Ecuaciones funcionales. Algebra y Fundamentos. Topología y Geometría. Estadística matemática. <i>Sección de Físicas</i> Termodinámica. Óptica. Física teórica. Electricidad y Electrónica. Física de la Tierra y del Cosmos. <i>Sección de Químicas</i> Química inorgánica. Química analítica. Química orgánica. Química física. Química técnica. <i>Sección de Geológicas</i> Cristalografía y Mineralogía. Petrología. Geomorfología y Geotectónica. Paleontología. <i>Sección de Biológicas</i> Zoología. Botánica. Genética. Microbiología. Antropología. FACULTAD DE CIENCIAS DE GRANADA <i>Sección de Matemáticas</i> Teoría de funciones. Ecuaciones funcionales.	Algebra y Fundamentos. Topología y Geometría. Estadística matemática. <i>Sección de Químicas</i> Química inorgánica. Química analítica. Química orgánica. Química física. Química técnica. <i>Sección de Geológicas</i> Cristalografía y Mineralogía. Petrología. Geomorfología y Geotectónica. Paleontología. Estratigrafía. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA LAGUNA Matemáticas. <i>Sección de Químicas</i> Química inorgánica. Química orgánica. Química física. Química técnica. FACULTAD DE CIENCIAS DE MADRID <i>Sección de Matemáticas</i> Teoría de funciones. Ecuaciones funcionales. Algebra y Fundamentos. Topología y Geometría. Estadística matemática. <i>Sección de Físicas</i> Física fundamental. Física teórica. Electricidad y Electrónica. Física de la Tierra y del Cosmos.	<i>Sección de Químicas</i> Química inorgánica. Química analítica. Química orgánica. Química física. Química técnica. <i>Sección de Geológicas</i> Cristalografía y Mineralogía. Petrología. Geomorfología y Geotectónica. Paleontología. Estratigrafía. <i>Sección de Biológicas</i> Zoología y Fisiología animal. Botánica y Fisiología vegetal. Morfología y Fisiología. Genética. Microbiología. Antropología. FACULTAD DE CIENCIAS DE MURCIA Matemáticas. Física. Geología. Biología. <i>Sección de Químicas</i> Química inorgánica. Química analítica. Química orgánica. Química física. Química técnica. FACULTAD DE CIENCIAS DE OVIEDO Matemáticas. <i>Sección de Químicas</i> Química inorgánica. Química analítica. Química orgánica. Química física. Química técnica.	<i>Sección de Geológicas</i> Cristalografía y Mineralogía. Petrología. Geomorfología y Geotectónica. Paleontología. Estratigrafía. <i>Sección de Biológicas</i> Zoología. Botánica. Genética. Microbiología. Antropología. FACULTAD DE CIENCIAS DE SYLAMANCA Matemáticas. Física. Geología. <i>Sección de Químicas</i> Química inorgánica. Química analítica. Química orgánica. Química física. Química técnica. FACULTAD DE CIENCIAS DE SANTIAGO Biología. Física fundamental. <i>Sección de Matemáticas</i> Teoría de funciones. Ecuaciones funcionales. Algebra y fundamentos. Topología y Geometría. Estadística matemática. <i>Sección de Químicas</i> Química inorgánica. Química analítica.
---	--	---	--

Figura 1. Página del BOE de 4/7/1966 con la creación del Departamento de Física.

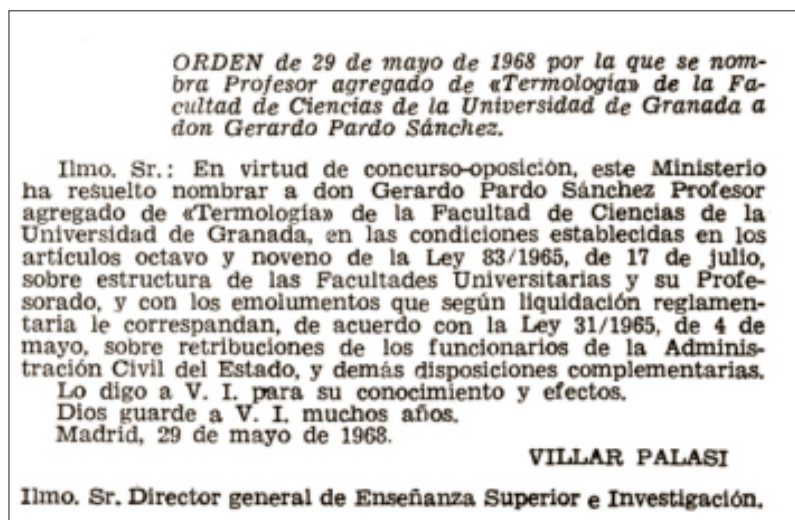


Figura 2. Nombramiento de D. Gerardo Pardo Sánchez como Agregado de Termología (BOE 149, 21 de junio de 1968).

Próximos a iniciarse los estudios de Física, fue nombrado catedrático de Electricidad y Magnetismo D. Bernardo García Olmedo (figura 3), procedente de la Universidad de Santiago. El profesor García Olmedo (que, como el profesor Pardo, posteriormente sería decano de la Facultad de Ciencias) dedicó también un gran esfuerzo a las enseñanzas de Física y a la puesta en marcha de líneas de investigación en aquellos primeros años. La labor que les esperaba era ingente, dado que el primer curso habría de comenzar en ese mismo año.

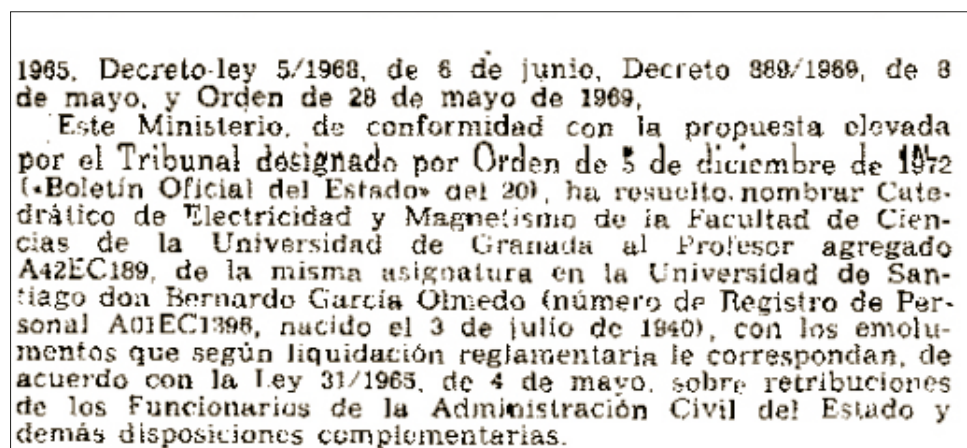


Figura 3. Nombramiento de D. Bernardo García Olmedo como catedrático de Electricidad y Magnetismo (BOE 62, 13 de marzo de 1973).

En efecto, el 17 de noviembre de 1973 se publica el Plan de Estudios de Primer Ciclo de la Facultad de Ciencias, incluyendo Matemáticas, Químicas, Biológicas y Geológicas, los estudios tradicionales de la Facultad, pero no el de Física. Y ello a pesar de que las clases empezarían el 7 de enero de 1974, por el cambio de calendario académico (llamado “*Juliano*” por haber sido promovido por el Ministro D. Julio Rodríguez Martínez, según real decreto publicado el 29 de septiembre de 1973).

Mientras tanto, el Departamento seguía preparándose. El 23 de noviembre, D. Manuel Tello León fue nombrado agregado de Termología. En su momento, sería el responsable de la docencia de Mecánica Estadística. Si bien siempre mantuvo lazos con su Universidad de origen (la de Bilbao) a la que regresaría pronto.

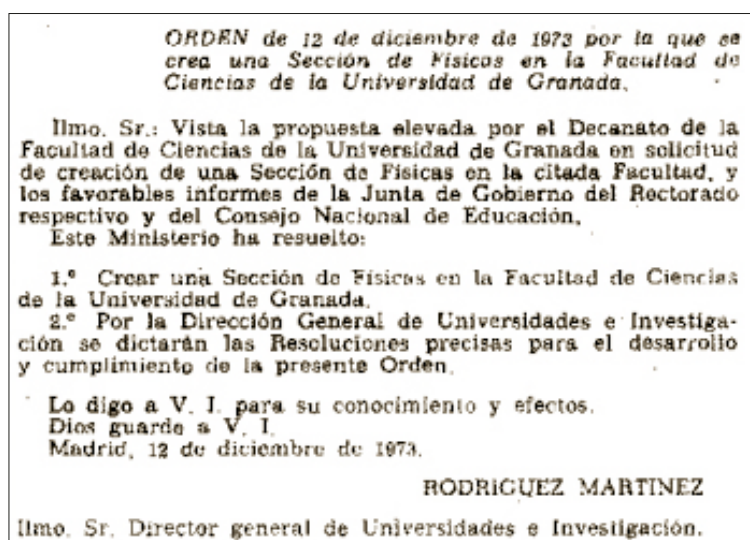


Figura 4. Orden de creación de la Sección de Físicas en Granada.
BOE 305, 21 de diciembre de 1973.

EL PRIMER PLAN DE ESTUDIOS. PRIMER CICLO

Por fin, casi en la Navidad de 1973 (figura 4) se crea la Sección de Físicas de la Facultad de Ciencias de Granada, por orden del citado Ministro D. Julio Rodríguez (por cierto, muy ligado a Granada, dado que había nacido en Armilla). Poco después, prácticamente coincidiendo con el inicio del curso, se publicó el Plan de Estudios del Primer Ciclo de Física (figura 5). Cabe imaginar la incertidumbre de los responsables de estas docencias, teniendo que empezar las clases el mismo día en que se publica el Plan de Estudios. Es de suponer también que su entusiasmo y esfuerzo compensaron la lentitud administrativa. Como ya hemos mencionado, hubo bastantes estudiantes que realizaron el primer curso en el Colegio Universitario de Jaén.

RESOLUCION de la Dirección General de Universidades e Investigación por la que se aprueba el Plan de Estudios del primer ciclo de la División de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada.		
Vista la propuesta elevada por la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, en solicitud de aprobación del Plan de Estudios de la Sección de Físicas creada por Orden de 12 de los corrientes; y en virtud de lo dispuesto en el artículo 37.1 de la Ley General de Educación, en la Orden de 23 de septiembre de 1972 («Boletín Oficial del Estado» del 25), sobre directrices para la elaboración de los Planes de Estudio de la Enseñanza Superior, y en la Resolución de esta Dirección General de 17 de julio del presente año («Boletín Oficial del Estado» del 8 de septiembre), que determinó las correspondientes a las Facultades de Ciencias, Esta Dirección General, oída la Junta Nacional de Universidades, ha resuelto aprobar el Plan de Estudios del primer ciclo de la División de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, en la forma que a continuación se indica:		
	Horas semanales	
	Teóricas	Prácticas y Seminarios
Primer curso		
Tendrá carácter coordinado		
Física General	5	3
Álgebra	3	1
Análisis Matemático	5	2
Química General	3	3
Segundo curso		
Métodos matemáticos de la Física I	5	1
Mecánica y Ondas	3	1
Termología	4	4
Mecánica Estadística	3	1
Tercer curso		
Electricidad y Magnetismo	4	4
Mecánica Cuántica	4	1
Óptica y Estructura de la Materia	4	4
Métodos matemáticos de la Física II	4	2
Antes de pasar al segundo ciclo, los alumnos deberán demostrar su suficiencia en el conocimiento del idioma moderno que establezca la Facultad para esta División. Lo digo a V. S. para su conocimiento y efectos. Dios guarde a V. S. Madrid, 15 de diciembre de 1973.—El Director general, Luis Suárez Fernández. Sr. Subdirector general de Centros Universitarios,		

Figura 5. El 9 de enero de 1974 se publica por fin el Plan de Estudios del Primer Ciclo.

En este, la docencia de Física General corrió a cargo del profesor D. Carlos González Fernández, que luego sería catedrático en la Universidad Politécnica de Cartagena, y en la Facultad de Ciencias el responsable de Física General fue el profesor D. Ramón

Román Roldán, del que todos sus estudiantes guardan un excelente recuerdo por su dedicación y esfuerzo en sus explicaciones. A falta en aquel momento de un Departamento de Física Atómica o Física Teórica, los Métodos Matemáticos fueron responsabilidad del profesor Antonio Echarri Sáenz de Santamaría, con una gran dedicación a sus estudiantes. En aquella época la Biblioteca de la Facultad era casi testimonial, y el profesor Echarri dejaba a los estudiantes su laboratorio para poder reunirse a estudiar. La Termología y la Mecánica Estadística fueron responsabilidad de los profesores Pardo y Tello, y la Mecánica y Ondas en aquellos comienzos la enseñaba el profesor Battaner López, que luego impulsaría la investigación y docencia en Astrofísica. En la primera edición del tercer curso, el profesor García Olmedo no solo se responsabilizó de la docencia en Electricidad y Magnetismo (junto con D. Rafael Gómez) sino que también dio las clases de Mecánica Cuántica. De la Óptica se encargó ya desde ese momento D. Enrique Hita Villaverde, igualmente impulsor de la Diplomatura (primero) y el Grado (posteriormente) de Óptica y Optometría.

Pronto se vio la necesidad de preparar la licenciatura con docentes en Electrónica, y en ese mismo año, 1974, se convocó la plaza de Agregado en esta disciplina, y en 1975 otra agregaduría de Electricidad y Magnetismo. Para esta última fue nombrado en agosto de ese año D. Agustín del Moral Gámiz, excelente profesor que inició una línea en investigación en propiedades magnéticas de materiales que luego se trasladaría a la Universidad de Zaragoza y fue el germen del Instituto de Nanociencia de Aragón, un centro altamente valorado. Poco después, el profesor José Mira Mira obtuvo la plaza de Electrónica. Dotado de enorme entusiasmo por la docencia y la investigación, creó un importante grupo de investigación en microelectrónica.

Notemos que con estas plazas se fue preparando el terreno a las enseñanzas que habrían de venir en el segundo ciclo. Aún faltaba completar el cuadro de especialistas en las áreas de Física Teórica y Física Atómica y Nuclear, Física de la Atmósfera, Óptica, Astrofísica y Geofísica, para incluir los aspectos esenciales de la enseñanza de la Física a nivel universitario.

No se escapará al lector o lectora que el Plan de Estudios de primer ciclo en Física originalmente aprobado (figura 5) presentaba al menos tres limitaciones: el contenido en formación matemática era limitado, la Mecánica Estadística se estudiaba al mismo tiempo que la Termología (en esencia, termodinámica y teoría cinética de los gases), y la formación experimental quedaba relegada a las prácticas de laboratorio de algunas asignaturas. Estas deficiencias se intentaron corregir en la modificación publicada en noviembre de 1975 (figura 6).

Por lo que se refiere al inicio de la investigación y docencia en Física Cuántica y en Física Atómica y Nuclear, fue esencial el nombramiento como catedrático de esta última disciplina a D. Rafael Guardiola Bárcena en el BOE de 27 de octubre de 1976. En los años en que realizó su labor docente e investigadora en Granada creó una importantísima infraestructura y fue el iniciador de un potente grupo de investigación en la materia. Al año siguiente, 1977, se incorporó al Departamento de Física



Atómica y Nuclear D. Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid y en 1978 llegaron los profesores D. Lluís Mas Franch, Catedrático, y José Ros Pallarés, Profesor Agregado, ambos de Física Teórica.

22868 *RESOLUCION de la Dirección General de Universidades e Investigación por la que se modifica el Plan de estudios del primer ciclo de la División de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada.*

Visto el acuerdo tomado por los representantes de las Facultades y Secciones de Físicas, en cumplimiento del tomado por la Comisión Asesora de Decanos de las Facultades de Ciencias, relativo a la modificación de los planes de estudio del primer ciclo,

Esta Dirección General ha resuelto modificar el Plan de estudios del primer ciclo de la División de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, aprobado por Resolución de 15 de diciembre de 1973 («Boletín Oficial del Estado» del 9 de enero de 1974), que quedará en la forma que a continuación se indica:

	Horas semanales	
	Teóricas	Prácticas
<i>Primer curso</i>		
Algebra lineal y Geometría	6	—
Análisis matemático I	6	—
Física general I	6	3
Química general	4	2
<i>Segundo curso</i>		
Análisis matemático II	5	—
Métodos matemáticos de la Física I	5	—
Mecánica y Ondas	5	—
Termología	5	—
Física general II (Técnicas experimentales D.	1	4
<i>Tercer curso</i>		
Métodos matemáticos de la Física II	5	—
Electricidad y Magnetismo	5	—
Optica	5	—
Física cuántica	5	—
Física general III (Técnicas experimentales II)	1	4

Lo digo a V. S. para su conocimiento y efectos.
Dios guarde a V. S.
Madrid, 22 de julio de 1975.—El Director general, Felipe Lucena Conde.

Sr. Subdirector general de Centros Universitarios.

Figura 6. Modificación del plan de estudios de primer ciclo (BOE 266 de 6 de noviembre de 1975).



Hasta este momento, la docencia e investigación en Física se llevó a cabo en el edificio de Químicas de la Facultad de Ciencias. La excepción era la astrofísica, cuyos investigadores trabajaban en los locales del IAA en el edificio de La Madraza (los astrofísicos que se iniciaban entonces se denominaban a sí mismos “los hijazos” por esta razón). Por fin, llegó el momento del traslado al nuevo edificio de Física (año 1982), que supuso una gran mejora en las capacidades de docencia e investigación asociadas a la titulación.

SE INICIA EL SEGUNDO CICLO. ESPECIALIDADES

Aunque el segundo ciclo se inició en el curso 1976-77, no fue hasta el 15 de julio de 1977 que apareció oficialmente en el BOE (figura 7), con dos especialidades (Física Fundamental y Electricidad y Electrónica), y con el problema de la simultaneidad entre Termología y Mecánica Estadística resuelto (de modo que la primera promoción hubo de cursar dos veces la Mecánica Estadística, una en cada ciclo).

Las especialidades accesibles al estudiantado se enriquecen en la modificación del Plan de estudios autorizada en el BOE de 8 de julio de 1983 (figura 8), que da paso a una especialidad muy esperada por los estudiantes de Física, la de Física Teórica.

Figura 7. En el BOE del 15 de julio de 1977 se publicó el plan de estudios de segundo ciclo. El paso a tercer ciclo (doctorado) era posible mediante examen de licenciatura o presentación de la famosa *tesina*.

SECCION DE FISICAS		
	Horas semanales de clase	
	Teóricas	Prácticas
ESPECIALIDAD FUNDAMENTAL		
Cuarto curso		
Física del Estado Sólido	3	2
Mecánica Estadística	3	2
Electromagnetismo	3	2
Electrónica General	3	4
Quinto curso		
Física Atómica Nuclear	4	4
Asignaturas optativas:		
a) Dos asignaturas a elegir entre:		
Física de los Medios Continuos	3	2
Ampliación de Mecánica Cuántica	3	2
Fenómenos de Transporte	3	2
Ampliación de Óptica	3	2
b) Una asignatura a elegir entre:		
Física de la Atmósfera	2	2
Historia de la Física y Filosofía de la Ciencia	2	2
Geofísica	2	2
Biofísica	2	2
Espectroscopia	2	2
ESPECIALIDAD DE ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA		
Cuarto curso		
Electromagnetismo I	3	2
Electrónica I	3	4
Física del Estado Sólido	3	4
Mecánica Estadística	3	2
Teoría de Sistemas (semestral)	3	2
Quinto curso		
Electromagnetismo II (semestral)	3	4
Electrónica II	3	4
Física Atómica y Nuclear	4	4
Propiedades Eléctricas y Magnéticas de la Materia	3	4
Teoría de Sistemas II (semestral)	3	2
Observaciones generales.		
Para el paso al tercer ciclo se podrá realizar la Reválida de licenciatura en la doble modalidad de examen o Tesina.		
La Junta de Sección podrá autorizar la matrícula como asignatura optativa en alguna asignatura de otra Sección.		
La Facultad determinará la posibilidad de la puesta en marcha simultánea o escalonada de las Especialidades y asignaturas optativas propuestas.		



Plan de Estudios del Segundo Ciclo de la Sección de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada		
	Horas semanales	
	Teóricas	Prácticas
CUARTO CURSO		
<i>Especialidad de Física Fundamental</i>		
Física del Estado Sólido	4	2
Mecánica Estadística	4	—
Electromagnetismo	4	2
Electrónica General	4	2
<i>Especialidad de Electrónica</i>		
Teoría de Circuitos	3	—
Electromagnetismo I	4	2
Electrónica I	3	3
Mecánica Estadística	3	—
Física del Estado Sólido	3	2
Teoría de la Conmutación	3	—
<i>Especialidad de Física Teórica</i>		
Mecánica Estadística	4	—
Mecánica Cuántica	4	—
Teoría Clásica de Campos y Relatividad	4	—
Física Atómica y Nuclear	4	2
Métodos Matemáticos de la Física III	3	—
QUINTO CURSO		
<i>Especialidad de Física Fundamental</i>		
Física Atómica y Nuclear	4	2
Dos asignaturas a elegir entre:		
Física de los Medios Continuos	4	—
Ampliación de Mecánica Cuántica	4	—
Fenómenos de Transportes	4	—
Ampliación de Óptica	4	1
Propiedades Eléctricas y Magnéticas de la Materia y Física de Plasmas	4	1
Una asignatura a elegir entre:		
Física de la Atmósfera	3	1
Historia de la Física y Filosofía de la Ciencia	3	—
Geofísica	3	1
Biofísica	3	—
Espectroscopia	3	1
Ciencias del Medio Ambiente	3	1
Astrofísica	3	1
<i>Especialidad de Electrónica</i>		
Física de Dispositivos Electrónicos	4	2
Electrónica II	4	3
Física Atómica y Nuclear	3	2
Tres asignaturas a elegir entre:		
Propiedades Eléctricas y Magnéticas de la Materia y Física del Plasma	4	2
Ordenadores	3	2
Electromagnetismo II	3	2
Teoría de Señales y de la Comunicación Automática	3	—
Automática	3	2
<i>Especialidad de Física y Teórica</i>		
Física del Estado Sólido	3	1
Ampliación de Física Nuclear	4	2
Teoría Cuántica de Campos y Partículas Elementales	4	—
Astrofísica	4	1

Figura 8. Modificación del Segundo Ciclo para incorporar la Física Teórica como especialidad (BOE de 8 de julio de 1983).

NUEVOS DEPARTAMENTOS. INCORPORACIONES A LAS PLANTILLAS DOCENTES

La estructura de los estudios iba cobrando forma. En agosto de 1979 (figura 9) se crearon los Departamentos de Física Fundamental, Física Teórica y Electricidad y Electrónica, y dejó de existir el Departamento de Física. También en 1979 (BOE del 2 de noviembre) se incorpora al Departamento de Física Fundamental recién creado el profesor D. Jesús Biel Gayé, que dejó honda huella en muchos estudiantes de Física de la Universidad de Granada durante generaciones. Dos años después (diciembre de 1981) se incorporaría como catedrático de Física Teórica el profesor Albert Bramón Planas, por traslado desde la Universidad de Barcelona, donde era agregado de la misma especialidad. También la rama de Óptica empezó a recibir profesorado, y en febrero de 1982 fue nombrado agregado de esta disciplina D. Santiago Mar Sardaña. Para la docencia en Óptica, los estudios de Física tuvieron la fortuna de contar con el nombramiento como catedrática (BOE de 1 de junio de 1982) en virtud de acceso de la profesora María Josefa Yzuel Giménez, procedente del gran foco de docentes

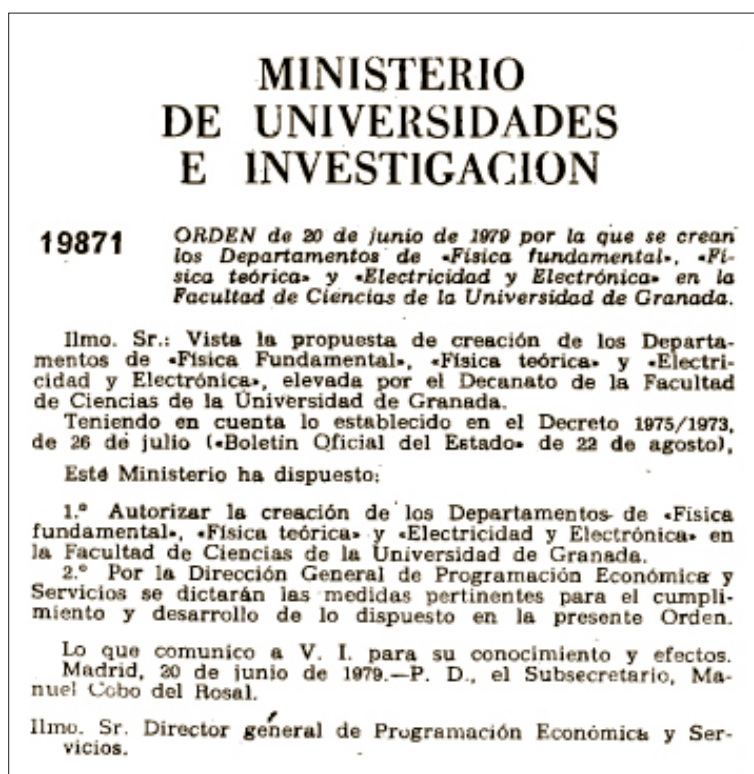


Figura 9. Creación de los Departamentos de Física Fundamental, Física Teórica y Electricidad y Electrónica. BOE 192, 11 de agosto de 1979.

e investigadores de Óptica que fue la Universidad de Zaragoza. La profesora Yzuel fue recibida y tratada con el máximo afecto por sus colegas y estudiantes, y reforzó considerablemente al grupo de investigación en esta materia. Fue además la primera catedrática de la Sección de Físicas. También la Astrofísica, rama que se expansionó notablemente por la calidad de sus investigadores y docentes y por su implicación con el IAA, se enriqueció con el nombramiento como catedrático del profesor D. Ramón Canal Masgoret, en el BOE de 26 de octubre de 1982.

En ese mismo año, (BOE de 5 de junio de 1982, figura 10) el Colegio Universitario Santo Reino de Jaén se integra en la Universidad de Granada como un Centro más.

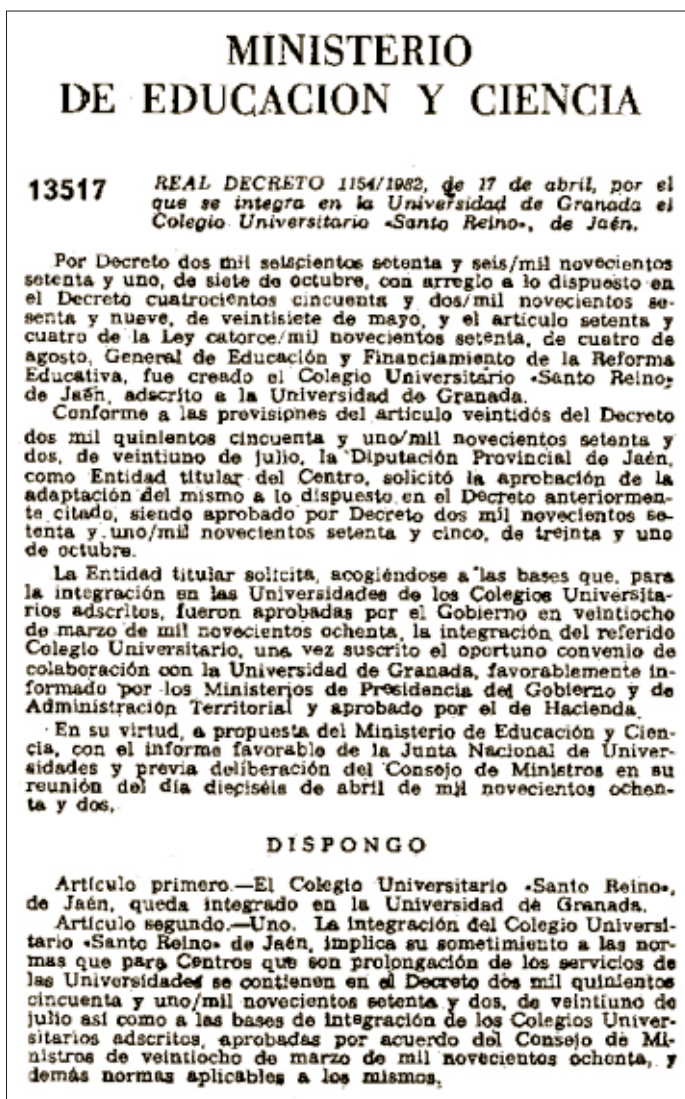


Figura 10. El Colegio Universitario Santo Reino de Jaén se integra en la Universidad de Granada (BOE de 5 de junio de 1982).

Su Departamento de Física sería parte del de Física Fundamental con todos los derechos y obligaciones.

Poco después, el día 8 de junio se nombra agregado de Electricidad y Magnetismo a D. José Margineda Puigpelat. El 3 de junio de 1983, D. Javier Piqueras de Noriega se convierte en el primer catedrático de Física del Estado Sólido, otra materia central de la titulación que encontró en el profesor Piqueras un especialista de renombre, procedente de la Universidad del País Vasco.

La recién creada especialidad de Física Teórica también necesitaba nutrirse con nuevas plazas. El 15 de octubre de 1983 fue nombrado catedrático de esta denominación D. Salvador Miracle Solé, que ya lo era en la Universidad Autónoma de Barcelona.

LA LEY DE REFORMA UNIVERSITARIA. CONSECUENCIAS

El 1 de septiembre de 1983 se publica la Ley Orgánica de Reforma Universitaria (LRU), que fue la herramienta con la que la democracia española, aún joven, se enfrentó a la mejora del sistema universitario. La ley se modificó posteriormente en 2001 (LOU o ley orgánica 6/2001 de Universidades) y muy recientemente se aprobó la LOSU (Ley Orgánica del Sistema Universitario, Ley Orgánica 2/2023, BOE 26 de marzo). Aparte de otros muchos cambios que no detallamos aquí (en especial, el peso que se les dio a los Departamentos, frente a las Facultades, como órganos responsables de organizar y desarrollar la investigación y docencia en su área de conocimiento), en ella se introducen por primera vez las Áreas de Conocimiento y se especifica que los Departamentos se constituirán en función de tales áreas, agrupando todos los docentes e investigadores que estén especializados en ellas. El primer catálogo de áreas de conocimiento se publicó en el RD 1988/1984 (BOE de 26 de octubre), e incluía:

- Electrónica
- Física Aplicada
- Física Atómica, Molecular y Nuclear
- Física de la Materia Condensada
- Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica
- Física Teórica

Notemos las ausencias de Óptica y Termología, así como de un área específica de Astrofísica. El área de Termología nunca llegó a abrirse paso, pero sí la Óptica y la Astrofísica. El profesorado funcionario (catedráticos y profesores titulares) hubo de solicitar su adscripción a áreas, lo cual fue en gran medida el origen de los Departamentos actuales, con alguna variación, dado que si un área no tenía suficientes profesores (doce) había de unirse a otras para formar departamento.



El número y denominación de las áreas ha ido modificándose hasta el listado actual (BOE 6 de octubre de 2007):

- A2. Física.
- 038. Astronomía y Astrofísica.
- 400. Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica.
- 247. Electromagnetismo.
- 385. Física Aplicada.
- 390. Física Atómica Molecular y Nuclear.
- 395. Física de la Materia Condensada.
- 398. Física de la Tierra.
- 405. Física Teórica.
- 647. Óptica



DESPUÉS DE LA LRU DE 1983

Luis Miguel JIMÉNEZ DEL BARCO JALDO

La universidad española entre los años 1970 y 1983 asistió a la desaparición de un modelo de universidad, el caduco modelo decimonónico, para adentrarse en otro muy diferente que comenzará a perfilarse hace poco más de 40 años con la Ley de Reforma Universitaria (LRU) de 1983 (ley orgánica 11/1983 de 25 de agosto, B.O.E. 209 de 1 de septiembre de 1983).

Tras una época esperanzadora, con cierto esplendor, la denominada *Edad de Plata* (etapa de significativo desarrollo educativo, tecnológico e industrial comprendida entre finales del siglo XIX y primer tercio del XX), se hacía necesario superar la gran regresión que, después de dicha época hasta la finalización de la dictadura franquista, había sufrido el avance de la ciencia y de la universidad española. La confluencia de diversos factores de orden político, demográfico, económico-sociales y del propio sistema educativo, condujo a emprender diversas reformas legislativas y dentro de ellas la regulación de la formación superior y la ordenación de la estructura universitaria. En páginas anteriores, dentro de la expansión universitaria de las décadas de los 60 y 70, se han reseñado algunos de estos intentos legislativos hasta configurar las bases actuales de la educación superior. Desde finales de la década de los 60 hasta los inicios de la década de los 80 fueron múltiples las movilizaciones de estudiantes y del profesorado, recuérdese el movimiento de PNNs (profesores no numerarios) que plantearon un conjunto de transformaciones y mejoras en la universidad.

En el proceso de elaboración de la LRU, cuya aprobación no estuvo exenta de dificultades, desistieron en algunos casos los portadores de la cartera ministerial con competencias en el tema. Esta ley supuso un nuevo y determinante escenario para el reconocimiento de las funciones sociales de la universidad, las competencias del gobierno y de las comunidades autónomas, el establecimiento de su estructura y democratización, reconociéndose la autonomía universitaria para la gestión y organización de la misma, así como de las diferentes figuras que componen la plantilla de profesorado y la fijación de áreas de conocimiento, todo ello con el siempre pretendido objetivo de la mejora de la calidad universitaria. Por primera vez se crean los Consejos Sociales como órganos de participación y representación de la sociedad, un espacio de colaboración y rendición de cuentas en el que se interrelacionan con la universidad las instituciones, las organizaciones sociales y el tejido productivo.

Las áreas de conocimiento se establecieron en un catálogo sin estar definidas y, de facto, fue un proceso de adscripción del profesorado a ellas, que posteriormente tuvo su trascendencia en la creación de departamentos universitarios. En las posteriores reformas de la LRU se substituyó el término “área de conocimiento” por el de “ámbitos del conocimiento” sucediendo igualmente la falta de definición de los mismos.

Así como en el curso 1973-74, curso en el que comenzó la licenciatura en Física, se produjo el traslado completo de la Facultad de Ciencias desde el Colegio de San Pablo (actual Facultad de Derecho) a su sede actual en la Avenida de Fuentenueva. Fue en pleno debate de la elaboración de la LRU cuando, debido a la escasez de espacios, se estaba construyendo el pabellón de la Sección de Físicas (figura 1) anexo al edificio actual original, produciéndose entre los cursos 1981 y 1982 el traslado de laboratorios y despachos desde el ala de la Sección de Química (esquina de la calle Adolfo Rancaño con la calle Gonzalo Gallas) en que se ubicaron inicialmente.



Figura 1. Lateral del pabellón de la sección de Físicas (paralelo a la Avenida Fuentenueva) y péndulo de Foucault instalado en el patio central del edificio de la sección (el péndulo fue puesto a punto e instalado por el profesor Miguel Cabrerizo Vélchez).

La LRU estuvo vigente entre 1983 y el 13 de enero de 2002, fecha en que entró en vigor la Ley Orgánica de Universidades (LOU) y que fue modificada en 2007 mediante la Ley Orgánica 4/2007 (LOMLOU). Todas ellas tienen sus raíces en la LRU y aún se está evaluando el alcance y supuestos logros de los objetivos de la ley, continuando las acciones legislativas al respecto. En la actualidad, la Ley Orgánica 2/2023, de 22 de marzo, del Sistema Universitario (LOGSU) es la que regula a las universidades y a la formación universitaria, estando aún pendiente en estos momentos su desarrollo normativo.

Desde entonces, hasta los actuales estudios de Grado en Física (BOE 43 de 19 de febrero de 2011), han sido diversas las modificaciones y reformas del plan de estudios,



referenciadas con anterioridad a estas páginas. Durante el periodo LRU, a finales de la década de los 80, las universidades estuvieron inmersas en un largo proceso de propuestas y debate sobre los planes de estudios como consecuencia del desarrollo normativo de la ley para la actualización de todos los planes de estudio de las diversas titulaciones. Esa fue la década del periodo de elaboración de los "libros blancos" de las titulaciones, popularmente conocidos como "las lechugas" (por el color verde de sus portadas). Dentro de ese contexto, en B.O.E. nº 278 de 20 de noviembre de 1990 se publica el Real Decreto de 26 de octubre por el que se establece el título de Licenciado en Física y las directrices generales propias de los planes de estudios conducentes a la obtención de aquel (figura 2). Ello originó amplios debates y gran número de reuniones en el seno de la Comisión Docente de la Sección de Físicas de la Facultad de Ciencias.

34338

Martes 20 noviembre 1990

BOE nº 278

BOE nº 278

Martes 20 noviembre 1990

34339

Resolución número 324, de 12 de septiembre, por la que se concede la autorización de uso número 324/86, al fondo de "vacantes preinscritas" de «I.E.S. fabricados por «Vigantes Cima, Sociedad Limitada», con domicilio en Segorbe (Castellón).

Resolución número 325, de 12 de septiembre, por la que se concede la autorización de uso número 325/86, a las vacantes preinscritas de «I.E.S. fabricados por «Vigantes Cima, Sociedad Limitada», con domicilio en Segorbe (Castellón).

El texto íntegro de las Resoluciones, junto con las fichas técnicas a las que se refiere la Orden del Ministerio de Obras Públicas, y el anexo de 29 de noviembre de 1989 (Boletín Oficial del Estado de 16 de diciembre), han sido notificados directamente a las Empresas solicitantes.

Los usuarios que precisen de las mencionadas fichas técnicas podrán solicitar la reproducción de las mismas a la Empresa fabricante, que deberá facilitársela en cumplimiento del artículo quinto del Real Decreto 16.201/1980, de 18 de julio (Boletín Oficial del Estado de 26 de agosto).

Madrid, 26 de octubre de 1990.-D. Director general, Mariano de Diez Nafra.

de estudios que deben cursarse para su obtención y homologación, y que se contienen en el anexo.

DISPOSICIÓN TRANSITORIA

En el plazo máximo de tres años, a partir de la publicación en el «Boletín Oficial del Estado» de las directrices generales propias incorporadas al anexo citado, las Universidades que versen matriculando enseñanzas objeto de regulación por dichas directrices remitirán para homologación al Consejo de Universidades los nuevos planes de estudios conducentes al título oficial de Licenciado en Física.

En el referido plazo, una Universidad no hubiera remitido o no tuviera homologada el correspondiente nuevo plan de estudios, el Consejo de Universidades, previa audiencia de aquélla, podrá proponer al Gobierno para su aprobación un plan de estudios homologado.

Dado en Madrid a 26 de octubre de 1990.

JUAN CARLOS R.

El Ministro de Educación y Ciencia
JAVIER SOLANA MADARIAGA

ANEXO

Directrices generales propias de los planes de estudios conducentes a la obtención del título oficial de Licenciado en Física.

Primera.—Las enseñanzas conducentes a la obtención del título oficial de Licenciado en Física deberán proporcionar una formación científica adecuada en los aspectos básicos y aplicados de la Física.

Segunda.—Los planes de estudios que aprueben las Universidades deberán ajustarse como estudiantes de primero y segundo ciclos, con una duración total entre cuatro y cinco años y una duración por ciclo de al menos dos años. Los distintos planes de estudios conducentes a la obtención del título oficial de Licenciado en Física determinarán, en créditos, la carga activa global que en ningún caso podrá ser inferior a 300 créditos ni superior al máximo de créditos que para los equipos de primero y segundo ciclo permite el Real Decreto 1497/1987. En ningún caso el mínimo de créditos de cada ciclo será inferior a 120 créditos.

Además de quienes cursen el primer ciclo de estas enseñanzas podrán cursar su segundo ciclo, quienes, de acuerdo con los artículos 3.º, 4.º y 5.º del Real Decreto 1497/1987, de 27 de noviembre, cumplan las exigencias de titulación o superación de estudios previos de primer ciclo y cumplimiento de funciones requeridos, en su caso, de conformidad con la directriz cuarta.

La carga que se establece en el plan de estudio oscilará entre veinte y treinta horas semanales, incluidas las enseñanzas prácticas. En ningún caso la carga lectiva de la enseñanza superior los quince horas semanales.

Las Universidades asignarán la docencia de las materias troncales a los correspondientes departamentos o asignaturas y, en su caso, un centro o Departamento que incluya una o varias de las áreas de conocimiento que se mencionan quedan visualizadas según lo dispuesto en el citado cuadro adjunto.

Cuarta.—En aplicación de lo previsto en los artículos 5.º y 8.2 del Real Decreto 1497/1987, de 27 de noviembre, por el que se establecen directrices generales propias de los planes de estudio de los títulos universitarios de carácter oficial, por el Ministerio de Educación y Ciencia, se concretarán las titulaciones y los estudios previos de primer ciclo necesarios para cursar estas enseñanzas bajo la fórmula prevista en el número 2 de la directriz segunda, así como los complementos de formación que, en su caso, deben cursarse a tal efecto según los distintos supuestos.

Título de Licenciado en Física

Relación de materias troncales (por orden alfabético)	Créditos			Áreas de conocimiento
	Troncales	Prácticas	Total	
Primer ciclo: «Electromagnetismo. Campos electrostático y magnetostático en el vacío y en medios materiales. Fenómenos electromagnéticos no estacionarios y teoría de circuitos. Ondas electromagnéticas».	6	3	9	«Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica», «Electromagnetismo», «Electrónica», «Física Aplicada», «Física Atómica, Molecular y Nuclear», «Física de la Materia Condensada», «Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica», «Física Teórica», «Mecánica de Fluidos», «Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras», «Óptica».

Figura 2. Publicación en B.O.E. del plan de estudios de 1990 del título de Licenciado en Física de la Universidad de Granada

Una constante de los procesos de implantación de los planes de estudio en la universidad española, tras varios años de su impartición, ha sido la revisión y reforma de los mismos para su adaptación a los cambios y corrección de los puntos débiles



detectados, no estando exentos estos procesos de los típicos vaivenes ministeriales e influencias de determinados sectores universitarios. En 1994 se publica un nuevo Real Decreto, por el cual, de nuevo, se establecen nuevas directrices generales para los planes de estudio (figura 3).

Nuevamente pues, se revisó y adaptó el plan de estudios de 1990 a las directrices del Real Decreto de 1994. Tras amplios debates en el seno de los departamentos y los órganos académicos colegiados sobre los descriptores de las asignaturas y adscripción de las mismas a áreas de conocimiento, el resultado se publica en la Resolución de 24 de octubre de 1997 de la Universidad de Granada (B.O.E. 283 de 26 de noviembre de 1997) (figuras 4 y 5). El plan de estudios de 1997 perdurará hasta el curso académico 2010-2011, extinguiéndose las licenciaturas progresivamente debido a la implantación de los nuevos títulos de grado. Proceso éste último asociado a las reformas que hubieron de emprender todas las universidades para la puesta en marcha en 2010 del marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA

13272 REAL DECRETO 1267/ 1994,

de 10 de junio,
por el que se modifica el Real
Decreto 1497/ 1987, de 27 de
noviembre, por el que se
establecen las directrices
generales comunes de los
planes de estudios de los
títulos universitarios de
carácter oficial y diversos
Reales Decretos que aprueban
las directrices generales
propias de los mismos.

En cumplimiento del mandato
contenido en el artículo 28 de la Ley
Orgánica 11/1983, de 25 de agosto,
de Reforma Universitaria, se dictó el
Real Decreto 1497/ 1987, de 27 de
noviembre, por el que se establecen
directrices generales comunes de los
planes de estudio de los títulos
universitarios de carácter oficial y
validez en todo el territorio nacional y
en el que, asimismo, se contiene el
desarrollo de las competencias
atribuidas a las Universidades en el
artículo 29 de la referida Ley
Orgánica.

Uno de los ejes fundamentales de las
indicadas directrices generales comunes
está constituido por una ordenación de
los contenidos de los planes de estudio
de forma que permita conciliar el principio
de libertad académica, recogido en el
artículo 2.1 de la citada Ley Orgánica,
con la coherencia formativa que para
dichos títulos exige el artículo 149.1.30 de
la Constitución.

La evaluación llevada a cabo en el
seno del Consejo de Universidades, al
amparo de las previsiones contenidas
en el punto 4.º del apartado 1 de la
disposición adicional segunda del
referido Real Decreto 1497/ 1987, en
relación con el cumplimiento por las
Universidades de las directrices
generales de los planes de estudio y
con el contenido científico, técnico o
artístico y adecuación profesional de
los mismos ha puesto de manifiesto
algunos problemas interpretativos de la
normativa antes citada y desajustes
que es preciso aclarar y corregir.

Figura 3. BOE núm. 139 del sábado 11 junio 1994 en el que se publica el Real Decreto 1267/1994 estableciendo las directrices generales de las nuevas reformas de los planes de estudio.

Figura 4. Preámbulo de la Resolución de 24 de octubre de 1997 de la Universidad de Granada (B.O.E. 283 de 26 de noviembre de 1997) por el que se hace público el plan de estudios de la titulación Licenciado en Física (Plan 1997).

25217 RESOLUCIÓN de 24 de octubre de 1997, de la Universidad de Granada, por la que se hace público el plan de estudios de Licenciado en Física, que se impartirá en la Facultad de Ciencias de Granada, dependiente de esta Universidad.

Aprobado por la Universidad el plan de estudios de Licenciado en Física, que se impartirá en la Facultad de Ciencias, de conformidad con lo dispuesto en el Real Decreto 1413/1990, de 26 de octubre, por el que se establece el título oficial de Licenciado en Física, y las directrices generales propias de los planes de estudios conducentes a la obtención de aquél (Boletín Oficial del Estado número 278, de 20 de noviembre de 1990); en los artículos 28 y 29 de la Ley Orgánica 11/1983, de 25 de agosto, de Reforma Universitaria (Boletín Oficial del Estado número 206, de 1 de septiembre); 225 y concordantes de los Estatutos de dicha Universidad, publicados por Decreto 162/1986, de 17 de julio (Boletín Oficial del Estado número 86, de 6 de marzo de 1986), y en cumplimiento de lo señalado en el artículo 10.2 del Real Decreto 1497/1987, de 27 de noviembre, sobre directrices generales comunes de los planes de estudios de los títulos de carácter oficial y validez en todo el territorio nacional (Boletín Oficial del Estado número 298, de 14 de diciembre); en el Real Decreto 1267/1994, de 10 de junio, por el que se modifica el anterior (Boletín Oficial del Estado número 130, de 11 de junio).

Este Rectorado, ha resuelto ordenar la publicación del acuerdo del Consejo de Universidades, de fecha 18 de septiembre de 1997, que a continuación se transcribe, por el que se homologa el referido plan de estudios, según figura en el anexo:

Expediente: 14/1997.

Plan de estudios: Licenciado en Física.

Centro: Facultad de Ciencias.

Universidad: Granada.

Este Consejo de Universidades, por acuerdo de su Comisión Académica de fecha 18 de septiembre de 1997, ha resuelto homologar el plan de estudios de referencia, que quedará estructurado como figura en el anexo.

Lo que le comunico para su conocimiento y a efectos de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado» (artículo 10.2 del Real Decreto 1497/1987, de 27 de noviembre, «Boletín Oficial del Estado» de 14 de diciembre).

Granada, 24 de octubre de 1997.—El Rector, Lorenzo Morillas Cuevas.

ANEXO 2-A Contenido del plan de estudios

UNIVERSIDAD

GRANADA

PLAN DE ESTUDIOS CONDUCTENTES AL TÍTULO DE

LICENCIADO EN FÍSICA

I. MATERIAS TRONCALES						
Ciclo	Curso	Denominación	Asignatura/s en las que la Universidad, en su caso, organiza/desorganiza la materia troncal	Créditos anuales		
				Totales	Teóricos	Prácticos/Clínicos
1		ELECTROMAGNETISMO	Electromagnetismo	10,5 (9T+1,5A)	7	3,5
				Breve descripción del contenido		
				Campos electrostático y magnetostático en el vacío y en medios materiales. Fenómenos electromagnéticos no estacionarios y teoría de circuitos. Ondas electromagnéticas.		
				Visión a áreas de conocimiento		
				Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica. Electromagnetismo. Electrónica. Física Aplicada. Física Atómica, Molecular y Nuclear. Física de la Materia Condensada. Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica. Física Térmica. Mecánica de Fluidos. Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras. Óptica.		

Relación de Materias Troncales (Primer Ciclo)		
Asignatura	Créditos teóricos	Créditos prácticos
ELECTROMAGNETISMO	7	3,5
FÍSICA CUÁNTICA	7	3,5
MECÁNICA Y ONDAS	7	3,5
MÉTODOS MATEMÁTICOS DE LA FÍSICA I	4	2
MÉTODOS MATEMÁTICOS DE LA FÍSICA II	4	2
MÉTODOS MATEMÁTICOS DE LA FÍSICA III	5	3
MÉTODOS MATEMÁTICOS DE LA FÍSICA IV	8	4
ÓPTICA	7	3,5
TECNICAS EXPERIMENTALES EN FÍSICA (MECÁNICA Y TERMODINÁMICA)	1,5	6
TECNICAS EXPERIMENTALES EN FÍSICA (ELECTROMAGNETISMO Y OPTICA)	1,5	9
TERMODINÁMICA	7	3,5

Relación de Materias Troncales (Segundo Ciclo)		
Asignatura	Créditos teóricos	Créditos prácticos
ELECTRODINAMICA CLASICA	5	2,5
ELECTRONICA II	2	4
ELECTRONICA I	4	2
FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO	5	2,5
FÍSICA ESTADÍSTICA	5	2,5
FÍSICA NUCLEAR Y DE PARTICULAS	5	2,5
MECÁNICA CUÁNTICA I	5	2,5
MECÁNICA TEÓRICA	4	2

Relación de Asignaturas Obligatorias (Primer Ciclo)		
Asignatura	Cred. teóricos	Cred. prácticos
FUNDAMENTOS DE FÍSICA I	5	2,5
FUNDAMENTOS DE FÍSICA II	3	1,5
INTRODUCCIÓN A LOS MÉTODOS NUMÉRICOS EN FÍSICA	4	2
TECNICAS EXPERIMENTALES BÁSICAS	2	4

Relación de Asignaturas Optativas (1º y 2º Ciclo)		
Asignatura	Cred. teóricos	Cred. prácticos
ASTROFÍSICA ESTELAR	3	1,5
ASTROFÍSICA GALÁCTICA	4	2
BIOFÍSICA	3	1,5
CIRCUITOS DE MICROONDAS	3	1,5
COSMOLOGÍA	3	1,5
DINÁMICA DE LA ATMÓSFERA	4	2
DISPOSITIVOS DE ALTA VELOCIDAD Y OPTOELECTRÓNICA	4	2

ELECTRONICA FÍSICA		
ESTRUCTURA NUCLEAR	4	2
FÍSICA ATÓMICA Y MOLECULAR	5	2,5
FÍSICA COMPUTACIONAL	4	2
FÍSICA DE COLOIDES	4	2
FÍSICA DE DISPOSITIVOS ELECTRONICOS	3	3
FÍSICA DE FLUIDOS	4	2
FÍSICA DE LA VISION	3	1,5
FÍSICA DE MATERIALES	5	2,5
FÍSICA DE PARTICULAS	4	2
FÍSICA DE PLASMAS	4	2
FÍSICA DEL MEDIO AMBIENTE	4	2
FÍSICA MATEMÁTICA (ECUACIONES DERIVADAS, PARCELES, INTEGRACIONES)	4	2
FÍSICA MATEMÁTICA (ESPACIO DE HILBERT Y OPERADORES LINEALES)	4	2
FÍSICA MATEMÁTICA (GEOMETRÍA DIFERENCIAL Y VARIACIONES)	4	2
FÍSICA MATEMÁTICA (TEORÍA DE GRUPOS)	4	2
FÍSICA NO LINEAL	3	1,5
FORMACIÓN Y PROCESADO ÓPTICO DE IMÁGENES	4	2
FUNDAMENTOS FORMALS DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO	5	1
GEOFÍSICA	4	2
INTRODUCCIÓN A LA ASTROFÍSICA	4	2
LÁSERES Y ÓPTICA NO LINEAL	4	2
MECÁNICA CUÁNTICA II	4	2
MECÁNICA ESTADÍSTICA	5	2,5
METEOROLOGÍA FÍSICA	3	1,5
PROPAGACIÓN Y RADIACIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS	3	1,5
RADIOACTIVIDAD Y APLICACIONES	3	1,5
REACCIONES NUCLEARES Y TECNOLOGÍA NUCLEAR	3	3
REACCIONES QUÍMICAS	4	2
RELATIVIDAD GENERAL	3	1,5
TEORÍA CUÁNTICA DE CAMPOS	5	2,5
TERMODINÁMICA DEL NO EQUILIBRIO	3	1,5

Datos Generales de la Titulación		
Publicado el 25 de Noviembre de 1997		
Enseñanza de	Estructura Global	Carga Lectiva
1º y 2º Ciclo	31,2 Cursos	300,0

Distribución de Créditos por Ciclo				
Ciclo	Materias Troncales	Asignaturas Obligatorias	Asignaturas Optativas	Asignaturas Libres Configuración
Primer Ciclo	103,5	24	37,5	15
Segundo Ciclo	55,5	0	43,5	15
Total	159,0	24,0	81,0	30,0

Figura 5. Estructura del plan de estudios de 1997 de la titulación Licenciado en Física.

La entrada en vigor de las actuales titulaciones de grado supuso igualmente un largo periodo de reflexiones y discusiones al respecto. Fueron motivo de amplios debates tanto las materias y asignaturas que han de componer el plan de estudios, como los contenidos, créditos asociados, y adscripción y vinculación de asignaturas a ámbitos del conocimiento. La estructuración de los grados dentro del marco del EES, suponía principalmente, independientemente de múltiples conjeturas de tipo metodológico, el establecimiento del concepto de crédito académico europeo (crédito ECTS), movilidad de estudiantes dentro de los países miembros de la Unión Europea y la puesta en marcha del suplemento europeo al título. Han sido largos, complejos y tediosos los procesos de verificación y de acreditación de los títulos, obligados por la cultura de la “garantía de la calidad” según la normativa europea, siendo las agencias nacionales (ANECA) y las autonómicas, inicialmente la Dirección de Evaluación y Acreditación

(DEVA) de la Agencia Andaluza del Conocimiento (en la actualidad Agencia para la Calidad Científica y Universitaria de Andalucía, ACCUA), las responsables de supervisar los mismos.

El plan de estudios del título de Graduado en Física, implantado en el curso 2010-2011, se publica en B.O.E. Nº 43 de 19 de febrero de 2011 por Resolución de 4 de febrero de 2011, de la Universidad de Granada según lo dispuesto en el artículo 35 de la Ley Orgánica 6/2001, de Universidades, en la redacción dada por la Ley Orgánica 4/2007. Tras un rodaje de nueve años, se revisa y modifica ligeramente la estructura del plan de 2010, publicándose el mismo en B.O.E. 298 de 12 de noviembre de 2020 por Resolución de 14 de julio de 2020, de la Universidad de Granada, siendo el plan que está vigente en el momento de esta publicación. En la figura 6 se reproduce el plan referido.

En el anexo de esta publicación en el que figura el listado de profesorado con responsabilidades en la gestión académica, se puede consultar el profesorado que en cada momento estuvo implicado en la coordinación de los procesos de gestión académica y de reforma de los planes de estudio.

Tras la entrada en vigor de la LRU y el correspondiente desarrollo estatutario en nuestra universidad, tomando como punto de partida el catálogo de áreas de conocimiento y la adscripción del profesorado a las mismas, se reguló la composición y constitución de los departamentos universitarios. Todo ello dio lugar, en diferentes momentos, a la constitución de los actuales seis departamentos, responsables de los estudios de Física: Departamento de Electromagnetismo y Física de la Materia (creado en 1998), Electrónica y Tecnología de Computadores (diciembre 1997), Física Aplicada (creado en 1984), Física Atómica, Molecular y Nuclear (2006, con denominación Física Moderna en 1984), Física Teórica y del Cosmos (1994), Óptica (marzo 1993).

Las nuevas necesidades docentes, generadas sobre todo por el incremento del número de estudiantes y las mejoras en las ratios número de estudiantes por profesor, junto a las políticas de promoción y estabilización del profesorado, en diferentes etapas legislativas, han incrementado notablemente, en sus diferentes figuras actuales, la plantilla inicial de profesorado con la que comenzaron los estudios. Es imposible y difícil, hacer referencias expresas y académicas de todos los protagonistas de los estudios de Física en nuestra universidad, desde el periodo LRU hasta la fecha y que se plasman en los capítulos de esta obra destinados a la historia de los departamentos. En los momentos de redacción de este capítulo, tras la decidida política de la UGR de promoción y estabilización del profesorado, la plantilla de profesorado, dinámica y sujeta a promoción, está compuesta por 88 Catedráticos de Universidad, 72 Profesores Titulares de Universidad, 23 Profesores Contratados Doctor, 2 Profesores Colaboradores, 6 Profesores Ayudantes Doctores, 4 Profesores Asociados y 3 Profesores Sustitutos Interinos, lo que arroja un total 198 profesores. En la tabla que se muestra en la página 58, se presenta la distribución por departamentos de la plantilla actual de profesorado (datos proporcionados por el Servicio de Ordenación Académica de la UGR).



III. OTRAS DISPOSICIONES

UNIVERSIDADES

14102 Resolución de 14 de julio de 2020, de la Universidad de Granada, por la que se publica la modificación del plan de estudios de Graduado en Física.

Visto el informe favorable de la Dirección de Evaluación y Acreditación de la Agencia Andaluza del Conocimiento (DEVA), de 25 de junio de 2019, relativo a la modificación del plan de estudios conducente a la obtención del título de Graduado o Graduada en Física (publicado mediante Resolución de 4 de febrero de 2011, de la Universidad de Granada, en el BOE de 19 de febrero de 2011).

Este Rectorado, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 28.3 del Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, en la redacción dada por el Real Decreto 861/2010, por el que se modifica el anterior, ha resuelto ordenar la publicación de la modificación del plan de estudios conducente a la obtención del título de Graduado o Graduada en Física por la Universidad de Granada, que quedará estructurado según se hace constar en el anexo de esta resolución.

Granada, 14 de julio de 2020.—La Rectora, María Pilar Aranda Ramírez.

ANEXO

Plan de estudios del título de Graduado o Graduada en Física por la Universidad de Granada

Rama de conocimiento: Ciencias. Centro de impartición: Facultad de Ciencias. Curso de implantación: 2010/2011

1. Distribución del Plan de Estudios por tipo de materia en créditos ECTS

Carácter de la Materia	ECTS
Formación Básica	60
Obligatorias	114
Optativas	60
Prácticas Externas	---
Trabajo Fin de Grado	6
Créditos totales	240



2. Distribución de los créditos de formación básica del plan de estudios

Módulo	Materia	Asignatura	ECTS	Curso
Formación básica.	Física.	Física General I.	6	1
		Física General II.	6	1
		Técnicas Experimentales Básicas.	6	1
	Química.	Química General.	6	1
		Análisis Matemático I.	6	1
	Matemáticas.	Análisis Matemático II.	6	1
Métodos Matemáticos y Programación.	Programación.	Programación.	6	1
		Métodos Numéricos y Simulación.	6	1
	Álgebra Lineal y Geometría.	Álgebra Lineal y Geometría I.	6	1
		Álgebra Lineal y Geometría II.	6	1

3. Estructura del plan de estudios

Módulo	Materia	Carácter	ECTS	Curso
Formación Básica.	Física.	Básico.	18	1
	Química.	Básico.	6	1
	Matemáticas.	Básico.	12	1
	Programación.	Básico.	6	1
Métodos Matemáticos y Programación.	Métodos Numéricos y Simulación.	Básico.	6	1
	Métodos Matemáticos.	Obligatorio.	18	2
	Álgebra Lineal y Geometría.	Básico.	12	1
Mecánica y Ondas.	Mecánica y Ondas.	Obligatorio.	12	2
	Termodinámica y Física Estadística.	Obligatorio.	12	2
Electromagnetismo.	Electromagnetismo.	Obligatorio.	6	3
	Circuitos Eléctricos: Teoría e Instrumentación.	Obligatorio.	12	3
Óptica.	Óptica.	Obligatorio.	6	2
	Física Cuántica.	Obligatorio.	12	3
Fundamentos Cuánticos.	Mecánica Cuántica.	Obligatorio.	6	4
	Electrónica Física.	Obligatorio.	6	4
Estructura de la Materia.	Física Nuclear y de Partículas.	Obligatorio.	6	4
	Física del Estado Sólido.	Obligatorio.	6	4
	Física Atómica y Molecular.	Optativo.	6	4
Trabajo Fin de Grado.	Trabajo Fin de Grado.	Optativo.	6	4
	Electrodinámica.	Optativo.	6	4
Electrodinámica y Nanoelectrónica.	Electrodinámica.	Optativo.	6	4
	Nanoelectrónica.	Optativo.	6	4

0018-BOE-A-2020-14102
Verificado en el BOE el 12/11/2020



Módulo	Materia	Carácter	ECTS	Curso
Astrofísica.	Fundamentos de Astrofísica.	Optativo.	6	2
	Astrofísica.	Optativo.	6	4
Relatividad y Teoría de Campos y Partículas.	Relatividad General.	Optativo.	6	4
	Teoría de Campos y Partículas.	Optativo.	6	4
Radiactividad y Estructura y Reacciones Nucleares.	Estructura y Reacciones Nucleares.	Optativo.	6	4
	Radiactividad y Aplicaciones.	Optativo.	6	3
Mecánica Analítica y Física de Fluidos.	Mecánica Analítica y de los Medios Continuos.	Optativo.	6	3
	Física de Fluidos.	Optativo.	6	4
Física de la Atmósfera y del Medio Ambiente.	Física del Medio Ambiente.	Optativo.	6	2
	Física de la Atmósfera.	Optativo.	6	2
Biofísica y Geofísica.	Geofísica.	Optativo.	6	3
	Biofísica.	Optativo.	6	3
Física Matemática e Información Cuántica.	Información Cuántica y Aplicaciones.	Optativo.	6	4
	Física Matemática.	Optativo.	6	3
Física Computacional y de los Sistemas Complejos.	Física Computacional.	Optativo.	6	3
	Física de los Sistemas Complejos.	Optativo.	6	4
Proyectos.	Proyectos.	Optativo.	6	4

En virtud de los Acuerdos adoptados por la Comisión Académica del Consejo Andaluz de Universidades, sobre contenidos comunes mínimos de las Enseñanzas de Grado, así como de la Circular de 10 de junio de 2010, de la Dirección General de Universidades de la Junta de Andalucía, los estudiantes que cursen este Grado deberán acreditar, antes de la obtención del título, la competencia lingüística en una lengua extranjera de nivel B1 o superior, conforme al Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas.

Figura 6. Estructura del plan de estudios de la titulación Graduado en Física vigente en la actualidad.



DEPARTAMENTO	CATEGORIA	Total
ELECTROMAGNETISMO Y FÍSICA DE LA MATERIA	CATEDRÁTICO DE UNIVERSIDAD	8
	PROFESOR AYUDANTE DOCTOR	1
	PROFESOR CONTRATADO DOCTOR INDEFINIDO	1
	PROFESOR TITULAR DE UNIVERSIDAD	6
		16
ELECTRÓNICA Y TECNOLOGÍA DE COMPUTADORES	CATEDRÁTICO DE UNIVERSIDAD	13
	PROFESOR ASOCIADO LABORAL	3
	PROFESOR CONTRATADO DOCTOR INDEFINIDO	2
	PROFESOR TITULAR DE UNIVERSIDAD	15
		33
FÍSICA APLICADA	CATEDRÁTICO DE UNIVERSIDAD	24
	PROFESOR CONTRATADO DOCTOR INDEFINIDO	8
	PROFESOR TITULAR DE UNIVERSIDAD	20
		52
FÍSICA ATÓMICA, MOLECULAR Y NUCLEAR	CATEDRÁTICO DE UNIVERSIDAD	14
	PROFESOR CONTRATADO DOCTOR INDEFINIDO	2
	PROFESOR TITULAR DE UNIVERSIDAD	3
		19
FÍSICA TEÓRICA Y DEL COSMOS	CATEDRÁTICO DE UNIVERSIDAD	16
	PROFESOR CONTRATADO DOCTOR INDEFINIDO	8
	PROFESOR TITULAR DE UNIVERSIDAD	14
		38
ÓPTICA	CATEDRÁTICO DE UNIVERSIDAD	13
	PROFESOR ASOCIADO LABORAL	1
	PROFESOR AYUDANTE DOCTOR	5
	PROFESOR COLABORADOR INDEFINIDO	2
	PROFESOR CONTRATADO DOCTOR INDEFINIDO	2
	PROFESOR SUSTITUTO INTERINO	3
	PROFESOR TITULAR DE UNIVERSIDAD	14
		40
Total general		198

Esta plantilla de PDI está notablemente incrementada por las figuras de personal investigador que desde hace más de tres décadas viene incorporando nuestra universidad dentro de sus políticas de reincorporación y de captura de talento (planes de incorporación de investigadores de los programas Ramón y Cajal y Juan de la Cierva, entre otros), lo que ha supuesto un importante incremento de personal docente e investigador en determinados ámbitos y departamentos.

En la figura 7 se muestra una de las imágenes que recogen a una parte representativa del profesorado con motivo de la conmemoración que se hizo al cumplirse 25 años de la promoción 1981-1986 de la licenciatura en Físicas.



Figura 7. Parte del profesorado de los estudios de Física con motivo de los actos organizados en 2011 para las bodas de plata de la promoción 1981-1986.

Como se decía al comienzo, las transformaciones que experimentó la sociedad española desde final de la década de los 60 hasta la de los 80, llevó apareado un enorme crecimiento del número de estudiantes que accedían a la universidad. Con relación a los estudios de Física, a modo gráfico, en la figura 8 se presenta a título de ejemplo un muestreo del número de estudiantes matriculados en la asignatura general de Física de primer curso de los estudios desde el curso 1973-74 hasta la actualidad. En la figura 9 se presenta la evolución del número total de estudiantes matriculados (licenciatura y grado), desde la implantación de la titulación hasta la actualidad, así como el porcentaje de mujeres matriculadas desde la implantación del Grado. En ambas figuras se puede observar el alto incremento de matrícula en la década de los 90, lo que llevó a un aumento del número de grupos de cada curso. En aquella década no era muy alta la nota de corte para el acceso de los estudios de Física y también era grande el número asociado al límite de admisión que se autorizaba. Tras las oportunas peticiones por parte del profesorado para lograr un cierto control de este proceso, los responsables de la gestión académica de los estudios corrigieron este elevado número, disminuyendo el límite de admisión, lo que también ha supuesto una mayor nota de corte para acceder a los mismos con las consiguientes mejoras en los parámetros de rendimiento académico.

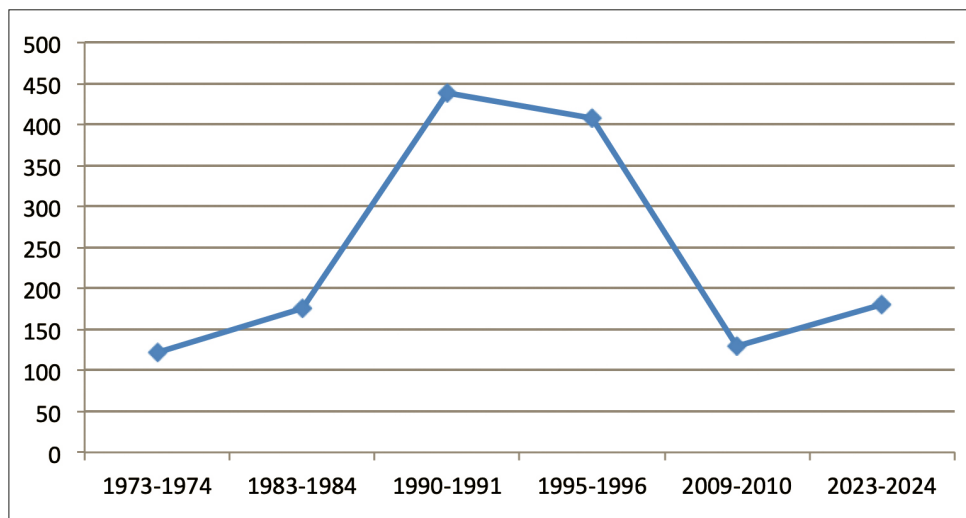


Figura 8. Evolución del número de estudiantes matriculados en primer curso en la asignatura general de Física de los diferentes planes de estudio desde 1973 hasta 2023 (datos del Archivo Universitario de la UGR).

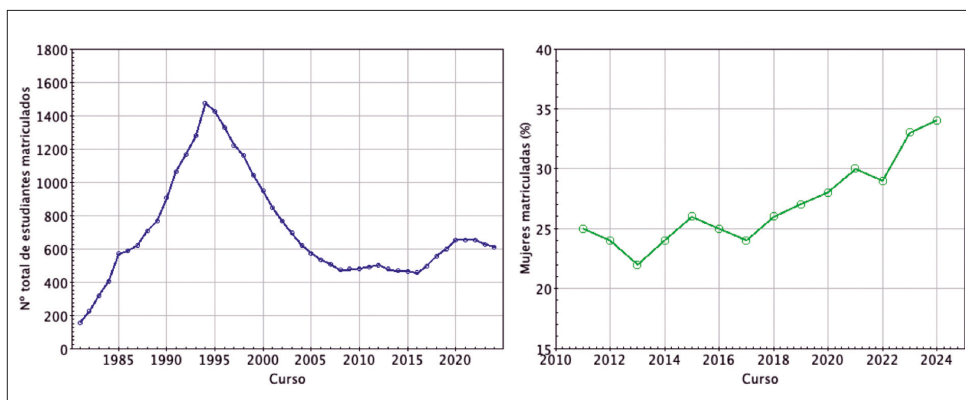


Figura 9. Izquierda: Evolución del número total de estudiantes matriculados en los diferentes planes de estudio desde 1973 hasta 2023 (datos proporcionados por el Servicio de Ordenación Académica de la UGR). Derecha: Porcentaje de mujeres matriculadas en Física cada curso desde la implantación del Grado.

A modo de ilustración, a continuación se presentan algunas imágenes: desde un grupo de estudiantes de la primera promoción de los estudios hasta otras más recientes de la titulación de grado.

Figura 10. Estudiantes de la primera promoción. En la imagen de la derecha, grupo de estudiantes de la asignatura general de Electrónica con el profesor Mira. En la parte inferior imagen de los participantes en la celebración de las bodas de plata (25 años) de la primera promoción.



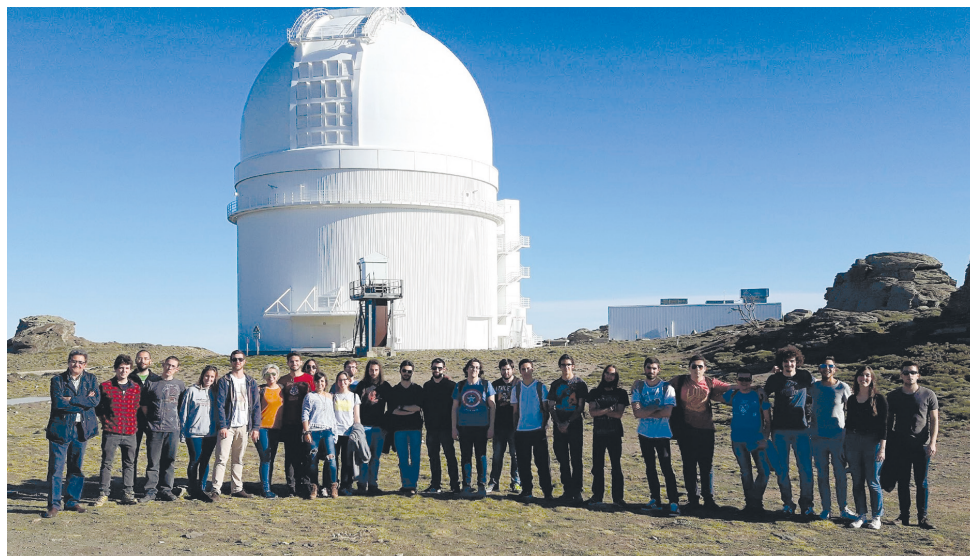


Figura 11. Estudiantes del Grado en Física (curso 2016-2017), en una visita a las instalaciones de telescopios del Centro Astronómico Hispano en Andalucía (CAHA), también conocido como Observatorio de Calar Alto, en la Sierra de Filabres (Almería).

Figura 12. Foto de familia en la XXXI Reunión Bienal de Física de la Real Sociedad Española Física, celebrada en Granada del 10 al 14 de septiembre de 2007; en ella hubo una amplia participación del personal docente e investigador de los estudios de Física.



La especialización alcanzada en campos de la física como son la Óptica, la Electrónica, la Informática y las Telecomunicaciones junto a la demanda social de los estudios asociados a ellos y al impulso de los precursores de estos estudios, alcanzó sus frutos con la aprobación de los respectivos planes de estudio de estas titulaciones, que, con raíces en la física y en “los físicos”, serán relatadas en el siguiente capítulo.



Figura 13. Uno de los laboratorios docentes de Física.

En el curso 2016-2017, bajo el decanato de la profesora María del Carmen Carrión Pérez, primera Decana de la Facultad de Ciencias, se inició el doble grado en Física y Matemáticas que fue promovido, tras la adaptación de los planes de estudio, por las profesoras Estrella Florido Navío y Margarita Arias López, coordinadoras en esos momentos de los grados en Física y en Matemáticas, respectivamente.

Para finalizar es obligado reseñar la gran evolución de la Física en Granada, tanto teórica como experimental. En la figura 14 se presenta una imagen del Laboratorio de trampas de iones y láseres del que es responsable el Profesor Daniel Rodríguez Rubiales del departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear. Dicha instalación fue montada inicialmente a partir de la financiación (1,5 millones de euros) del Consejo Europeo de Investigación en la convocatoria *Starting Grants* de 2011, dentro de la temática Constituyentes fundamentales de la materia.



Figura 14. Mesa óptica con láseres para enfriamiento de iones del laboratorio de Trampas de Iones y Láseres. Fotografía: Maravillas García.



RAMIFICACIONES. LA TITULACIÓN DE FÍSICAS COMO GERMEN DE LA CREACIÓN DE OTROS ESTUDIOS

La Licenciatura de Física de la Universidad de Granada, no sólo ha sido capaz durante 50 años de formar especialistas altamente cualificados en base a la profesionalidad de su profesorado y excelente labor investigadora desarrollada, sino que también ha servido de semilla e instrumento, en mayor o menor medida, para el nacimiento de otras titulaciones en nuestra Universidad, como son las siguientes:

- Informática (1986),
- Óptica y Optometría (1989),
- Ingeniería Electrónica (1995), e
- Ingeniería de Telecomunicaciones (2003).

A continuación, se describen brevemente sus inicios¹.

INFORMÁTICA (1986)

Alberto PRIETO ESPINOSA

Una cualidad del físico es su capacidad de adaptación a distintos campos del conocimiento, lo que le permite desarrollar con éxito proyectos multidisciplinarios de áreas muy diversas. No es extraño que, en entornos profesionales, los directivos de empresas de tecnologías de la información y comunicación afirmen con frecuencia que para puestos de informática en los que se requieren actividades no rutinarias (iniciativa, innovación, trabajo en grupo, etc.) prefieran a titulados en física frente a otros más especializados.

Los físicos han sabido impulsar y promover, con gran generosidad, el advenimiento de nuevas disciplinas y estudios que van surgiendo de acuerdo con el incremento de la especialización que conlleva la evolución de nuestra sociedad. Un ejemplo lo constituye la titulación de Físicas de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada. En gran medida los estudios de Informática, de Óptica y de Ingeniería Electrónica

1. La planificación y recopilación de material para este capítulo han sido llevadas a cabo por los profesores Enrique Hita, Alberto Prieto y Eduardo Battaner.

han surgido de los estudios de Física, habiendo sido, en todos los casos, físicos los promotores e iniciadores de los mismos. Esto, lejos de debilitar la profesión de físico, la enriquece.

El germen de los estudios de Informática en la UGR se produjo en 1981 cuando los profesores de la titulación de físicas Antonio Lloris Ruíz y Alberto Prieto Espinosa elaboraron una propuesta detallando un plan de estudios, contenidos de sus distintas asignaturas, y análisis de necesidades de profesorado y de infraestructura. Se proponía que inicialmente estos estudios se configurasen como una sección dentro de las Facultad de Ciencias, siguiendo el modelo de otras universidades en aquella época (Autónoma de Barcelona y Universidad de Deusto, por ejemplo).

Independientemente de la entrega del documento elaborado por los profesores indicados a la Secretaría General de la Universidad, la propuesta fue considerada el 14 de marzo de 1983 por la Junta de la Sección de Físicas de la Facultad de Ciencias, a la sazón presidida por el Prof. Dr. D. Jesús Sánchez-Dehesa, acordando por unanimidad “apoyar y urgir la creación de una Sección de Informática en esta Facultad” (figura 1). Fue el primer pronunciamiento documentado de un órgano colegiado de la Universidad apoyando dichos estudios. Dos años más tarde se iniciaron los mismos. De aquella iniciativa hoy tenemos unos estudios de informática que según diversos indicadores se encuentran entre los mejores de España y de Europa.

Los nuevos estudios de informática se cimentaban en las titulaciones propias de programador de Aplicaciones Científicas y de Aplicaciones de Gestión que se impartían en el Centro de Cálculo de la Universidad (fundado en 1972). Por otra parte, en la Universidad de Granada se impartían las siguientes asignaturas de informática:

- **Licenciatura en Físicas** (Plan 1975).
Programación FORTRAN (como contenido de Teoría de Sistemas I)
Estructura de computadores (como contenido de Teoría de Sistemas II)
Electrónica digital.
- **Licenciatura de Matemáticas** (Plan 1973):
Organización de datos y equipos
Aplicaciones de las Calculadoras (incluía el lenguaje de programación Cobol)
- **Ciencias Empresariales:**
Informática de Gestión.



Ilmo. Sr.:

La Junta de Sección de Físicas de esta Facultad en su reunión del día 14 de Marzo de 1983 acordó por unanimidad apoyar y urgir la creación de una Sección de Informática en esta Facultad así como todas las gestiones realizadas por las autoridades académicas encaminadas a tal fin.

Entendemos que tal creación sería altamente beneficiosa para nuestro entorno social, así como para la potenciación de esta Facultad siempre y cuando la nueva Sección se cree con las dotaciones de profesorado, infraestructura y mantenimiento adecuadas.

Todo lo cual comunico a V.I. para su conocimiento y efectos.

Granada, a 18 de Marzo de 1983

José Sánchez-Dehesa

Dr. Jesús Sánchez-Dehesa

Director de la Sección de Físicas



ILMO. SR. DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

Figura 1. Oficio de la Junta de la Sección de Físicas apoyando y urgiendo la creación de los estudios de Informática.

La evolución de los estudios de informática se puede enmarcar en los siguientes hechos:

- Impartición de la Diplomatura de Informática (curso 1985-86).
- Impartición del Curso Superior de Informática (curso 1988-89), con contenidos del segundo ciclo de una licenciatura.
- Impartición de la licenciatura de Informática (curso 1989-90).
- Creación de la ETS de Ingeniería Informática, segregándose los estudios de la Facultad de Ciencias, y ubicación en una sede propia en la Avenida de Andalucía, nº 38 (9 de mayo de 1994).

En marzo de 2002, la ETS de Ingeniería Informática se traslada a un nuevo edificio situado en el Campus Aynadamar. C/Periodista Daniel Saucedo Aranda, s/n 18071.

En octubre de 2003 se comienzan en este Centro los estudios correspondientes a Ingeniería de Telecomunicación, promovidos, entre otros, por el físico Antonio Rubio Ayuso.

La actividad investigadora desarrollada por el profesorado e investigadores de la Universidad en el ámbito de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones puede calificarse de excelente. Cabe destacar que la producción científica en el ámbito de la Informática (Computer Science) de la Universidad de Granada, según los últimos rankings de Shangai y de la National Taiwan University, se encuentra como la mejor de todas las instituciones académicas de España, entre las 10 primeras de Europa y entre las 50 primeras del mundo.

ÓPTICA Y OPTOMETRÍA (1989)

Enrique HITA VILLAYERDE

Otra de las titulaciones que se implantaron en la Universidad de Granada que puede considerarse como una ramificación de los estudios de Ciencias Físicas fue la de Óptica y Optometría.

Esta Titulación tuvo su origen en la creación, en 1983, del Departamento de Óptica en la Facultad de Ciencias, departamento que tuvo su origen en la defensa de la tesis doctoral del profesor Enrique F. Hita Villaverde sobre un tema de Óptica de la Visión centrado en la Colorimetría Diferencial.

Esta Tesis había sido dirigida por los Doctores Manuel Álvarez-Claro, de la Universidad de Salamanca, y Gerardo Pardo Sánchez, director del departamento de Física en Granada, e iniciaba una línea de investigación en el campo de la Óptica Fisiológica, que venía avalada por el profesor de Investigación del Instituto de Óptica Daza de Valdés, Antonio de la Cruz Castillo, en el CSIC.

La fuerte actividad investigadora iniciada por el profesor Hita y sus colaboradores más directos, los profesores Javier Romero Mora, Luis M. Jiménez del Barco Jaldo y Manuel Melgosa Latorre, dio pronto sus frutos y trajo como consecuencia el acercamiento de varios investigadores hacia el grupo inicial realizando en el mismo sus tesis doctorales y, con el tiempo, la consolidación de sus carreras profesionales.

Además de este crecimiento humano, esa misma actividad desarrollada por el grupo inicialmente originó una fuerte expansión del mismo hacia la universidad española y hacia otras universidades e instituciones tanto nacionales como internacionales. Cabe destacar aquí la fuerte conexión inicial con las universidades de Salamanca, Zaragoza y

con el CSIC, en las personas de José Barcala Herreros, Justiniano Casas Peláez y Antonio Corrons Rodríguez respectivamente.

Además de estas conexiones iniciales, surgen pronto otras con la Universidad de Barcelona en la persona de M^a Josefa Yzuel Giménez, con la Fundación Giorgio Ronchi en Italia ligada a la persona de Lucía Ronchi, con el Museo de Historia Natural de París en la persona de François Vienot, con el Grupo Argentino de Color en la persona de J. Cahivano y con el mismísimo padre de la Colorimetría Diferencial, el Dr. McAdam en Estados Unidos, así como otras varias más.

Lo expuesto pone de manifiesto la proyección, tanto nacional como internacional, que alcanzaba el incipiente departamento de óptica granadino. Para una mayor información al respecto, se puede consultar la Historia del Departamento de Óptica en este mismo volumen.

Algunas de estas personas habían tenido bastante contacto con la Óptica Oftálmica, entre otros el profesor Barcala que había sido profesor de algunos de los cursos que el Instituto de Óptica Daza de Valdés organizaba para la obtención del título de Óptico de Anteojería que, en principio, habilitaba para dispensación de prótesis oftálmicas y nos había sugerido la posibilidad de implantar en Granada una titulación en este sentido. Estos cursos no tenían carácter universitario ni se exigía para realizarlos estar en posesión más que del título de bachiller.

Posteriormente, se crearon los estudios universitarios de Óptica a nivel de Escuela Universitaria, pero se daba la circunstancia de que, en España, en aquellas épocas, sólo existían las escuelas universitarias de Óptica de Madrid, Tarrasa y Alicante y la demanda de profesionales en este campo era muy alta ya que la zona sur de la península, Extremadura y el norte de África no tenían implantados estudios que condujeran a la titulación de Óptico.

Es cierto que cuando se crearon las escuelas universitarias de Alicante y Tarrasa, hubo un intento de crear en Granada otra escuela, pero los responsables académicos del momento, muy ligados a la oftalmología, no lo creyeron oportuno.

Todo lo expuesto y el hecho de que la línea de investigación que se desarrollaba en nuestro departamento encajara dentro del perfil de Óptica de la Visión y la Óptica Fisiológica, nos hizo pensar en la posibilidad de solicitar la implantación de una titulación en nuestra Facultad, ligada a nuestro departamento ya que en principio existían suficientes profesionales para cubrir un amplio abanico de su docencia.

A esto había que añadir el hecho de que el vicerrector de investigación de nuestra Universidad, el profesor Pascual Rivas Carrera, también había tenido mucha conexión con la regulación de esta profesión al ser uno de los artífices de las coloquialmente llamadas “lechugas”, que venían a ser los documentos base para el desarrollo de la actividad docente en los centros universitarios que impartían estos estudios.

El Vicerrector Rivas era buen conocedor de nuestro grupo de investigación al que venía apoyando desde tiempo atrás y tomó la iniciativa de sugerirle al equipo rectoral,



en aquellas épocas regido por el profesor José Vida Soria, la posibilidad de iniciar un procedimiento que condujera a la materialización de tal iniciativa.

El rector Vida Soria, hizo suya la idea y llevó a consejo de gobierno y claustro la misma, donde fue aprobada por unanimidad siéndolo también por el Consejo Social de nuestra Universidad.

De esta forma, en 1989, se implantaban en Granada los estudios de óptica sobre la base de una diplomatura adscrita a la Facultad de Ciencias.

El esfuerzo del rectorado y la gerencia de la Universidad, hicieron posible contar con unos locales y una dotación instrumental para los laboratorios de docencia realmente adecuados.

Esta implantación obligaba a un acercamiento a los Colegios Profesionales de Óptica tanto andaluz como nacional, con el fin de establecer relaciones que permitieran conocer el estado de salud de la profesión, sus deficiencias formativas y sus deseos de expansión profesional.

La conexión resultó ser muy fructífera y por medio de ella se pudo saber la complejidad de titulaciones que existían en el momento con posibilidad de actuación profesional en el campo de la Óptica Oftálmica, llegando a convertirse la Universidad de Granada, a petición de los Colegios Profesionales, en el motor nacional para la unificación de titulaciones en el mismo, creando una enseñanza propia en la universidad de Granada que posibilitó tal unificación hacia el título único de Óptico Optometrista, y que trajo hacia nuestra Universidad a más de mil quinientos titulados por planes de estudios anteriores de otras universidades y centros de docencia para la obtención del nuevo título.

Este último proceso, aquí expuesto, entendemos que es un ejemplo de cómo, desde la Física, se pueden resolver problemas en otros ámbitos de conocimiento a ella ligados, y, en definitiva, que la Física y los físicos son capacidad de iniciativa.

INGENIERÍA ELECTRÓNICA (1995)

Juan Antonio LÓPEZ VILLANUEVA

La Electrónica ha sido parte importante del plan de estudios de la Licenciatura en Física de la Universidad de Granada desde sus orígenes, ya que el primer plan de estudios del segundo ciclo publicado en BOE el 15 de julio de 1977 ya contaba con la Electricidad y Electrónica como una de sus dos especialidades, y el nuevo plan publicado en BOE el 8 de julio de 1983 la concretó y amplió en una nueva, llamada de Electrónica, a la vez que creaba una tercera especialidad en Física Teórica. Esta situación era común en la mayor parte de las universidades españolas que impartían una licenciatura en

Física, y como consecuencia de la labor de numerosos profesores que participaban en estas especialidades de Electrónica, surgió la propuesta de crear una nueva ingeniería. A partir de esta iniciativa se incorporó en el catálogo de títulos oficiales una nueva titulación denominada “Ingeniero en Electrónica”, de segundo ciclo, de acuerdo con el Real Decreto 1424/1991, de 30 de agosto, en el que se publicaron las directrices generales propias de los planes de estudio conducentes a su obtención. La Universidad de Granada implantó este título de forma inmediata, con D. Antonio Lloris Ruiz como primer coordinador, comenzando su impartición en el curso 1993/1994 aunque su plan de estudios no se haría oficial hasta la resolución de 24 de marzo de 1994, publicada en el BOE de 15 de abril de ese año.

El programa académico de la nueva titulación estaba diseñado para completarlo en dos cursos académicos, y se podía acceder a él tras superar el primer ciclo de la licenciatura en Física o desde otras titulaciones como la especialidad de Electricidad de Ingeniería Técnica Industrial, tras cursar unos complementos de formación, o directamente desde la especialidad de Electrónica de la Ingeniería Técnica Industrial. El plan de estudios constaba de trece asignaturas troncales, que incluían contenidos de Electrónica Analógica (Circuitos y Sistemas), Potencia y Alta Frecuencia, Sistemas y Procesadores Digitales, Instrumentación, Control, Diseño de Circuitos Integrados, Tratamiento de Señales y Sistemas Telemáticos, Proyectos, así como un conjunto de once asignaturas optativas en el que, además de algunas propias de Electrónica, Señales y Control que desarrollaban las materias troncales, se añadían otras asignaturas de Electromagnetismo, Óptica y Organización de Empresas.

En ese mismo curso 1993/1994 comenzó la extinción de la especialidad de Electrónica dentro del plan de estudios de Física en la Universidad de Granada, aunque mantenía su vigencia oficial y por tanto muchos estudiantes optaron con simultanear ambas titulaciones solicitando la convalidación de las asignaturas propias de la especialidad por las superadas en Ingeniero en Electrónica y cursando en Física las que necesitaban para completar su segundo ciclo. De esta manera, aunque no se impartiera específicamente en Física, la nueva titulación siguió actuando de hecho como una especialidad de Electrónica dentro de la licenciatura en Física.

La titulación de Ingeniero en Electrónica continuó hasta el curso 2010/2011. Sin embargo, las titulaciones de segundo ciclo desaparecieron con la nueva estructura de títulos de Grado y Máster que establecía el Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, y comenzó su extinción en el curso 2011/2012 a la vez que comenzaba la impartición de un nuevo grado en Ingeniería Electrónica Industrial, en el que participaban la mayoría de los profesores de la anterior titulación de segundo ciclo, y que por lo tanto, a pesar de ser una titulación del ámbito de la Ingeniería Industrial y haber surgido en muchas universidades como sustitución de las anteriores Ingenierías Técnicas en Electrónica Industrial, en el caso particular de la Universidad de Granada se puede considerar como gestada desde la antigua especialidad de Electrónica en Física. Esta titulación se continúa impartiendo en la actualidad y sigue adscrita a la Facultad de Ciencias.



INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN (2003)

Antonio RUBIO AYUSO

Un grupo de profesores del Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores, todos ellos titulados en Ciencias Físicas, orientan su investigación al Procesado Digital de Señales, en particular la señal de la voz humana, y en su momento se adscriben al área de Conocimiento Teoría de la Señal y Comunicaciones. En el Plan de Estudios de la Licenciatura de Física había una asignatura optativa sobre Teoría de Señales y Comunicaciones.

Dado que dicho grupo de profesores, coordinado por Antonio Rubio Ayuso, hubo de impartir también la docencia en Redes de Computadores en los estudios de Ingeniería Informática, algunos de ellos se especializaron y derivaron su investigación a dicho campo, adscribiéndose posteriormente al área de conocimiento de Ingeniería Telemática.

Estos campos de investigación, y las áreas de conocimiento, son la base de la creación del Departamento de Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones, desgajándose del Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores.

La Universidad de Granada decide crear una Comisión para el diseño de un plan de estudios para Ingeniería de Telecomunicaciones, titulación que tiene solicitada a la Junta de Andalucía. A esta comisión asistieron representantes de todas las áreas relacionadas, siendo coordinada por el profesor Rafael Molina Soriano, de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial.

Después de una primera versión del plan de estudios, demasiado volcada en Informática, algunos profesores solicitaron al rectorado que se le pidiera opinión a reconocidos profesores de otras universidades.

Efectivamente, se inició la redacción de un nuevo plan de estudios, esta vez con la supervisión de los profesores Juan Fernández Rubio, de la Universidad Politécnica de Cataluña, y Domingo Docampo, de la Universidad de Vigo.

Finalmente, la Junta de Andalucía aprobó la implantación de los estudios de Ingeniería de Telecomunicación. El Rector David Aguilar nombró en 2003 a Antonio Rubio coordinador de los estudios de Ingeniería de Telecomunicación, ubicándolos en la Escuela de Informática.



Breve historia de los departamentos actuales de Física en la UGR



FÍSICA APLICADA

Arturo MONCHO / Francisco Javier MONTES RUIZ-CABELLO
Ángel DELGADO MORA / Jorge PORTÍ DURÁN / Antonio MOLINA CUEVAS
María del Carmen CARRIÓN PÉREZ / Juan de Dios GARCÍA LÓPEZ-DURÁN

El Departamento tiene sus raíces, como los demás del área de Física, en el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias, creado en 1966. En aquella época el peso académico de las Facultades era más significativo que ahora y la fragmentación departamental era considerablemente menor. Con los años, este Departamento fue creciendo en profesorado y en obligaciones docentes con la creación de los estudios de Licenciatura en Física (su nombre oficial era en realidad “Licenciatura en Ciencias, Sección Físicas”) y cuyo primer Plan de Estudios se aprobó en 1974 (Primer Ciclo) y 1977 (Segundo Ciclo). Siguiendo la dinámica de otros estudios y otras Universidades nacionales y extranjeras (a excepción de Universidades americanas donde es frecuente encontrar grandes Departamentos de Física), se crearon nuevos Departamentos en Física, siendo el de mayor entidad y germen de otros que aparecieron después, el Departamento de Física Fundamental, constituido en 1979. La dirección de este Departamento recayó en el profesor Gerardo Pardo Sánchez y en él se integraron gran parte de los docentes de la Licenciatura, excepto los implicados en las ramas de Electricidad y Electrónica y de Física Teórica. Así, aparte del profesor Pardo, formaban parte del Departamento los profesores (muchos de ellos no numerarios en sus comienzos): Manuel Álvarez Claro, Eduardo Battaner López, Antonio Echarri Sáenz de Santamaría, Esteban Feriche Reinoso, Miguel Giménez Yanguas, Fernando González Caballero, Carlos González Fernández, María del Carmen Guindo Olalla, Roque Hidalgo Álvarez, Enrique Hita Villaverde, Pilar López de Coca, Miguel López Escribano, Rafael Martínez García, Antonio Molina Cuevas, José Morales Bruque, Rafael Perea Carpio, José María Quintana González, Ángel Rolland Quitanilla, Ramón Román Roldán, María Luisa Sánchez Saavedra, Manuel Tello León y Juan Ignacio Jiménez Jiménez.

El Departamento estaba ubicado en las plantas baja y segunda del edificio de Química II actual, donde se impartía también la docencia adscrita al Departamento. Las administrativas del Departamento, María del Carmen Cara e Inmaculada Vílchez, fueron imprescindibles para mantener en funcionamiento la maquinaria que empezaba a girar. En los años posteriores el Departamento contó con Alicia Gómez Alonso, quién lidió con las tareas de administración, que cada año eran más numerosas y complejas. Todo pasaba por Alicia, desde rellenar todo tipo de impresos para justificar gastos y facturas, hasta mecanografiar tesis doctorales o relaciones de problemas y guiones de prácticas.

Durante estos años también fue encomiable la labor del Miguel Cabrerizo Muñoz, maestro mecánico de taller, técnico especialista u oficial de primera en laboratorios de investigación y enseñanza. Fue el padre del Catedrático del Departamento Miguel Cabrerizo Vílchez y de cuyas manos salieron los primeros equipos de investigación y buena parte del equipamiento de los laboratorios de docencia. Del mismo modo, Plácido Reyes Calvente fue el creador de equipos de medida y electrónicos que sirvieron a muchos/as investigadores/as para iniciar su trabajo, no sólo dentro del Departamento sino en toda la Universidad. De las contribuciones más significativas de Plácido y Miguel Cabrerizo Muñoz destaca la fabricación de una Cámara de Wilson en el pico del Veleta, con el fin de detectar rayos cósmicos, lo que llegó a ser el primer detector en todo el país. Durante su fabricación, y tras detectar en Sierra Nevada señales de TV emitidas desde Madrid, contribuyeron a la fabricación de la primera antena repetidora de televisión de toda la provincia. Prácticamente no había investigación experimental que no se desarrollara con equipos diseñados en el Departamento y fabricados entre el taller mecánico del Departamento y el taller de vidrio de la Facultad de Ciencias. En aquella época existía un laboratorio de Física General, otro de Mecánica y Termología y otro de Óptica, destinados a la enseñanza práctica de todas las “Físicas Generales” de la Facultad, las asignaturas de Mecánica y Ondas, Termología, y Óptica de la licenciatura en Física, así como la Electricidad y Óptica y la Mecánica y Termología de la Licenciatura en Química.



Figura 1. De izquierda a derecha, Miguel Cabrerizo Morales, Ernesto Páramo, Miguel Cabrerizo Muñoz y Miguel Cabrerizo Vílchez, en la instalación del péndulo de Foucault del Parque de las Ciencias en el año 1995.

El empeño del profesor Pardo y los jóvenes profesores que mencionamos consiguió que iniciaran su andadura (que en todos los casos se demostraría muy productiva) distintas líneas de investigación:

- Fenómenos interfaciales y electrocinéticos (González Caballero, Hidalgo Álvarez, Morales Bruque, Pardo, Perea). Desde 1970.
- Medidas de fotometría estelar, aeronomía en el observatorio de Cartuja y el de Sierra Nevada (Battaner, Quintana, Rolland). Desde 1970.
- Técnicas de medida en el espacio de color. Colorímetros diferenciales (Álvarez, Hita, Pardo). Desde 1974.
- Física del arco eléctrico (Monterde, J.J. Ramos-Barrado -Universidad de Málaga-, Pardo). Desde 1978.
- Medidas de presión superficial en monocapas, balanza de Langmuir (Gálvez, González, Morales, Cabrerizo, Sánchez). Desde 1984.
- Física de la Atmósfera (Jiménez, Castro, Ballester). Desde 1980.

Estas líneas dieron al Departamento reconocimiento internacional y sirven como prueba de ello las fotografías que siguen (figura 2). En la fotografía de la izquierda aparecen los profesores Ángel Delgado Mora y Fernando González Caballero acompañando, durante su estancia en la Universidad de Granada, al profesor ucraniano V.N. Shilov (desgraciadamente fallecido en 2023, y uno de los científicos más sobresalientes en el campo de las interfases y la electrocinética). En la fotografía de la derecha puede verse al profesor Delgado durante una de las reuniones del Comité Internacional de Electrocinética.



Figura 2. Izquierda: Profesores A. Delgado, V.N. Shilov y F. González Caballero. Derecha: Reunión del Comité Internacional de Electrocinética.

Las primeras participaciones en conferencias internacionales tuvieron lugar en la conferencia celebrada en el campus de la Universidad Autónoma de Barcelona, relacionada con la Termodinámica de Procesos Irreversibles, como se aprecia en la figura 3. En ella, varios miembros del Departamento (y algunos que lo serían después).



Figura 3. Conferencia internacional sobre Termodinámica de Procesos Irreversibles (Barcelona).

La entrada en vigor de la LRU en 1983 supuso, tanto para el Departamento de Física Fundamental, como para los demás, un cambio drástico motivado por la creación de nuevas áreas de conocimiento. Como no se aprobaron las áreas de conocimiento de Termología, Electromagnetismo y Óptica, la mayoría del profesorado ligado a estas materias se encuadró en el área de Física Aplicada, lo cual forzó a la red denominación del Departamento como tal. El Departamento poseía inicialmente un claustro muy numeroso, hasta que a los docentes del área de Óptica se les permitió formar Departamento con esta denominación. Posteriormente, se aprobarían las áreas de Electromagnetismo y Física de la Materia Condensada, y algunos profesores y profesoras del Departamento (García Olmedo, Gómez Martín, Rubio Bretones, Biel, Lacomba, Marro) optaron por ellas y salieron del Departamento de Física Aplicada para formar el Departamento de Electromagnetismo y Física de la Materia. En aquella época inicial, los miembros del departamento de Física de los Colegios Universitarios de Jaén y Almería que optaron por el área de Física Aplicada pasaron por ley a formar parte del Departamento de dicha denominación (único en la Universidad de Granada). En el Departamento de aquella época (en la que la única infraestructura *informática* eran un ordenador HP programable exclusivamente en BASIC con una unidad de adquisición de datos HP que resultaron, eso sí, extremadamente útiles para la investigación del departamento,

un ordenador de sobremesa IBM PC, algún Commodore, Amstrad, y acceso al ordenador Data General del Centro de Cálculo mediante terminales no inteligentes) los consejos de Departamento eran complejos de organizar dado que suponían desplazamientos desde Jaén y Almería a la sede de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada. Habrían de pasar casi 50 años hasta que las reuniones se pudieran hacer *online*. La creación de las Universidades de Almería y Jaén (ambas en 1993) simplificó mucho la situación. Puede decirse que fue en este momento donde puede identificarse el Departamento de Física Aplicada, tal y como lo conocemos hoy día.

También a finales de los años 80 se produjeron dos hitos importantes: la convocatoria por primera vez de los sexenios de investigación y el primer Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación (PAIDI), lo que dio lugar a la aparición de grupos de investigación con financiación propia, en función de criterios objetivos como número de miembros, producción científica, proyectos de investigación y contratos.

A lo largo de todos estos años, el Departamento de Física Aplicada ha tenido varios Directores, cada uno de los cuales ha contribuido progresivamente con su gestión a la mejora y renovación tanto de las infraestructuras como de su normativa de funcionamiento, ajustándose en cada momento a los cambios que desde fuera venían impuestos. Como ya se ha indicado, el primer Director del Departamento fue el profesor Gerardo Pardo Sánchez, quien ocupó dicho cargo desde el año 1969 hasta el año 1998, acompañándole durante sus últimos años como Secretario el profesor Antonio Molina Cuevas. Este período, que incluyó la transición de España a la democracia, implicó un gran número de modificaciones en la estructura y normativa del Departamento, que tuvo que adaptarse a este importante cambio en nuestro país. Durante este tiempo de transición se efectuaron las obras para la construcción del actual edificio de Física de la Facultad de Ciencias en la cual la Dirección del Departamento se implicó activamente, tanto en su planificación, como en su posterior mudanza.

En ese período se constituyó el grupo de investigación de Física de Fluidos y Biocoloides, que tiene su origen a finales de la década 80 gracias al trabajo e iniciativa del Profesor Catedrático jubilado Roque Isidro Hidalgo Álvarez. En sus inicios los estudios se centraron fundamentalmente en electrocinética y junto al Profesor Catedrático de la Universidad de



Figura 4. Gerardo Pardo, Director del Departamento de Física Fundamental, posteriormente conocido como Física Aplicada entre 1978 y 1998.

Almería, Francisco Javier de las Nieves López, pusieron los cimientos de la investigación futura del grupo consiguiendo financiación importante en aquellos años, montando laboratorios de investigación y atrayendo talento joven al grupo.

A continuación, les sucedieron en los cargos de Director y Secretario los profesores Rafael Martínez García (figura 5) y Juan de Dios García López-Durán, respectivamente, durante el período 1998-2002. Tuvo lugar en esta época una importante renovación de la organización interna del Departamento. Concretamente, se impulsó un modelo de gestión descentralizado, que potenciaba la participación de todos los miembros y grupos de investigación a través de las llamadas Comisiones Académica y Comisión Permanente. Especialmente relevante fue el protagonismo de la Comisión Académica para la elaboración (participativa y transparente) de los planes de organización docente como paso previo a su aprobación por el Consejo de Departamento. En cuanto a infraestructuras, se instalaron por primera vez aparatos de aire acondicionado en todos los despachos y los laboratorios de investigación. Igualmente, se iniciaron planes de prevención de riesgos laborales en los laboratorios de investigación.



Figura 5. Rafael Martínez García, Director del Departamento desde 1998 hasta 2022.

A Rafael Martínez le sucedió el profesor Antonio Molina Cuevas, que fue Director durante el periodo 2002-2006 y reelegido para cumplir un mandato más durante el periodo 2006-2010. En ambos mandatos los Secretarios fueron los profesores Antonio Martín Rodríguez e Inmaculada Foyo Moreno. En esa etapa se efectuaron importantes obras en el Departamento con objeto de transformar los despachos para uso individual del profesorado. También se creó un aula de personal investigador en formación en la planta baja (sala PIF), se inauguró el nuevo laboratorio de Biofísica, se creó el laboratorio de Física del Estado Sólido y se dotó a los laboratorios de investigación de nuevo mobiliario, entre otros cambios. La consecución de estos logros tuvo la ayuda del entonces Decano de la Facultad de Ciencias y antiguo compañero de Departamento el profesor Enri-

que Hita Villaverde. Como hito significativo cabe destacar que, durante este período, el profesor Miguel Cabrerizo Vílchez recibió el primer premio de la edición de “Physics of Stage” en 2002 (figura 6).



Figura 6. Izquierda: En el centro de la imagen, Antonio Molina Cuevas y M^a Carmen Carrión Pérez, Directores del Departamento de Física Aplicada entre 2003-2010 y 2011-2016, respectivamente. También aparecen en la foto Yolanda Castro Díez, Diego Pablo Ruiz Padillo e Inmaculada Foyo Moreno. Comida de Navidad del año 2003. Derecha: Entrega del premio "Physics on Stage" (2002) a Miguel Cabrerizo.

En ese período, concretamente en el año 2004, los miembros del grupo de Física de la Atmósfera también se adscribieron al Centro andaluz de Medio Ambiente (CEA-MA), que posteriormente se transformó en el Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía (IISTA), cuyo director actual el profesor Lucas Alados Arboledas, catedrático del Departamento. El grupo canaliza en su mayoría la investigación en Física de la Atmósfera de la Universidad de Granada, y es un grupo de calidad en cuanto a publicaciones, colaboraciones nacionales e internacionales y resultados, con participación en diversas redes, tanto europeas como globales, de observación atmosférica.

Posteriormente, a la dirección del Departamento llegó la profesora María del Carmen Carrión Pérez, que ocupó dicho cargo durante 6 años (2010-2016), siendo los Secretarios los profesores Juan Luis Ortega Vinuesa y María Tirado Miranda. En este periodo se amplió la secretaría del Departamento y se pusieron en marcha los actuales planes de estudios, los Grados, ligados al Espacio Europeo de Educación Superior y la implantación del concepto de crédito europeo (ECTS). También se aprobó y puso en marcha el nuevo Grado en Biotecnología, donde el Departamento consiguió varias asignaturas. En el año 2012 tuvo lugar en Granada la Olimpiada Iberoamericana de Física (OIbF, figura 7). En su organización participaron activamente muchos profesores del departamento: Román Roldán, Carrión Pérez, Gómez Lopera, Cabrerizo Vílchez, Blanco Navarro y Foyo Moreno, entre otros. También se fundó en el Departamento el

Laboratorio de los Diez Experimentos más Bellos de la Física por el profesor Miguel Cabrerizo Vélchez, inspirado en la encuesta realizada en 2002 por Robert Crease y que dio pie a la publicación del libro “The Ten Most Beautiful Experiments in Science” (figura 8). Este período estuvo marcado por un cambio de paradigma en lo que respecta a la incorporación de los profesores al Departamento, abriéndose la posibilidad de formar parte de él no sólo mediante plazas de profesor contratado por necesidades docentes, sino por promoción de investigadores que tras estancias en el extranjero conseguían contratos Ramón y Cajal, Juan de la Cierva y programas similares. Esta nueva vía de acceso, que se habilitó en la Universidad de Granada siendo Rector el profesor González Lodeiro, entrañó un impulso muy potente y enriquecedor a la investigación del Departamento, que empezó a crecer tanto en personal docente e investigador, como en la calidad y en el número de sus publicaciones científicas.

La profesora Carrión presentó su dimisión como Directora en mayo de 2016 para presentarse a Decana de la Facultad de Ciencias, cargo que sigue ocupando en la actualidad.

Este período de crecimiento continuó también durante el mandato del siguiente Director de Departamento, el profesor Jorge Portí Durán, que estuvo como responsable desde el año 2016 hasta finales de 2020. En el puesto de Secretaria permaneció María Tirado (figura 9). Este período estuvo marcado, muy especialmente, por la llegada a nuestro país de la pandemia de coronavirus, que conllevó la clausura temporal de los espacios físicos de la Universidad de Granada para contener el contagio masivo de la población. Estas circunstancias sobrevenidas supusieron un enorme reto tanto para la



Figura 7. I Olimpiada Iberoamericana de Física (2012). En la foto aparecen María del Carmen Carrión, Ramón Román, Antonio Ríos Guadix y Luis Jiménez de Barco.



Figura 8. Laboratorio de los Diez Experimentos más Bellos de la Física.

Dirección del Departamento como para todos los profesores, que tuvieron que adaptarse en pocos días a la nueva situación, cancelando la actividad docente e investigadora, y teniendo que rediseñar la docencia a la nueva modalidad online. Si bien esta labor de adaptación tuvo lugar en toda la Universidad de Granada, el caso del Departamento de Física Aplicada fue especialmente complejo, dado el elevado número de horas de clases prácticas que imparte el Departamento en cada uno de sus laboratorios docentes. Algunas de las tareas de gestión llevadas a cabo por la Dirección del Departamento durante esta época fueron referente y sirvieron de inspiración a otros Departamentos de la Universidad, incluyendo las adendas a las guías docentes que se tuvieron que redactar para adaptarse a la modalidad de evaluación no presencial.

Figura 9. María Tirado Miranda y Jorge Portí Durán, durante la pandemia del coronavirus (2021).



A finales de 2020 el profesor Arturo Moncho Jordá fue nombrado Director, cargo que ocupa hasta la fecha actual, acompañado por el profesor Francisco Javier Montes Ruiz-Cabello como Secretario (figura 10). A lo largo de estos años se realizaron mejoras en la infraestructura y seguridad de los espacios comunes del Departamento y en sus laboratorios, como fueron la implantación de cerraduras electrónicas, la adquisición de armarios de seguridad para sustancias ignífugas y corrosivas, y la renovación de laboratorios docentes y de investigación. Muchas de esas mejoras fueron posibles gracias a la colaboración de la Decana de la Facultad de Ciencias, la profesora María del Carmen Carrión, y de los Servicios de Salud y Prevención de la Universidad de Granada. En este período el Departamento siguió progresando, incorporando en sus filas a excelentes investigadores formados durante muchos años de estancias postdoctorales en Universidades extranjeras y centros de investigación de gran prestigio, que pudieron venir a nuestro Departamento gracias a los programas de captación de talento ya consolidados previamente y a otros nuevos programas, como las Ayudas María Zambrano y los contratos Marie Curie. Hemos tenido la enorme suerte de contar con Raquel Rodríguez Cortés y, actualmente, con Ana Belén Mellado Sánchez y Vanessa Aguilera Toro a cargo de la administración del Departamento y con Aurelia María Ibáñez Velasco y José Antonio Martín Pérez, en el puesto de Técnicos de Laboratorio, que representan

un apoyo fundamental para el buen funcionamiento del Departamento.

En la actualidad, el Departamento de Física Aplicada es uno de los más grandes de nuestra Universidad (figura 11), y que además ha experimentado un mayor crecimiento en sus últimos años, fundamentalmente debido a su apuesta firme por la investigación de calidad. El número total de integrantes es de 112 personas, de los cuales hay un total de 25 profesoras/es Catedráticas/os y 19 Titulares de Universidad. La investigación que se realiza es eminentemente aplicada,



Figura 10. Arturo Moncho (derecha) y Javier Montes (izquierda), Director y Secretario de Departamento desde 2020 a la actualidad (2023).

con un marcado carácter multidisciplinar y está estructurada en un total de 10 grupos de investigación:

Grupo I-1: Materia Blanda Magnética (Coordinador: Juan de Vicente Álvarez-Manzaneda)

Grupo I-2: Física de la Atmósfera (Coordinador: Lucas Alados Arboledas)

Grupo I-3: Física de la Información y de los Sistemas Complejos (Coordinador: Juan Francisco Gómez Lopera)

Grupo I-4: Sistemas, Señales y Ondas (Coordinadora: María del Carmen Carrión Pérez)

Grupo I-5: Acústica (Coordinador: Diego Pablo Ruiz Padillo)

Grupo I-6: Física de Interfases y Sistemas Coloidales (Coordinador: Ángel Delgado Mora)

Grupo I-7: Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Edificación (Coordinador: Antolino Gallego Molina)

Grupo I-8: Física de Fluidos y Biocoloides (Coordinador: Francisco Galisteo González)

Grupo I-9: Simulación numérica de sistemas electromagnéticos y acústicos (Coordinador: Jorge Portí Durán)

Grupo I-10: Física de Partículas Coloidales (Coordinadora: Rosario Plaza Aguilera)



Figura 11. Personal adscrito al Departamento de Física Aplicada (octubre de 2023).



Figura 12. Miembros del Departamento de Física Aplicada durante la pandemia (abril 2021).

Como datos globales de la calidad científica de la investigación del Departamento, cabe mencionar que hay actualmente vigentes un total de 67 proyectos de investigación y ayudas, tanto de carácter regional, nacional, europeo como internacional (fuera de Europa) y que ascienden en su financiación a una cantidad total de más de 8.6 millones de euros.

En lo que respecta a la docencia, el Departamento de Física Aplicada imparte más de 6000 horas lectivas distribuidas en un total de 14 Grados de la Universidad de Granada (Grado en Estudios de Arquitectura, Biología, Bioquímica, Biotecnología, Ciencia y Tecnología de Alimentos, Ciencias Ambientales, Edificación, Edificación y Administración y Dirección de Empresas, Física, Matemáticas y Física, Historia y Ciencias de la Música, Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación, Ingeniería Electrónica Industrial, Ingeniería Química y Química). Junto con la docencia en Grado, el Departamento está también implicado en la docencia en un total de 16 Másteres. Hay que destacar la actividad y participación de integrantes del Departamento en numerosas comisiones docentes que han hecho que la docencia del Departamento sea muy extensa y se haya extendido en numerosos grados de la UGR, incluso alejados del grado en Física.

La enorme relevancia que la docencia práctica tiene en el Departamento viene avallada por el hecho de que gran parte de sus espacios están dedicados a la realización de prácticas de laboratorio. En concreto, el Departamento dispone de los laboratorios de Física General I y II, Termodinámica, Mecánica y Ondas, Física de Fluidos, Biofísica, Física del Estado Sólido y Física Recreativa que, junto con otros laboratorios ubicados en otros centros de la Universidad de Granada, cumplen la importante función de formar a estudiantes tanto del Grado en Física y el Grado en Matemáticas y Física como de otras muchas titulaciones en las que el Departamento imparte su docencia.

El gran reto actualmente que posee el Departamento de Física Aplicada es hacer frente a la limitación de espacios ocasionada por el gran incremento de profesores/investigadores a lo largo de estos últimos años, fruto de una apuesta decidida por una docencia e investigación de calidad, y que confiamos poder resolver en un futuro próximo.

Antes de finalizar esta memoria del Departamento de Física Aplicada, queremos recordar a todas aquellas personas que a lo largo de todos estos años nos han abandonado. En primer lugar, el Departamento tuvo que lamentar el fallecimiento de Miguel Cabrerizo Muñoz, ya mencionado a lo largo de esta memoria, y que representó un pilar fundamental en el desarrollo de los laboratorios docentes y de investigación de este Departamento.

También queremos hacer mención al profesor Safwan Al Kouri Ibrahim (figura 13), de nacionalidad siria que, tras su incorporación al Departamento de Electricidad y Electrónica a finales de los años 70, pasó posteriormente al Departamento de Electricidad y Magnetismo y finalmente al Departamento de Física Aplicada, falleciendo en 1989. Impartió las asignaturas Técnicas Experimentales II, Teoría de Sistemas y Teoría de Circuitos, ligadas éstas dos últimas a la especialidad de Electrónica de la Licenciatura en Ciencias Físicas, siendo muy querido por todos sus estudiantes. En el prólogo del Libro Homenaje a Safwan Al Kouri Ibrahim, publicado en 1993, se dice: “.... suerte es encontrarse con una persona como Safwan, afable, tranquila, conciliadora y siempre dispuesta a escuchar los problemas de los demás, y por descontado, a ayudar en lo posible”.



Figura 13. Profesor Safwan Al Kouri Ibrahim.

Finalmente, queremos recordar al profesor Juan Antonio Morente Chiquero (figura 14). Desde sus inicios en la Universidad de Granada, a principios de los 80, y hasta su triste desaparición en 2012, Juan Antonio siempre mostró una extraordinaria capacidad y dedicación que acompañaba de un trato humano exquisito y generoso hacia los compañeros. Su huella en los que tuvimos el privilegio de conocerlo es imborrable y el mejor ejemplo de profesor en mayúsculas. Pocas veces se encuentra un acuerdo tan generalizado sobre la categoría profesional y humana de un compañero como el que hay sobre Juan Antonio Morente. Valga como muestra la siguiente frase que le dedicaron sus compañeros en un merecido acto de homenaje en 2013: “..., ejemplo de bien hacer para todos nosotros. De mente privilegiada y trabajador incansable, ojalá cunda su ejemplo de sensatez y dedicación a la Ciencia”.



Figura 14. Profesor Juan Antonio Morente Chiquero.





FÍSICA ATÓMICA, MOLECULAR Y NUCLEAR

Antonio Miguel LALLENA ROJO

NOTAS HISTÓRICAS

El día 6 de marzo de 2006, el Consejo de Gobierno de la Universidad de Granada (UGR), reunido en sesión extraordinaria, aprobó, “*por asentimiento, el cambio de denominación del Departamento de Física Moderna por el de Física Atómica, Molecular y Nuclear.*” (punto 8 del orden del día). En ese momento empezó la historia de este departamento con el nombre de la única Área de Conocimiento que entonces formaba ya parte de él. La etapa inmediatamente anterior, como Departamento de Física Moderna, había tenido muchas vicisitudes, con varias áreas de conocimiento al inicio, las cuáles se fueron independizando para formar otros departamentos.

Pero, para encontrar los orígenes de nuestro Departamento hay que retrotraerse unos cuantos años más, concretamente a 1976. Por orden del Ministerio de Educación y Ciencia de fecha 24/09/1976 se nombró, “*en virtud de concurso de acceso, Catedrático de «Física atómica y nuclear» de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada a don Rafael Guardiola Bárcena*”, que hasta entonces había sido Prof. Agregado de la Facultad de Ciencias de la Univ. Autónoma de Barcelona. La llegada del Prof. Guardiola dio lugar al nacimiento del Departamento de Física Nuclear.

Al año siguiente se incorporó al mismo el Dr. Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid, que había estado hasta entonces en el IKP der KFA de Jülich (Alemania). Y en 1978 llegaron los Prof. Lluís Mas Franch, Catedrático de «Física Teórica», y José Ros Pallarés, Profesor Agregado de la misma especialidad, procedentes de las universidades de Oviedo y de Valladolid, respectivamente. Aunque adscritos al departamento de Física Teórica, mantuvieron una estrecha relación de colaboración con el departamento de Física Nuclear hasta su marcha: el Prof. Mas se trasladó a la Univ. de las Islas Baleares en 1981 y el Prof. Ros a la de Valencia en 1982.

Con el Prof. Guardiola vino a Granada un estudiante de doctorado, Artur Polls Martí, que permaneció en el departamento hasta que concluyó su tesis doctoral, “*Teoría FHNC de materia nuclear: reglas de suma y conmutadores*”, en 1980, la primera tesis doctoral en Física Nuclear leída en la UGR. Tras concluirla, el Dr. Polls realizó una estancia postdoctoral en Tübingen (Alemania) y en 1983 volvió a la Univ. de Barcelona, donde había hecho la licenciatura en Ciencias Físicas, y de la que fue nombrado Catedrático, en 2002. Lamentablemente, el Prof. Polls falleció de manera repentina el 12/08/2020.

En octubre de 1978, Enrique Buendía Ávila, recién concluida su licenciatura en Ciencias Físicas en la UGR, obtuvo una beca de investigación, incorporándose al departamento para realizar su tesis doctoral bajo la dirección del Prof. Guardiola, concluyéndola en 1983. El 21/03/1980 el Dr. Sánchez-Dehesa fue nombrado Prof. Adjunto de «Física Atómica y Nuclear», adscrito a la UGR. A partir de octubre de ese mismo año, Francisco Javier Gálvez Cifuentes y María Cruz Boscá Díaz-Pintado se incorporaron al Departamento de Física Teórica y Antonio Miguel Lallena Rojo al de Física Nuclear, el primero y el último como Ayudantes de Clases Prácticas y la segunda como becaria de investigación. Los tres habían obtenido la licenciatura en Ciencias Físicas en la UGR. Lallena empezó a trabajar en su tesis con el Prof. Sánchez-Dehesa, defendiéndola en 1984; Boscá la realizó con el Prof. Guardiola, terminándola en 1985, y Gálvez, que había empezado su trabajo predoctoral con el Prof. Ros, a la marcha de éste lo continuó bajo la tutela del Prof. Sánchez-Dehesa, culminándolo también en 1985.

En 1980 también comenzó su tesis doctoral en el departamento Miguel Vega López quien, dirigido por el Prof. Guardiola y una vez completada la misma, en 1984, pasó al entonces conocido como *Centro de Cálculo*, el actual CSIRC, del que fue director de 1989 a 1992. Hoy está en el Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de nuestra Universidad.

En octubre de 1984, Boscá, Buendía, Gálvez y Lallena fueron nombrados Profesores Colaboradores, lo que les permitió ser responsables de varias asignaturas el curso académico 1985/86, que fue cuando se puso en marcha el nuevo plan de estudios del Segundo Ciclo de Físicas, iniciándose la especialidad de *Física Teórica*. Un año antes, en septiembre de 1983, se había publicado la Ley Orgánica 11/1983, de 25 de agosto, de Reforma Universitaria, la famosa LRU, que produjo un profundo cambio en la organización de las universidades españolas. Tras la adscripción del profesorado a las recién creadas *Áreas de Conocimiento*, se constituyeron los nuevos departamentos. En nuestro caso, a principios de 1986, se formó el Departamento de Física Moderna, agrupando siete Áreas de Conocimiento: «Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica», «Electrónica», «Física Atómica, Molecular y Nuclear», «Física de la Materia Condensada», «Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica», «Física Teórica» y «Lenguajes y Sistemas Informáticos». Fue entonces Director del departamento el Prof. Cartujo, Catedrático de «Electrónica» y Secretario el Prof. Battaner, Prof. Titular de «Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica».

Esta situación se mantuvo hasta principio del año 1987, cuando los miembros de las áreas de «Electrónica» y «Lenguajes y Sistemas Informáticos» constituyeron un nuevo departamento, el de Electrónica y Sistemas Informáticos, quedando el Departamento de Física Moderna formado por las cinco Áreas de Conocimiento restantes. En una reunión celebrada el día 04/02/1987 se aprobó por parte del Consejo de Departamento proponer al Rectorado una Junta de Dirección provisional, dado que sólo un miembro de la anterior, el Prof. Battaner, seguía perteneciendo al departamento; en la propuesta figuraba como Director el Prof. Guardiola, como Secretario el Prof. Lallena

y como vocales los Prof. Battaner y Vidal. Esa propuesta fue ratificada por el Rectorado con fecha 05/02/1987.

Hacia entonces casi un año que el Prof. Sánchez-Dehesa había sido nombrado Catedrático de la UGR, el 12/03/1986. Y unos meses después, el 13/07/1987, los Prof. Buendía, Lallena y Gálvez ingresaron en el cuerpo de Prof. Titulares, al igual que la Prof^{ta}. Boscá quien, al año siguiente, el 08/11/1988, obtuvo su plaza como Prof^{ta}. Titular. Con fecha 25/11/1987 se incorporó al departamento Fernando Arias de Saavedra Alías con un contrato de Prof. Asociado.

El segundo período del Departamento de Física Moderna, iniciado el 05/02/1987, se prolongó hasta mayo de 1989 cuando las áreas de «Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica» y «Física Teórica» constituyeron el Departamento de Física Teórica y del Cosmos. Unos meses después, el 19/09/1989, concluyó la dirección del Departamento por parte del Prof. Guardiola. Desde el día siguiente, y durante un año, actuó como Director el Prof. Lallena y como Secretaria la Prof^{ta}. Boscá. En septiembre de 1990, concretamente el día 22, se hizo cargo de la dirección del departamento el Prof. Buendía, quien ejerció la misma hasta abril de 1995, con la ayuda del Prof. Gálvez como Secretario. Tras unas semanas en las que actuó como director el Prof. Pedro Luis Garrido Galera, del área de «Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica», que había sido nombrado directamente por el Rectorado, el 01/06/1995 fue nombrado director del departamento el Prof. Gálvez, siendo la Prof^{ta}. García Recio la Secretaria del mismo. Su mandato concluyó el 15/07/1999.

El 11/10/1989 se incorporaron al departamento, como Prof. Titulares, los Dres. Carmen García Recio y Lorenzo Luis Salcedo Moreno, ambos provenientes del M.I.T. (Boston, EE.UU.), donde habían recalado tras realizar su doctorado en el grupo del Prof. Oset, en los años 1986 y 1985, y que se habían licenciado en las Univ. de Salamanca y Barcelona, respectivamente. Unos meses después, el Prof. Guardiola se trasladó a la Univ. de Valencia, de la que fue nombrado Catedrático el 12/06/1990. Al año siguiente, el 18/11/1991, el Prof. Buendía obtuvo la Cátedra. El 1/10/1992 se incorporó al departamento Elvira Romera Gutiérrez, con un contrato de Prof^{ta}. Asociada, y unos días después, el 09/10/1992, el Dr. Enrique Alejandro Ruiz Arriola, que había realizado su doctorado en la Univ. de Bochum (Alemania), bajo la dirección del Prof. Klaus Goecke, fue nombrado Prof. Titular de la UGR.

El 17/10/1995 el Dr. Juan Miguel Nieves Pamplona obtuvo una plaza Prof. Titular en el departamento. Provenía de la Univ. de Southampton (Reino Unido) y había defendido su tesis doctoral en 1992, en el Instituto de Física Corpuscular (IFIC) de Valencia, con el Prof. Oset. Al año siguiente, el 13/06/1996, el Prof. Lallena obtuvo la plaza de Catedrático. Y el 05/03/1997 los Dres. Arias de Saavedra y Juan Carlos Angulo Ibáñez, que habían defendido sus tesis doctorales, respectivamente, en 1992 y 1993 con los Prof. Buendía y Sánchez-Dehesa, fueron nombrados Prof. Titulares. En el año 1999 se incorporaron al Departamento, también como Prof. Titulares, los Dres. José Ignacio Porras Sánchez (el 07/01/1999), doctor desde 1992 y que había realizado

su tesis doctoral con el Prof. Gálvez, y José Enrique Amaro Soriano (el 28/07/1999), quien había completado su tesis doctoral en 1993 con el Prof. Lallena. Al año siguiente, el 11/10/2000, el Prof. Ruiz Arriola obtuvo la Cátedra y dos años después, el 19/06/2002, fue nombrada Prof^ª. Titular la Dra. Elvira Romera Gutiérrez, que había obtenido su título de doctora bajo la dirección del Prof. Sánchez-Dehesa en 1997.

Desde el 16/07/1999, el Prof. Lallena ejerció la dirección del Departamento y, a la finalización del mandato, el 17/04/2004, la Prof^ª. García Recio fue nombrada directora, actuando como tal hasta el 11/02/2009. Durante ambos períodos actuó como Secretario el Prof. Porras quien, el 12/02/2009, asumió la dirección del Departamento, junto con el Prof. Amaro como Secretario. La Prof^ª. García Recio volvió a ser nombrada directora el 24/02/2017, siendo secretario el Prof. Arias de Saavedra y concluyendo su mandato el 17/02/2020. Desde el 18/02/2020, la Dirección y Secretaría del Departamento están a cargo de los Prof. Arias de Saavedra y Rodríguez Rubiales, respectivamente.

Al finalizar el curso 2007-2008, el Prof. Nieves retornó al IFIC como Investigador Científico. Unos meses antes, el 04/04/2008 fue nombrada Prof^ª. Titular Rosario González Férrez, quien había defendido su tesis doctoral en 2001 bajo la dirección de los Prof. Sánchez-Dehesa y Schweizer (Univ. de Tübingen, Alemania). Años después, el 09/04/2013, la Prof^ª. González Férrez fue galardonada con el *Mildred Dresselhaus Award for Young Scientists*, otorgado por la Univ. de Hamburg (Alemania).

Al año siguiente, el 17/09/2009, los Prof. García Recio y Salcedo obtuvieron sus plazas de Cátedra. Unos días después, el 22/09/2009, la Dra. Marta Anguiano Millán, quien había realizado su doctorado en la Univ. Autónoma de Madrid bajo la dirección del Prof. Egido, defendiéndola en 2000, fue nombrada Prof^ª. Titular de la UGR. Las Dras. González Férrez y Anguiano se habían incorporado al Departamento en 2003 con sendos contratos del Programa de Retorno de Investigadores de la Junta de Andalucía.

El Dr. Daniel Rodríguez Rubiales obtuvo la plaza de Prof. Titular el 23/04/2012. Se había incorporado a nuestra universidad en 2009, procedente del LPC de Caen (Francia) y de la Univ. de Huelva y había realizado su tesis doctoral en el GSI de Darmstadt (Alemania) bajo la dirección de los Prof. Heinz-Kluge y Rubio, esta última del IFIC de Valencia. Ya en la UGR obtuvo un contrato Ramón y Cajal y, en 2011, una *ERC Starting Grant*, que le permitió construir el Laboratorio de Trampas de Iones y Láseres, único de su clase en España.

Entre 2016 y 2017 consiguieron la Cátedra los Prof. Arias de Saavedra, el 11/03/2016, Porras, el 06/04/2016, Romera y Amaro, ambos el 08/11/2016 y Angulo, el 02/11/2017. El 03/10/2019, obtuvo plaza como Prof^ª. Titular, la Dra. Blanca Biel Ruiz, que en 2006 había defendido su tesis doctoral en la Univ. Autónoma de Madrid bajo la dirección de los Prof. Flores Sintas y García Vidal, y que se había incorporado a nuestra universidad en 2009 desde el CEA-leti MINATEC de Grenoble (Francia), obteniendo un contrato Ramón y Cajal en 2014.

Desde el 11/07/2018, la Prof^{ta}. González Férrez es Presidenta del *European Group on Atomic Systems* de la *European Physical Society (EPS)* y desde el 09/04/2019, pertenece a la *Commission on Atomic, Molecular, and Optical Physics (C15)* de la *International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP)*. Desde el 01/04/2019, la Prof^{ta}. Romera es Consejera del *Consejo de Seguridad Nuclear*.

El Prof. Rodríguez Rubiales fue nombrado Catedrático el 30/07/2021 y las Prof^{as}. González Férrez y Anguiano obtuvieron sus Cátedras el 17/12/2021. Tres meses antes, el 17/09/2021, fue nombrado Prof. Titular, el Dr. Antonio Javier Praena Rodríguez, que había defendido su tesis doctoral en nuestro Departamento en 2004, bajo la dirección de los Prof. Buendía y Gálvez, y que se reincorporó a la UGR tras realizar estancias postdoctorales en el Laboratorio Nazionale di Legnaro (Italia), en el Centro Nacional de Aceleradores de Sevilla y en el CERN (Suiza).

Las últimas incorporaciones al Departamento con contratos indefinidos han sido el Dr. Ignacio Luis Ruiz Simó, que llegó en 2016 con un contrato Juan de la Cierva, que había defendido su tesis doctoral en la Univ. de Valencia bajo la dirección del Prof. Manuel José Vicente Vacas, y que desde octubre de 2021 es Prof. Contratado Doctor; la Dra. María Gómez Rocha, que llegó en 2018 procedente de la Univ. de Graz (Austria), donde había defendido su tesis doctoral en 2013 bajo la dirección del Prof. Wolfgang Schweiger, y que desde enero de 2022 es Prof^{ta}. Contratada Doctora, y el Dr. Eugenio Megías Fernández, que llegó en 2018 con un contrato Ramón y Cajal, procedente de la Univ. del País Vasco, y que había hecho su tesis doctoral en nuestro Departamento en 2006 bajo la dirección de los Prof. Ruiz Arriola y Salcedo.

En septiembre de 2022, el Prof. Sánchez-Dehesa, que había sido Prof. Emérito durante los últimos cinco años, acabó su pertenencia al Departamento. A día de hoy, 01/10/2023, el Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear cuenta con 14 Catedráticos, 3 Prof. Titulares, 2 Prof. Contratados Doctores, 1 Contratado Ramón y Cajal, 3 Contratados Postdoctorales y 17 Contratados Predoctorales.

DOCENCIA

La docencia impartida por el profesorado de este Departamento ha estado fundamentalmente ligada a los estudios de Física de la UGR. Aprobado el plan de estudios del Segundo Ciclo en octubre de 1976, coincidiendo con la llegada del Prof. Guardiola, se impartieron las asignaturas de *Ampliación de Mecánica Cuántica*, *Espectroscopía*, *Física Atómica y Nuclear* y *Física Cuántica*. A partir de junio de 1983, cuando entró en vigor un nuevo plan de estudios, en el que se ponía en marcha la especialidad de Física Teórica, se impartieron además de los anteriormente citados, los cursos de *Ampliación de Física Nuclear*, *Mecánica Cuántica*, *Métodos Matemáticos de la Física I, II y III* y *Teoría Cuántica de Campos y Partículas Elementales*.

En 1997 se aprobó el siguiente plan de estudios de Licenciado en Físicas y se impartieron las asignaturas de *Estructura Nuclear*, *Física Atómica y Molecular*, *Física Cuántica*, *Física de Plasmas*, *Física Matemática (Ecuaciones en Derivadas Parciales e Integrales)*, *Física Matemática (Espacios de Hilbert y Operadores Lineales)*, *Física Matemática (Teoría de Grupos)*, *Física Nuclear y de Partículas*, *Introducción a los Métodos Numéricos en Física*, *Mecánica Cuántica II*, *Métodos Matemáticos de la Física II*, *Radiactividad y Aplicaciones* y *Reacciones Nucleares y Tecnología Nuclear*. Además se pusieron en marcha distintas asignaturas denominadas de “Libre Configuración” tales como *Fundamentos de Física Cuántica - Aspectos históricos y filosóficos*, que de manera pionera se impartió de forma virtualizada desde 2004, *Introducción a la Radiofísica y la Física Médica* y *Técnicas Monte Carlo aplicadas en Física*. También se impartió la asignatura de *Radiactividad, Control y Gestión de Residuos* de la licenciatura en Ciencias Ambientales.

Tras la aprobación en 2011 del plan de estudios de Graduado en Física, las asignaturas que se han impartido, tanto en este grado como, a partir de 2016, en el Doble Grado en Física y Matemáticas, han sido *Estructura y Reacciones Nucleares*, *Física Atómica y Molecular*, *Física Cuántica*, *Física Matemática*, *Física Nuclear y de Partículas*, *Métodos Matemáticos I, II y III*, *Métodos Numéricos y Simulación*, *Radiactividad y aplicaciones* e *Información Cuántica y Aplicaciones*. Además se han impartido los cursos de *Física General*, del grado en Matemáticas y del grado en Óptica y Optometría, y el de *Agentes Físicos, Salud y Gestión de Residuos Radioactivos*, del grado en Ciencias Ambientales.

Por otro lado, los másteres de la Universidad de Granada en los que el profesorado del departamento ha impartido docencia son: *Física Nuclear (Inter-universitario)* (2010-hasta hoy), *Física: Radiaciones, Nanotecnología, Partículas y Astrofísica* (2014-hasta hoy), *Física y Matemáticas* (2010-hasta hoy), *Métodos y Técnicas Avanzadas en Física* (2006-2012), *Profesorado de Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas* (2010-hasta hoy) y *Tecnologías Cuánticas (Inter-universitario)* (2022-hasta hoy).

En el marco de estos estudios se ha tutelado a más de 100 estudiantes en la realización de su Tesinas de Licenciatura, Trabajos Fin de Grado y Trabajos Fin de Máster.

INVESTIGACIÓN

GRUPOS, LÍNEAS Y PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Los miembros del Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear pertenecen a los cinco grupos de investigación que se indican a continuación: *Física Atómica y Molecular* (FQM207), *Estructura Atómica y Nuclear* (FQM220), *Física Nuclear a Energías Intermedias* (FQM225), *Nanoestructuras, propiedades cuánticas y aplicaciones tecnológicas* (FQM381) y *Física Fundamental y Aplicaciones* (FQM387).

Desde los primeros trabajos en Estructura Nuclear y en Métodos Matemáticos en Física, que llevaron a cabo los Prof. Guardiola y Sánchez-Dehesa a su llegada a la

Universidad de Granada, la evolución del Departamento ha impulsado el desarrollo de un buen número de líneas de investigación. De todas ellas cabe destacar las siguientes: *Condensados atómicos, Desarrollo de instrumentación para dosimetría, Estructura atómica, Dispersión de electrones, neutrinos y mesones por núcleos, Estructura nuclear, Experimentos de precisión con trampas de iones y láseres, Física de neutrones experimental, Física matemática, Fundamentos de física cuántica, Información clásica y cuántica, Interacción nucleón-nucleón, Métodos en teorías cuánticas de campos efectivas, Modelos efectivos hadrónicos: simetría quiral, Modelos funcionales de la densidad en sistemas cuánticos, Nanofísica y química cuántica, Producción de radioisótopos para medicina nuclear, Terapia mediante captura de neutrones, Simulación Monte Carlo del transporte de radiación en medios materiales, Simulación Monte Carlo: aplicaciones en Radiobiología, Sistemas no lineales y Sistemas atómicos y moleculares en el régimen frío y ultrafrío.*

La investigación desarrollada en estas líneas de trabajo ha sido financiada con numerosos proyectos. En concreto, en los últimos diez años se han obtenido 4 proyectos europeos, 33 nacionales y 14 regionales.

DOCTORADO

Antes de la LRU y de la correspondiente legislación de doctorado, la formación de los estudiantes de doctorado se basaba en los “Cursos de Doctorado”. De entre los que fueron impartidos por miembros del departamento cabe recordar: *Teoría de colisiones, Aproximaciones racionales en física, Programación avanzada y Mesones en núcleos.*

La LRU supuso una racionalización y ordenación de los estudios de doctorado mediante la creación de los Programas de Doctorado. Los programas de doctorado de la Universidad de Granada que han contado con la participación de los miembros del departamento son los siguientes: *Astrofísica y Física Nuclear* (1988-1989), *Física Nuclear* (1990-1993), *Física Teórica y Computacional* (1993-1996), *Física Médica* (1997-1999), *Dinámica de los Sistemas Fermiónicos* (1997-2000), *Avances Clínicos y Tecnológicos en Radiología, Medicina Física y Física Médica* (1999-2002), *Física y Matemáticas* (1999-hasta hoy), *Bioingeniería y Física Médica* (2002-2010), *Métodos y Técnicas Avanzadas en Física* (2004-2006), *Escuela Interuniversitaria de Doctorado de Física Nuclear* (2004-2010) y *Física y Ciencias del Espacio* (2010-hasta hoy).

En el marco de estos programas de doctorado se han defendido en el departamento un total de 80 tesis doctorales. Algunos de los doctores egresados se encuentran actualmente ejerciendo como profesores en distintas universidades del país (Granada, Córdoba, Málaga, Sevilla, Salamanca, Complutense de Madrid, Politécnica de Madrid, Rey Juan Carlos de Madrid), en universidades y centros de investigación americanos (México, Ecuador, Colombia, EE.UU.) y en universidades de Oriente Próximo (Jordania) y Lejano (Japón y China). Otros han desarrollado una carrera profesional en la empresa privada en España o Colombia, o en Servicios de Radiofísica Hospitalaria

en distintas ciudades del país (Granada, Málaga, Córdoba, Oviedo). Por último, otro grupo de ellos está comenzando su carrera investigadora realizando estancias postdoctorales en centros de investigación de distintos países (Alemania, Francia, Suiza).

ORGANIZACIÓN DE CONGRESOS

A lo largo de estos años, los miembros del Departamento han estado involucrados en la organización de numerosos eventos de investigación de los que destacamos aquí los celebrados en Granada.

En primer lugar, es de justicia señalar las *Topical Schools*, que tuvieron lugar entre 1978 y 1983. Organizadas por los Prof. Guardiola, Sánchez-Dehesa y Ros, con la colaboración de colegas de otras universidades españolas, como los Prof. Gómez Gómez y Polls, fueron foro de encuentro de los investigadores en Física Nuclear del país y permitieron abrir colaboraciones con prestigiosos centros de investigación. Contaron con profesores de primer nivel internacional (A. Faessler, A. Van der Woude, K. Schmid, S. Rosati, S. Fantoni, C. Mahaux, J.W. Clark, D.W.L. Sprung, F. Iachello, A. Arima, M. Moshinsky, P. Ring, P. Schuck, O. Bohigas, K. Goecke, A.P. Zucker) y los *proceedings* fueron publicados en *Lecture Notes in Physics*, abordando algunas de las temáticas más



Figura 1. 2nd. Granada Topical School: Nuclear giant resonances (1979).

candentes en su momento: *Particle-nucleus interaction* (1978), *Nuclear giant resonances* (1979, figura 1), *The many-body problem: Jastrow correlations versus Brueckner theory* (1980), *Interacting bosons in nuclei* (1981), *Quarks, mesons and isobars in nuclei* (1982) y *Mathematical and computational methods in nuclear physics* (1983). Aquella serie de escuelas culminó con la organización en 1984 de la *VIII Workshop on Condensed Matter Theories*.

En febrero de 1995 se celebró el *International Research Workshop on Density Functionals of Quantum-Mechanical Systems and Constructive Complex Analysis*, organizado por el Prof. Sánchez-Dehesa, el Dr. Angulo y Romera.

En mayo de 1999, los Prof. García Recio y Lallena, junto con los Prof. Grabmaier, de la Univ. de Tübingen (Alemania), y Owens, de la Univ. de Glasgow (Reino Unido), organizaron el *4th Workshop on Electromagnetically Induced Two Hadron Emission* (figura 2), cuarto de una serie de eventos bienales que se habían iniciado en 1993 en Tübingen (Alemania), habían continuado en Ghent (Bélgica) en 1995 y en Glasgow (Reino Unido) en 1997 y continuaron en Lund (Suecia) en 2001 y en Pavia (Italia) en 2003.

En septiembre de 2001, el Prof. Ruiz Arriola, junto con los Prof. Garrido, López Fernández y Soler, de la UGR, y López Bonilla y Vázquez, de las Univ. Carlos III de y Autónoma de Madrid, organizaron la *Euroconference on Asymptotic Methods and Applications in Kinetic and Quantum-Kinetic Theory*.



Figura 2. 4th Workshop on Electromagnetically Induced Two Hadron Emission (1999).

La 16ª edición del Congreso de Física Médica, evento bienal de la Sociedad Española de Física Médica, tuvo lugar en mayo de 2007 en la Facultad de Ciencias de la UGR. El Prof. Lallena, presidente del Comité Científico del congreso, colaboró con miembros del Servicio de Radiofísica del Hospital “San Cecilio” de Granada, como D. Burgos, Jefe del Servicio, M. Vilches y D. Guirado en la organización del mismo.

En septiembre de 2007, el Prof. Angulo y la Prof^a. González Férez, junto con los Prof. Sánchez Moreno y Yáñez, de la UGR, y Zarzo, de la Univ. Politécnica de Madrid, organizaron la conferencia interdisciplinar *Special Functions, Information Theory and Mathematical Physics*, que sirvió de celebración del sexagésimo cumpleaños del Prof. Sánchez-Dehesa (figura 3).

En octubre de 2008, se celebró en Granada el *IV International Workshop: Classical concepts and metaphysical presuppositions in quantum theory*, organizado por el Dr. Zinkernagel, del Departamento de Filosofía de la UGR, y la Prof^a. Boscá.



Figura 3. *Special Functions, Information Theory and Mathematical Physics* (2007).

En octubre de 2011 se celebró el *Interdisciplinary Workshop on Nonlinear Schrödinger Equations and Applications: Modeling, Mathematical Analysis, Computation and Experiment*, organizado por los Prof. Torres, de la UGR, Kevrekidis, de la Univ. de Massachusetts (EE.UU.), Carretero-González, de la Univ. de San Diego (EE.UU.) y la Prof^a. González Férez, quien también tuvo a su cargo el *Cold and Ultracold Molecules Workshop*, celebrado en septiembre de 2013, y, al año siguiente, el *YEA meeting and Idea Factory* y el *Ultracold Rydberg Physics Workshop*, eventos organizados en colaboración con los Prof. Koch, de la Univ. de Kassel (Alemania), Lewenstein, del ICFO de

Barcelona, y Nagerl, de la Univ. de Innsbruck (Austria), el primero, y con el Dr. Aguilera, de la UGR, los dos últimos.

En septiembre de 2012 se celebró el GRANADA'12 Graphene Nanoscience: from Dirac Physics to applications, organizado por las Prof^{as}. Biel, López Santodomingo, de la Univ. de Valladolid, y Romera, quien, en junio de 2013 y diciembre de 2015, junto con el Prof. Calixto, del Departamento de Matemática Aplicada de la UGR, estuvo al cargo de las dos primeras ediciones del *Granada Workshop on Quantum Phase Transitions*.

En septiembre de 2013, los Prof. Porras y Praena, junto con las Dras. Núñez, del Institut de Ciència de Materials de Barcelona, y Ruiz, del Centro de Investigación Biomédica de Granada, y el Dr. Vilches, radiofísico del Hospital San Cecilio de Granada, organizaron el *7th Young Researchers in Boron Neutron Capture Therapy Meeting*. El grupo de investigación del Prof. Porras corrió también con la organización en 2021 de la *19th International Conference on Neutron Capture Therapy (19-ICNCT)*.

Desde 2015, y hasta 2023, en septiembre, la Prof^a. González Férrez, junto con la Prof^a. Olmos y el Prof. Lesanosky, ambos de la Univ. de Tübingen (Alemania), han venido organizando la *Summer School on Quantum Matter: Out of Equilibrium*. Esta serie de escuelas bienales fue precedida por la *Summer School on Quantum Matter Foundations and Applications* que se celebró en 2011 y 2013, a cargo de las Prof^{as}. González Férrez, Olmos y Hackermueller, de la Univ. de Nottingham (Reino Unido), y el Prof. Krueger, de esa misma universidad.

En junio de 2018 tuvo lugar la conferencia *Física Nuclear, Física Médica y Aplicaciones*, que organizó la Prof^a. Anguiano y en la que se celebró el sexagésimo cumpleaños del Prof. Lallena (figura 4).



Figura 4. Física Nuclear, Física Médica y Aplicaciones (2018).

En marzo de 2019, el Prof. Rodríguez Rubiales y la Prof^a. González Férez organizaron junto con el Prof. Hennrich, de la Univ. de Estocolmo (Suecia), el *Kick-off meeting* de la acción europea *COST on trapped Ions: Progress in Classical and Quantum Applications*.

En noviembre de 2021, la Prof^a. González Férez, junto con los Prof. Modugno, de la Univ. del País Vasco, y Sols, de la Univ. Complutense de Madrid, llevaron a cabo el *Cold Atom Workshop*.

En mayo de 2022, el Prof. Rodríguez Rubiales y la Prof^a. González Férez, junto con los Dres. Bermejo-Vega y Manzano, de la UGR, y los Prof. Cabello, de la Univ. de Sevilla, y García Ripoll, del Instituto de Física Fundamental (CSIC, Madrid), estuvieron a cargo del congreso *Quantum Information in Spain ICE-7*.

En junio de 2022, la Prof^a. Anguiano y el Prof. Lallena, junto con los Prof. Rodríguez Frutos y Robledo, ambos de la Univ. Autónoma de Madrid, organizaron la *IV Gogny Conference*, evento bienal que tuvo lugar por primera vez en 2015 en Bruyères-le-Châtel (Francia).

En mayo de 2023, tuvo lugar el congreso *Hamiltonian Field Theory for QCD and Hadron Physics*, organizado por la Prof^a. Gómez-Rocha y el Prof. Ruiz Arriola junto con los Prof. Llanes-Estrada y Gálvez-Viruet, de la Univ. Complutense de Madrid (figura 5).



Figura 5. Jornadas de Física Hadrónica (2023).



FÍSICA TEÓRICA Y DEL COSMOS

José Ignacio ILLANA CALERO

CONSTITUCIÓN DEL DEPARTAMENTO

El origen del Departamento de Física Teórica y del Cosmos viene condicionado por la historia de los estudios de Física en la Universidad de Granada. En 1973 se inicia la Sección de Física, en la Facultad de Ciencias, con un solo Departamento, el de Física. Más tarde este Departamento se escindió en dos: “Física Aplicada” y “Física Moderna”. Este último englobaba las áreas de conocimiento “Electrónica”, “Física Atómica y Nuclear”, “Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica”, “Física Teórica” y “Física de la Materia Condensada”. En 1986 se separó el área de “Electrónica” formando un departamento propio, y ya en 1989 se volvió a dividir quedando, por una parte el “Departamento de Física Moderna” (áreas de “Física Atómica, Molecular y Nuclear” y “Física de la Materia Condensada”) y por otra el que terminó llamándose “Departamento de Física Teórica y del Cosmos”, unión de dos áreas: “Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica” y “Física Teórica”. En el momento de la constitución del Departamento, el 15 de mayo de 1989, formaban parte de él dos Profesores Titulares de Universidad, un Profesor Titular de Escuela Universitaria y un Ayudante por el área de Física Teórica, y un Catedrático y seis Profesores Titulares de Universidad por la entonces área común de “Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica”.

COMPOSICIÓN ACTUAL DEL DEPARTAMENTO

El Departamento de Física Teórica y del Cosmos consta en la actualidad de tres ámbitos de conocimiento, “Astronomía y Astrofísica”, “Física de la Tierra” y “Física Teórica”, esta última constituida en Unidad Departamental desde 2019. El número total de miembros adscritos al Departamento en la actualidad es 80, con 38 profesores con vinculación permanente, 21 doctores con contratos de investigación, 19 estudiantes de posgrado y técnicos no doctores y 2 miembros del PAS, uno de ellos a cargo del laboratorio de docencia. Su distribución se detalla en la tabla 1.



Ámbito de conocimiento	Profesores permanentes			Investigadores contratados (doctores)			Estudiantes de posgrado con contrato y personal de apoyo técnico
	CU	PTU	PCD	Senior	RyC	Otros	
Astronomía y Astrofísica	5	6	1	2	0	7	2
Física Teórica	7	6	4	1	2	7	13
Física de la Tierra	4	3	2	0	0	2	4

Tabla 1. Distribución actual del personal del Departamento de Física Teórica y del Cosmos por ámbitos de conocimiento y figura. [CU = Catedráticos de Universidad, PTU = Profesores Titulares de Universidad, PCD = Profesores Contratados Doctores, Senior = Investigadores Talentia Senior, Beatriz Galindo Senior y Colaborador Extraordinario, RyC = Investigadores Ramón y Cajal, Otros = Investigadores Juan de la Cierva y contratados posdoctorales].

Es de destacar que 6 de los 38 profesores permanentes, algo más del 15%, son de nacionalidad extranjera.

GESTIÓN DEL DEPARTAMENTO

Dada la presencia de tres ámbitos de conocimiento distintos en el Departamento con campos de investigación bien diferenciados, su unión en un mismo Departamento es puramente administrativa, manteniéndose la independencia de los distintos ámbitos de conocimiento a nivel económico, investigador, docente y de ocupación de espacios. Así se reconoce en el Reglamento de Régimen Interno del Departamento, aprobado en 2012. Por otra parte, contamos con un administrativo y un técnico de laboratorio que no están adscritos a ninguno de los tres ámbitos de conocimiento. El resto del personal de apoyo técnico, para administración y gestión de equipos informáticos y para el laboratorio de física de altas energías, se financia a través de distintos proyectos de investigación.

Desde que se constituyó el Departamento, su dirección ha estado al cargo de miembros de las tres áreas. La lista completa puede leerse en la tabla 2.

	Director	Secretario
1989-1990	Eduardo Battaner López	Fernando Cornet Sánchez del Águila
1990-1991	Fernando de Miguel Martínez	Rosario Plaza Aguilera
1991-2000	Francisco del Águila Giménez	Eduardo Battaner López
2000-2004	Eduardo Battaner López	Fernando Cornet Sánchez del Águila
2004-2010	Francisco del Águila Giménez	Fernando Cornet Sánchez del Águila
2010-2015	Fernando Cornet Sánchez del Águila	Inés Grau Tamayo
2015-2023	José Santiago Pérez	José Ignacio Illana Calero

Tabla 2. Listado de los directores y secretarios del Departamento de Física Teórica y del Cosmos desde su creación.



A lo largo de su historia han sido varios los miembros de Departamento que han realizado labores de gestión en la Universidad de Granada más allá del ámbito departamental. Destacaremos a los siguientes. Eduardo Battaner ha sido director de la Sección de Físicas (1983). Francisco del Águila ha sido Director de la Oficina de Proyectos Internacionales del Vicerrectorado de Investigación (2000-2002). Fernando Cornet ha sido coordinador de la Comisión Docente de Física (1999-2000), Director de Centros e Institutos de Investigación y Plan Propio (2015-2019) y Vicerrector de Personal Docente e Investigador (2019-2023). Inmaculada Domínguez ha sido Directora del Secretariado de Internacionalización de la Escuela Internacional de Posgrado (2011-2015). Estrella Florido ha sido coordinadora de la Comisión Docente del Grado en Física (2013-2021). Sergio Navas ha sido Vicedecano de Investigación de la Facultad de Ciencias (2016-2023) y actualmente es Director de Investigación del Vicerrectorado de Investigación y Transferencia.

UBICACIÓN E INSTALACIONES

El Departamento no está concentrado en un único espacio. Originalmente las instalaciones pertenecientes al Departamento dentro de la Facultad de Ciencias se encontraban en diversos edificios de la Facultad, con despachos en la planta baja y en la segunda planta del edificio de Físicas, en la primera planta de la parte intermedia entre los edificios de Geológicas y Químicas y en la segunda planta del edificio de Químicas. Esta dispersión, así como la presión por ocupación, hizo que el Decanato asignase nuevos espacios al Departamento. A mediados de 2004 se produjo el cambio a las nuevas instalaciones.

En la actualidad, en la Facultad de Ciencias, los miembros de los ámbitos de conocimiento de Astronomía y Astrofísica y de Física Teórica tienen despachos en la planta baja del edificio Mecenaz, donde también se encuentra el despacho del administrativo del Departamento, una sala de seminarios, una biblioteca y una sala de ordenadores, en la que se alojan varios *clusters* de ordenadores para cálculo intensivo que usan los grupos de investigación de Astrofísica y Física Teórica. Miembros de estas dos áreas ocupan también el Módulo A, anexo al edificio Mecenaz. Miembros del ámbito de conocimiento de Física de la Tierra disponen de varios despachos en la planta baja del edificio de Físicas, así como en la actual sede del Instituto Andalúz Universitario de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos (antiguamente situada en el Observatorio de Cartuja). En la planta baja del edificio de Físicas disponemos del Laboratorio de Física III, en el que se imparten las prácticas de laboratorio de las asignaturas de Física de las que el Departamento es responsable.

ACTIVIDAD DOCENTE

Poco después de crearse el Departamento se produjo el cambio del antiguo Plan de Estudios de Licenciado en Física (1973) al nuevo Plan (1997) y posteriormente, superado el marco de la LRU (1983) por la LOU (2001) y su modificación, la LOMLOU (2007), se sustituyeron licenciaturas por grados y se crearon, en particular, el Grado en Física (2011) y el Doble Grado en Física y Matemáticas (2016). El Departamento ha impartido docencia en estas titulaciones y en muchas otras a lo largo de su historia (Biología, Geología, Matemáticas, Química, Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, Ingeniería Civil, Ingeniería Química y Ciencias Ambientales). En la tabla 3 se muestra la docencia actual en distintos grados.

Grado en Física, Doble Grado en Física y Matemáticas	Astrofísica
	Física Matemática
	Física Nuclear y de Partículas
	Fundamentos de Astrofísica
	Geofísica
	Mecánica Cuántica
	Métodos Matemáticos I
	Métodos Matemáticos III
	Relatividad General
	Teoría de Campos y Partículas
Grado en Ciencias Ambientales	Física
Grado en Biología	Física de los Procesos Biológicos
Grado en Geología	Física
Grado en Ingeniería Civil	Física
Grado en Ingeniería Química	Física II
Doble Grado en Ingeniería Civil y ADE	Física
Grado en Matemáticas	Mecánica
Grado en Química	Física II

Tabla 3. Asignaturas impartidas actualmente por el Departamento en diversos Grados.

Además de la docencia en grado, los profesores del Departamento han participado activamente en la docencia de sucesivos másteres. En la actualidad se hallan implicados en el Máster en Física (especialidad de Física de Partículas y Astrofísica), el Máster en Física y Matemáticas (especialidades de Astrofísica y Física Teórica y Matemática), el Máster en Geofísica y Meteorología, el Máster en Geología aplicada a los Recursos minerales y energéticos y el Máster en Estructuras.

ACTIVIDAD INVESTIGADORA

Las tres áreas del Departamento desarrollan una amplia e intensa labor de investigación, con larga tradición e importante visibilidad internacional.

Los miembros del área de Astronomía y Astrofísica están repartidos en dos grupos de investigación.

El grupo de Astrofísica Galáctica (FQM108) forma parte también del Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional (iC1), reconocido como Unidad Científica de Excelencia en la UGR. Su fundador, Eduardo Battaner, también fue uno de los fundadores del iC1 y uno de los pilares en el origen del Instituto de Astrofísica de Andalucía. Los temas de investigación son variados, orientados al entendimiento de la formación y evolución de galaxias, mediante el estudio de las propiedades físicas que caracterizan tanto a la componente estelar como al medio interestelar. En particular, una línea de gran peso en la actualidad estudia el efecto del entorno de las galaxias en esta evolución, tanto a escala local como a gran escala, lo que tiene implicaciones cosmológicas. Para el estudio de este y otros temas se han creado herramientas de visualización y se han liderado proyectos internacionales de observación en instalaciones punteras en distintos rangos espectrales. Esta labor investigadora está complementada con una labor de formación que se ve reflejada en el gran número de estudiantes de la UGR que, tras cursar las asignaturas impartidas por los miembros del grupo en Licenciatura/Grado/Máster, encaminan sus pasos hacia la astrofísica y están repartidos por numerosos países.



Figura 1. Miembros actuales (aunque no todos) del grupo de Astrofísica Galáctica.

El grupo de Evolución Estelar y Nucleosíntesis cuenta con numerosas colaboraciones internacionales, así como investigadores en formación (PhD) y postdoctorales. Sus líneas de investigación abarcan un amplio conjunto de fenómenos físicos ligados a las estrellas y al estudio del Universo, desde la nucleosíntesis estelar, su estructura interna y evolución, incluyendo los estadios finales de las estrellas de baja masa e intermedia (estrellas AGB, enanas blancas y supernovas termonucleares) hasta las implicaciones cosmológicas, incluyendo la caracterización de la energía y materia oscuras, astropartículas y la evolución química de la Galaxia. Todo ello se aborda a partir de simulaciones numéricas y de técnicas, como la astrosismología y la espectroscopía de alta resolución, basándose en las mejores infraestructuras de computación y de observación a nivel internacional. Este grupo ha tenido y mantiene una intensa participación en el desarrollo de instrumentación astronómica desde tierra y el espacio.

Los miembros del área de Física Teórica componen el grupo de investigación FQM101 “Física Teórica de Altas Energías” (Partículas Elementales), distinguido como Unidad Científica de Excelencia por la Universidad de Granada desde 2016. El grupo acoge habitualmente investigadores visitantes de prestigiosas instituciones, cuenta con varios investigadores postdoctorales de fuera de nuestras fronteras y contribuye activamente a la formación de estudiantes de doctorado (una treintena de tesis doctorales se han dirigido en su seno). Sus líneas de investigación son muy variadas, abarcando la física experimental de rayos cósmicos y neutrinos, la fenomenología de partículas y astropartículas, la relatividad general, la cosmología, los cálculos perturbativos y no perturbativos y aspectos formales de teoría cuántica de campos.



Figura 2. Miembros del área de Física Teórica, en 2018.



Los profesores del área de Física de la Tierra se hallan adscritos al Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos, creado en 1991, donde desarrollan su investigación sobre la sismicidad y sismotectónica de la región Béticas-Mar de Alborán, la peligrosidad sísmica y prevención de daños en esta área y en otras de interés. En particular, temas de trabajo han sido la distribución espacio-temporal de la sismicidad, la atenuación de ondas sísmicas, el modelado de estructuras internas desde la escala de cuencas sedimentarias hasta la litosfera, por medio de perfiles y tomografías sísmicas, tanto activas como pasivas, conversión de fases, anisotropía, birrefringencia, etc. El modelado de fuentes sísmicas finitas es otra línea complementaria. Los efectos locales o de sitio, con microzonificación en zonas urbanas, se relacionan con el riesgo y los escenarios sísmicos. Muchos de estos estudios han abarcado, además de la región Bética y adyacentes, zonas de la Antártida, México, Chile, Azores, volcanes Etna, Stromboli y Teide, entre otras.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento a los compañeros que han colaborado en la elaboración de este documento: Antonio Bueno, Estrella Florido, Fernando Cornet, Gerardo Alguacil, Inmaculada Domínguez, José Santiago y Sergio Navas.



ELECTROMAGNETISMO Y FÍSICA DE LA MATERIA

Amelia RUBIO BRETONES

El origen del departamento, en su parte de área de Electromagnetismo, se remonta a la incorporación del profesor Bernardo García Olmedo a la cátedra de Electricidad y Magnetismo en 1973. En ese mismo año se le nombra director del departamento de Electricidad y Electrónica aunque la creación oficial de este departamento aparece en el BOE 192 del 11 de agosto de 1979. Posteriormente, en 1982, tras incorporarse Pedro Cartujo Estébanez como catedrático de Electrónica, el departamento se divide en dos: Electrónica y Electricidad y Magnetismo. El profesor García Olmedo seguiría como director del departamento de Electricidad y Magnetismo hasta que la entrada en vigor de la LRU y la no creación del área de Electromagnetismo hizo que todos sus miembros se incorporasen al área de Física Aplicada y al departamento del mismo nombre.

Los profesores García Olmedo y Rafael Gómez Martín, que se incorporó como profesor adjunto también en 1973, han sido los cimientos del Electromagnetismo en la Universidad de Granada. A ellos se agregaron los profesores Cristóbal Calvente, Safwan Al Kouri Ibrahim, María del Carmen Carrión Pérez, Juan Antonio Morente Chiquero y Crisanto Porcel como miembros del departamento de Electricidad y Magnetismo (véase la figura 1 tomada por Safwan). En la etapa final del departamento se incorporaron como becarios de investigación Amelia Rubio Bretones y Diego Cano de la promoción del 84, Alfonso Salinas Extremera de la promoción del 85 y Jorge Portí Durán de la del 86.

Durante esta etapa se perfilaron dos líneas de investigación. Por una parte, Bernardo García Olmedo junto a Crisanto Porcel y Diego Cano iniciaron una línea experimental de estudio de plasmas que no tuvo continuación por problemas de financiación y técnicos. Por otra parte, Rafael Gómez junto con el resto de miembros del departamento iniciaron la línea de investigación en Electromagnetismo Computacional. Las tesis de Juan Antonio Morente, Mari Carmen Carrión y Safwan Al Kouri han sido los pilares en los que se ha sustentado la investigación en este campo en la Universidad de Granada.

La docencia asignada al departamento incluía asignaturas de la Licenciatura en Ciencias Físicas: Electricidad y Magnetismo, Electromagnetismo, Electromagnetismo II, Propiedades eléctricas y magnéticas de la materia y Física de plasmas, Teoría de Sistemas, Teoría de Circuitos y la parte de Electromagnetismo de Física general III (Técnicas experimentales II). En la licenciatura de Ciencias Químicas también se impartía, de forma compartida, la asignatura Electricidad y Óptica, en la que el profesor Cristóbal Calvente tuvo un papel protagonista.

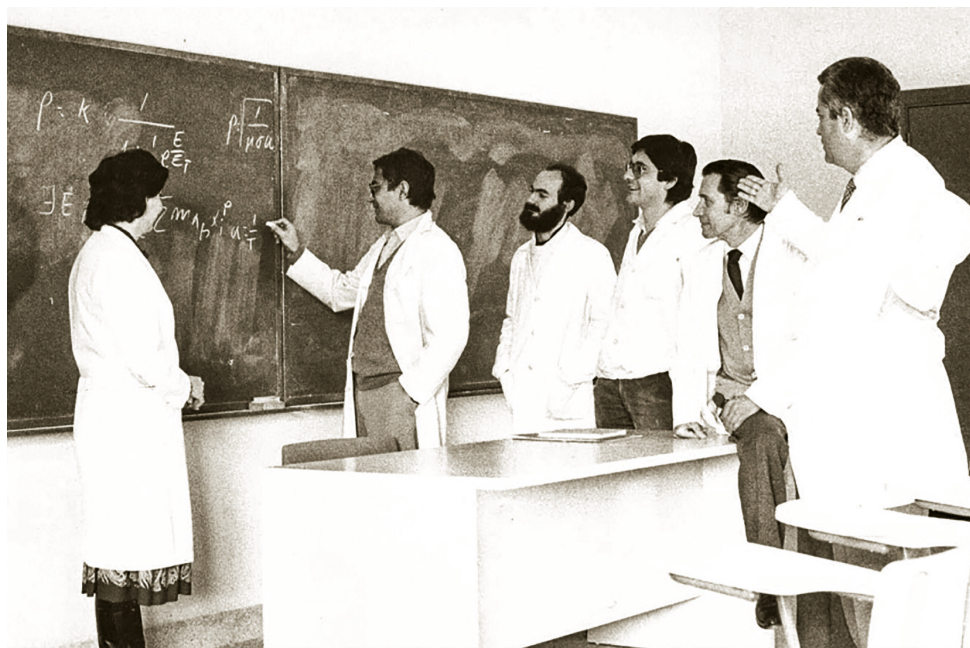


Figura 1. Miembros del departamento de Electricidad y Magnetismo.

De izquierda a derecha: María del Carmen Carrión, Rafael Gómez, Crisanto Porcel, Juan Antonio Morente, Cristobal Calvente y Bernardo García.

Tras la incorporación del departamento de Electricidad y Magnetismo al de Física Aplicada, se crearon dos grupos de investigación, aunque se mantuvo un solo grupo docente que atendió a las asignaturas del ámbito del Electromagnetismo que se fueron sucediendo con las reformas del plan de estudios de la licenciatura.

En 1999, el Departamento de Electromagnetismo y Física de la Materia surgió a partir del Departamento de Física Aplicada, marcando un hito importante en la Universidad de Granada y la comunidad científica española. A lo largo de los años, este departamento ha estado sucesivamente bajo la dirección de los profesores Jesús Biel, Joaquín Marro, Rafael Gómez y Amelia Rubio, cada uno de ellos contribuyendo a su crecimiento.

El departamento se ha centrado en dos áreas principales de investigación: Electromagnetismo y Física de la Materia Condensada. Estos enfoques han dado lugar a avances significativos en la física y han contribuido a la reputación internacional del departamento.

Una de las características destacadas del departamento ha sido su inversión en tecnología avanzada. Dispone de instalaciones de computación de alto rendimiento (HPC) y laboratorios de medición modernos que han sido fundamentales para llevar a cabo investigaciones innovadoras en diversas disciplinas.

La excelencia en la investigación se ha reflejado en la publicación constante de trabajos en revistas de alto impacto. Además, el departamento se ha destacado por su compromiso en colaborar con el sector productivo a través de contratos de investigación, lo que ha contribuido significativamente a la transferencia de conocimiento a la industria.

En el ámbito educativo, el departamento desempeña un papel crucial en la formación de futuros físicos. En el Grado/Licenciatura de Física, ha ofrecido cursos básicos y avanzados en temáticas relacionadas con Física Estadística, Física Computacional, Termodinámica y Electromagnetismo, brindando a los estudiantes una base sólida para abordar desafíos en investigación y aplicaciones prácticas.

En resumen, el Departamento de Electromagnetismo y Física de la Materia de la Universidad de Granada ha construido una sólida trayectoria de éxito en investigación y educación desde su fundación en 1999. Su enfoque en las áreas de Electromagnetismo y Física de la Materia Condensada, junto con sus instalaciones avanzadas y compromiso con la colaboración con la industria, lo han convertido en un referente en la comunidad científica y académica.



ELECTRÓNICA Y TECNOLOGÍA DE COMPUTADORES

Juan Antonio LÓPEZ VILLANUEVA

ANTECEDENTES

Antes de la Ley de Reforma Universitaria (ley 11/1983, de 25 de agosto, conocida como LRU), que estableció la moderna estructura de departamentos, existía en la Universidad de Granada el llamado Departamento de Electricidad y Electrónica, dirigido por el profesor D. Bernardo García Olmedo, y en cuya última Junta de Departamento contó con la colaboración de D. Antonio Rubio Ayuso como secretario. Aunque aún no se habían catalogado las áreas de conocimiento, el departamento de Electricidad y Electrónica estaba integrado por un conjunto diverso de profesores, dentro del cual podemos diferenciar un grupo que se puede incardinar como del ámbito de la electrónica, principalmente D. José Mira Mira, que había obtenido una plaza de profesor agregado de Electrónica en 1975, D. Alberto Prieto Espinosa, D. Antonio Lloris Ruiz y D. Antonio Rubio Ayuso. En 1982 se incorporó a la Universidad de Granada D. Pedro Cartujo Estébanez, que ocupó la primera cátedra de Electrónica al solicitar el traslado desde la Universidad de Barcelona donde también había sido catedrático, el primero de España de esta especialidad, tras lo cual se separó el denominado Departamento de Electrónica, quedando el resto bajo la denominación de Electricidad y Magnetismo, también previos a la LRU. En 1984 obtuvo una segunda plaza de catedrático de universidad de Electrónica el profesor D. Juan Enrique Carceller Beltrán.

A lo largo de 1985 comenzó a definirse la estructura de departamentos que establecía la LRU, y entre ellos el que se denominó de Física Moderna, que incluía áreas de conocimiento tan diversas como “Física Atómica, Molecular y Nuclear”, “Física Teórica”, “Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica”, “Física de la Materia Condensada”, “Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica”, “Electrónica”, y “Lenguajes y Sistemas Informáticos”. Su andadura oficial comenzó en 1986, con la elección de D. Pedro Cartujo Estébanez como director y D. Eduardo Battaner como secretario, y el área de Electrónica contribuía con nueve miembros: dos catedráticos de universidad (Pedro Cartujo Estébanez y Juan Enrique Carceller Beltrán), tres profesores titulares de universidad (Alberto Prieto Espinosa, Antonio Lloris Ruiz y Antonio Rubio Ayuso), dos profesores contratados (Gonzalo Olivares Ruiz y Francisco J. Pelayo Valle) y dos becarios de investigación (Carlos García Puntonet y Juan Antonio López Villanueva).

Con el desarrollo posterior de los departamentos y la implantación de nuevas enseñanzas como la diplomatura en Informática, los departamentos iniciales fueron creciendo y desarrollándose, hasta que se vio aconsejable su diversificación. De esta

manera, por escisión del Departamento de Física Moderna se constituyó el 5 de febrero de 1987 el Departamento de Electrónica y Sistemas Informáticos, que incluía las áreas de conocimiento “Electrónica”, con docencia compartida en la licenciatura en Física y la diplomatura en Informática, y “Lenguajes y Sistemas Informáticos”, más centrado en los estudios de Informática. También pertenecían entonces al Departamento los profesores de las áreas de conocimiento “Electrónica”, “Tecnología Electrónica” y “Lenguajes y Sistemas Informáticos” de los Colegios Universitarios de Jaén y Almería, y un poco más adelante algunos de los profesores cambiarían su adscripción a nuevas áreas como Arquitectura y Tecnología de Computadores y Teoría de la Señal y Comunicaciones llegando a cubrir gran parte del ámbito que se conoce como Tecnología de la Información y Comunicaciones (TIC). El primer director de este Departamento fue D. Pedro Cartujo Estébanez y el secretario D. Antonio Lloris Ruiz.

CREACIÓN Y EVOLUCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y TECNOLOGÍA DE COMPUTADORES

Continuando con la evolución de estos departamentos y de los nuevos estudios en la Universidad de Granada, el Departamento de Electrónica y Sistemas Informáticos decidió dividirse de nuevo. De esa manera, el Consejo de Departamento en sesión celebrada el 31 de mayo de 1988 informó favorablemente sobre la creación de un nuevo departamento en el que se integrarían los profesores adscritos al área de conocimiento “Lenguajes y Sistemas Informáticos”. El nuevo departamento, constituido en 1989 con esa denominación, trasladaría su sede a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, y el resto de los profesores formaron el Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores, que ha mantenido su sede en la Facultad de Ciencias hasta el momento presente.

Desde su constitución en 1989 hasta la actualidad, el Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores ha sufrido dos escisiones más. En primer lugar, los profesores adscritos al área de conocimiento “Arquitectura y Tecnología de Computadores” solicitaron en 1996 la creación de un nuevo departamento, tras lo cual, en sesión del Consejo de Departamento celebrada el 14 de octubre de 1996, se nombró una comisión para estudiarla. Tras un periodo de análisis, en sesión del 7 de febrero de 1997 se emitió un informe favorable y se iniciaron los trámites necesarios que culminaron con la creación de un nuevo Departamento denominado de Arquitectura y Tecnología de Computadores, con el profesor D. Alberto Prieto Espinosa como primer director, que recientemente ha pasado a llamarse Departamento de Ingeniería de Computadores, Automática y Robótica. Los miembros del Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores que se integraron en ese nuevo departamento fueron los siguientes: Mancia Anguita López, José Luis Bernier Villamor, Antonio Cañas Vargas, Miguel Damas Hermoso, Antonio Francisco Díaz García, Francisco J. Fernández

Baldomero, Carlos García Puntonet, Francisco Gómez Mula, Pedro Martín Smith, Juan Julián Merelo Guervos, Gonzalo Olivares Ruiz, Julio Ortega Lopera, David Palomar Sáez, Francisco José Pelayo Valle, María Begoña Del Pino Prieto, Héctor Emilio Pomares Cintas, Alberto Prieto Espinosa, Manuel Rodríguez Álvarez, Ignacio Rojas Ruiz y Eduardo Ros Vidal.

Más adelante, los profesores que habían cambiado la denominación de su área de conocimiento de “Electrónica” a “Teoría de la Señal y Comunicación” también manifestaron en 1998 su deseo de constituir un departamento separado, en un escrito firmado por los profesores María del Carmen Benítez Ortúzar, Jesús Esteban Díaz Verdejo, Pedro García Teodoro, Juan Manuel López Soler, Antonio Miguel Peinado Herreros, José Luis Pérez Córdoba, Antonio José Rubio Ayuso, Victoria Eugenia Sánchez Calle, José Carlos Segura Luna y Ángel de la Torre Vega. No obstante, en este caso el proceso no se culminaría hasta 2004. Coincidiendo con la implantación de los estudios de Ingeniero de Telecomunicación, los profesores adscritos a las áreas de conocimiento “Teoría de la Señal y Comunicaciones” e “Ingeniería Telemática”, que sumaban ya quince miembros (un catedrático, ocho profesores titulares, tres profesores ayudantes, un profesor asociado y dos becarios de investigación) formaron el Departamento de Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones con la dirección inicial de D. Antonio Rubio Ayuso.

Estos dos nuevos departamentos establecieron su sede en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, actualmente denominada Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática y de Telecomunicación, de manera que tres de los cuatro departamentos que tienen su sede en esta Escuela Técnica Superior son escisiones del original Departamento de Electrónica y Sistemas Informáticos, y dos de ellos fueron originados mayoritariamente por profesores que en su día obtuvieron sus plazas de profesor permanente en el área de conocimiento “Electrónica”. Mientras que el departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos tenía su origen mixto en Física y Matemáticas, los otros tres departamentos originados por el Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores, que se pueden considerar como surgidos plenamente desde el ámbito de la Física, incluyen hoy día en conjunto casi 200 personas dedicadas a la docencia e investigación, distribuidas en 39 catedráticos de universidad, 50 profesores titulares de universidad, 6 profesores contratados permanentes y 102 miembros del profesorado no permanente, personal contratado con cargo a proyectos o en formación, lo que refleja la evolución de las áreas TIC a lo largo de este periodo.

Centrándonos en la nueva etapa que surgió a principios de 2005, con únicamente las áreas de conocimiento “Electrónica” y “Tecnología Electrónica”, que son las que lo constituyen en la actualidad, el Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores la inició con los siguientes miembros permanentes: Jesús Banqueri Ozáez, Juan Enrique Carceller Beltrán, Pedro Cartujo Cassinello, Pedro Cartujo Estébanez, Miguel Ángel Carvajal Rodríguez, M. Encarnación Castillo Morales, Francisco J. Gámiz Pérez, Pedro García Fernández, Antonio García Ríos, Andrés Godoy Medina, Francisco

Manuel Gómez Campos, Francisco Jiménez Molinos, Juan Antonio Jiménez Tejada, Antonio Lloris Ruiz, Juan Antonio López Villanueva, Ignacio Melchor Ferrer, Alberto J. Palma López, Luis Parrilla Roure, Salvador Rodríguez Bolívar, Noel Rodríguez Santiago, Andrés M. Roldán Aranda, Juan Bautista Roldán Aranda, Carlos Sampedro Matarín, y como miembros del personal de administración y servicios, José Antonio Verdejo Cobos y Norberto Simón Ergueta.

A lo largo de su vida desde que se constituyó por división del Departamento de Electrónica y Sistemas Informáticos hasta la actualidad, los directores y secretarios del departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores han sido los siguientes:

- 1989-1994: Director: Pedro Cartujo Estébanez. Secretario: Carlos García Puntonet
- 1994-2005: Director: Pedro Cartujo Estébanez. Secretario: Juan Antonio López Villanueva
- 2005-2012: Director: Juan Enrique Carceller Beltrán. Secretario: Antonio García Ríos
- 2012-2014: Director: Juan Enrique Carceller Beltrán. Secretario: Luis Parrilla Roure
- 2014-2022: Director: Juan Antonio López Villanueva. Secretario: Luis Parrilla Roure
- 2022-actualidad: Director: Luis Parrilla Roure. Secretaria: Encarnación Castillo Morales

ACTIVIDAD DOCENTE

Durante todo el periodo que transcurre desde su creación hasta la actualidad, la actividad docente de los profesores del departamento ha sido muy variada, centrándose mayoritariamente en la docencia en Física y en titulaciones técnicas. En la fecha de inicio de los estudios de Física en la Universidad de Granada, y durante un tiempo posterior, no existieron titulaciones técnicas en esta universidad, con la única excepción de Arquitectura Técnica. Sin embargo, desde los inicios de la licenciatura en Física, cuyo primer ciclo se había definido en la Resolución de la Dirección General de Universidades e Investigación, publicada en BOE el 9 de enero de 1974, ya existió una especialidad llamada de Electricidad y Electrónica. Esta especialidad surgió en el primer momento en el que se hizo oficial el segundo ciclo de la licenciatura en Física en la Orden de 1 de octubre de 1976, publicada en el BOE de 15 de julio de 1977. Dentro de ella, los profesores que se pueden considerar del ámbito de la electrónica impartían las asignaturas “Electrónica I”, “Electrónica II”, “Teoría de Sistemas I” y “Teoría de Sistemas II”.

La especialidad en Electricidad y Electrónica convivió con la especialidad Fundamental, y las dos constituyeron el segundo ciclo de la titulación hasta el curso 1983/1984. Sin embargo, el segundo ciclo de la licenciatura en Física se modificó sustancialmente a partir de ese curso transformándose en tres especialidades, según la Orden de 23 de junio de 1983, publicada en el BOE el 8 de julio de 1983: Las especialidades de Física Fundamental, de Electrónica y de Física Teórica. La nueva especialidad de Electrónica sustituyó a la anterior, aunque mantuvo su estructura de forma mayoritaria. En esta nueva especialidad, junto con las asignaturas “Electrónica I” y “Electrónica II”, los profesores del ámbito de la electrónica impartían otras asignaturas obligatorias como “Física del Estado Sólido”, “Física de Dispositivos Electrónicos” y “Teoría de la Conmutación”. Además de las asignaturas obligatorias los estudiantes podían elegir tres asignaturas optativas, y para ello los profesores de electrónica ofrecían las siguientes: “Automática”, “Ordenadores” y “Teoría de Señales y de la Comunicación”.

Figura 1. Profesor y grupo de estudiantes en clase de la asignatura “Electrónica II”, curso 1983/1984.



En estas especialidades se formaron profesionales con un interesante perfil científico-técnico, muchos de los cuales desarrollaron importantes carreras no sólo en el ámbito científico-académico sino también en el industrial. Con el inicio de los estudios de Informática en 1985, promovidos en gran medida por profesores de este departamento, destacando especialmente la labor de D. Alberto Prieto Espinosa y D. Antonio Lloris Ruiz, el Departamento diversificó su actividad comenzando a participar en la docencia de esta nueva titulación.

A principios de los años 1990 surgió una iniciativa en el entorno de las especialidades de Electrónica que existían en las titulaciones en Física de las distintas universidades españolas para crear una titulación específica con denominación de ingeniería. Esa iniciativa fructificó en el título de segundo ciclo llamado “Ingeniero en Electrónica”. La Universidad de Granada fue de las primeras de España en implantarlo, y la primera de Andalucía. Con ese objetivo, se creó una comisión para su diseño y se nombró a D. Antonio Lloris Ruiz como coordinador. La titulación comenzó su andadura en el curso 1993/1994, incluso antes de la publicación oficial de su plan de estudios, que se aprobaría en la resolución de 24 de marzo de 1994, publicada en el BOE de 15 de abril. Posteriormente se modificaría ligeramente en la resolución de 5 de septiembre de 2000, publicada en el BOE de 4 de octubre de 2000, para una pequeña adecuación del plan de estudios que quedó como sigue:

TRONCALES	OPTATIVAS
Primer curso • Control • Diseño de Circuitos y Sistemas Electrónicos • Dispositivos Electrónicos y Fotónicos • Electrónica de Comunicaciones • Procesadores Integrados • Sistemas Analógicos e Instrumentación • Sistemas Multiprocesador • Tecnologías de Dispositivos • Tratamiento y Transmisión de Señales	• Compatibilidad Electromagnética • Control Lógico • Diseño de Sistemas Electromagnéticos • Diseño VLSI mixto analógico digital • Dispositivos y Circuitos Integrados de Microondas • Electromagnetismo aplicado • Estados electrónicos y transporte en semiconductores • Fibras ópticas y elementos ópticos integrados • Implementación de algoritmos: circuitos aritméticos • Laboratorio de procesado de señal y comunicaciones • Organización de empresas.
Segundo Curso • Diseño de Circuitos Integrados • Proyectos • Sistemas Telemáticos • Trabajo Fin de Carrera	

La nueva titulación de segundo ciclo sustituyó a la especialidad de Electrónica, pero los estudiantes que superaran el primer ciclo de la licenciatura en Física podían acceder a ella cursando un conjunto de complementos de formación, compuesto por las siguientes asignaturas:

- Complementos de formación para estudiantes de Licenciatura en Física:
 - Análisis de Circuitos y Sistemas Lineales
 - Componentes y Circuitos Electrónicos
 - Fundamentos de Computadores I
 - Fundamentos de Computadores II
 - Fundamentos de la Programación
 - Microelectrónica
 - Transmisión de Datos

De esta manera, aunque se trataba de una titulación independiente, actuaba de hecho como una especialidad de Electrónica dentro de Físicas, y muchos estudiantes optaron por completar ambas titulaciones a través de un interesante paquete de convalidaciones y reconocimientos que se elaboró para los estudiantes que habían cursado la anterior especialidad en Física.

Los distintos coordinadores y secretarios de la Comisión Docente de la titulación fueron los siguientes:

- Inicio - mayo 1998: Coordinador: Antonio Lloris Ruiz. Secretario: Juan Antonio Jiménez Tejada
- Mayo 1998 - diciembre 2005: Coordinador: Juan Enrique Carceller Beltrán. Secretario: Antonio Peinado Herreros.
- Diciembre 2005 - febrero 2011: Coordinador: Juan Antonio López Villanueva. Secretario: José Luis Pérez Córdoba.

Tras la implantación de los estudios de Ingeniero en Electrónica, de segundo ciclo, y de las distintas Ingenierías Informáticas, en el periodo 1993-1997 el Departamento continuó dedicando su actividad docente a estos dos ámbitos. También siguió impartiendo las asignaturas de Electrónica de la licenciatura en Física y los complementos de formación para acceder desde el primer ciclo de Física a Ingeniero en Electrónica. En el periodo 1997-2003, tras la escisión de los profesores que constituyeron el Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores, la actividad docente del departamento continuó centrada mayoritariamente en la titulación Ingeniero en Electrónica, las asignaturas de electrónica en la licenciatura en Física, y las de complementos de formación para acceder desde el primer ciclo de Física y algunas ingenierías técnicas a la Ingeniería en Electrónica, mientras que su participación en el ámbito de las ingenierías en Informática se vio reducida al adscribirse la mayoría de las asignaturas a este nuevo departamento. En el periodo 2003-2011, después de la implantación de los estudios de Ingeniero de Telecomunicación, la actividad del Departamento se incrementó considerablemente, añadiendo la dedicada a esta nueva titulación a la ya mencionada en la etapa anterior.

No obstante, después de algo más de tres lustros de andadura, comenzó a diseñarse en España una nueva estructura de grados y másteres según la cual iban a desaparecer las titulaciones de segundo ciclo. Por otra parte, la titulación Ingeniero en Electrónica no disponía de colegio profesional específico ni, por tanto, de atribuciones profesionales en exclusiva, pero al ser la Universidad de Granada la primera universidad andaluza en implantarla se había promovido desde la coordinación la creación de la Asociación de Ingenieros Electrónicos de Andalucía (AIEDA) que avanzara en ese sentido, aunque la nueva estructura de títulos iba a dejar sin efecto esta iniciativa. Después de treinta y cinco años, la Universidad de Granada se iba a quedar sin estudios específicos de Electrónica en el marco de la Física, de manera que se analizó desde la Comisión Docente de Ingeniero en Electrónica y el Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores una alternativa, y se optó por la creación de un nuevo grado en Ingeniería Electrónica Industrial que siguiera las directrices de la orden CIN/351/2009 de 9 de febrero, publicada en BOE el 20 de febrero, y por tanto proporcionara a sus graduados la habilitación profesional en el ámbito industrial. La Comisión Docente de Ingeniero en Electrónica quedó encargada de diseñar la nueva titulación, y una vez concluido el plan de estudios, en febrero de 2011 fueron nombrados los profesores Salvador Rodríguez Bolívar y Antonio Díaz García como coordinador y secretario, respectivamente, para poner en marcha y dirigir la nueva titulación.

El grado en Ingeniería Electrónica Industrial inició su impartición en el curso 2011/2012, y se mantiene en la actualidad. Desde 2019 su coordinador es Antonio Martínez Olmos y su secretario es Ángel Manuel Gómez García. Aunque es una titulación independiente del grado en Física, por la trayectoria que se ha detallado en este capítulo se puede considerar una consecuencia de aquellas primeras especialidades de Electrónica en Física, y debido a ello mantiene su adscripción a la Facultad de Ciencias. Los profesores implicados en la docencia de Electrónica en Física también participaron en la elaboración de las otras titulaciones TIC adscritas a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática y Telecomunicación: el Grado en Ingeniería Informática y el Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación, que cuenta incluso con una especialidad en Sistemas Electrónicos. En la Facultad de Ciencias, además de los grados en Física y en Ingeniería Electrónica Industrial, el Departamento también colabora en la titulación de Ingeniería Química.

Además de la docencia de grado mencionada, los profesores del Departamento han participado en la docencia de los sucesivos másteres especializados en Física, aunque su competencia no es del Departamento sino de la Escuela de Posgrado, como el Máster en Métodos y Técnicas Avanzadas en Física, que comenzó en 2005, y que continuó con el actual Máster Universitario en Física: Radiaciones, Nanotecnología, Partículas y Astrofísica. Los profesores del área de Electrónica D. Juan Antonio Jiménez Tejada y D. Andrés Godoy Medina han actuado como coordinadores de estos másteres. Los profesores del Departamento participan actualmente en un alto número de titulaciones de máster, con presencia especialmente significativa en el mencionado

Máster Universitario en Física, en el Máster Universitario de Electrónica Industrial, coordinado por Salvador Rodríguez Bolívar y el máster profesionalizante en Ingeniería de Telecomunicación.



Figura 2. Miembros del Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores en desayuno de fin de curso, 2017.



Figura 3. Miembros del departamento actuales e invitados de las etapas anteriores, en reunión del Consejo de Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores dedicada a la despedida del profesor Carceller Beltrán con motivo de su jubilación (octubre de 2023).

ACTIVIDAD INVESTIGADORA

A partir de la creación por parte de la Junta de Andalucía de los catálogos de grupos de investigación, las líneas de investigación del Departamento se organizaron en cuatro grupos:

- Grupo de investigación en dispositivos electrónicos (GRIDE – TIC-105)
- Técnicas digitales (DITEC – TIC-127)
- Circuitos y sistemas para el procesamiento de información (CASIP – TIC-117)
- Procesado de Señal y Comunicaciones (PSC-TIC123)

Dado que los profesores del grupo CASIP – TIC-117 estaban adscritos mayoritariamente al área de conocimiento “Arquitectura de Computadores” y los del grupo PSC-TIC123 a las áreas de conocimiento “Teoría de la Señal y Comunicaciones” e “Ingeniería Telemática”, tras la creación de los dos nuevos departamentos en 1989 y 2004, respectivamente, dentro de la última etapa del Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores iniciada en 2005 con las dos áreas que lo integran en la actualidad, que son “Electrónica” y “Tecnología Electrónica”, quedaron únicamente los grupos GRIDE – TIC-105 y DITEC – TIC-127, dirigidos entonces por D. Pedro Cartujo Estébanez y D. Antonio Lloris Ruiz, respectivamente. Sin embargo, un grupo de miembros del grupo de investigación en dispositivos electrónicos (GRIDE – TIC-105) crearon más adelante el grupo de investigación separado denominado “Grupo de Investigación en Nanoelectrónica” (TIC-216), y de él han surgido más recientemente otros dos grupos de investigación distintos denominados “Nanoestructuras, propiedades cuánticas y aplicaciones tecnológicas (FQM-381), y “Pervasive Electronics advanced research laboratory (TIC-250), completando así las líneas de investigación del Departamento. De esta manera, los grupos de investigación a los que pertenecen los investigadores del Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores en la actualidad son, por orden cronológico de creación, los siguientes:

- Grupo de investigación en dispositivos electrónicos (GRIDE – TIC-105)
- Técnicas digitales (DITEC – TIC-127)
- Grupo de Investigación en Nanoelectrónica” (TIC-216)
- Nanoestructuras, propiedades cuánticas y aplicaciones tecnológicas (FQM381)
- Pervasive Electronics advanced research laboratory (TIC-250)

En el marco de las líneas de investigación que desarrollan los grupos mencionados se han defendido unas ochenta tesis doctorales, se ha participado en numerosos proyectos de investigación financiados en convocatorias nacionales e internacionales, así como en un número elevado de proyectos de transferencia de tecnología, y se han organizado



distintos eventos científicos, como la 3ª Escuela de Microelectrónica (1990), la Conferencia de Dispositivos Electrónicos CDE-2001, el Workshop EuroSOI 2000, que fue el germen de la posterior red temática EUROSOI financiada por la Unión Europea y coordinada por el profesor del departamento D. Francisco Gámiz Pérez, así como varios eventos posteriores relacionados con esa red, la *Conference on Design of Circuits and Integrated Systems* (DCIS-2016), y la *International Conference on Simulation of Semiconductor Processes and Devices* (SISPAD-2022). Dentro del ámbito de la Física, los miembros del Departamento han publicado sus resultados en revistas relevantes clasificadas en diversas categorías científicas de la Física, como física aplicada, materia condensada y multidisciplinar, y también en otras muchas revistas de categorías que se pueden considerar de química o ingeniería, pero con alto contenido físico.

Cabe finalmente reseñar la participación de los miembros del Departamento en dos Cátedras Universidad-Empresa. Una de ellas es la Cátedra Valeo-UGR sobre ciencia a escala cuántica, patrocinada por la empresa multinacional Valeo, dirigida por el profesor Francisco Manuel Gómez Campos, y la otra es la denominada Cátedra Electrónica en eficiencia, electrificación y energía sostenible, patrocinada por MFS-IDI, y dirigida por el profesor Salvador Rodríguez Bolívar. Esta segunda cátedra se enmarca dentro de la nueva actividad docente e investigadora abordada por el Departamento en su última etapa para hacer frente a las nuevas titulaciones del ámbito industrial y a los retos planteados por la transición energética.



ÓPTICA

Enrique F. HITA VILLAVERDE / Luis M. JIMÉNEZ DEL BARCO JALDO
Javier ROMERO MORA

La gestación del Departamento de Óptica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada tal vez sea uno de los capítulos más controvertidos y singulares en la historia de esta Universidad, pues para su conformación y desarrollo hubieron de darse una serie de confluencias de circunstancias y protagonismos ciertamente, cuando menos, llamativos.

La génesis del proceso arranca cuando la responsabilidad de la impartición de los estudios de Física en nuestra Universidad de Granada recaía sobre el profesor Gerardo Pardo Sánchez, inicialmente profesor agregado de Mecánica y Termología y, posteriormente, catedrático en las mismas disciplinas y que ocupó inicialmente la dirección del departamento de Física, después de Física Fundamental y, posteriormente, la del de Física Aplicada, departamento del que se segregaría en su momento el que nos ocupa de Óptica.

La fuerte expansión que se produjo en la universidad española durante los años setenta del siglo pasado vino a posibilitar al profesor Pardo la ocasión de ampliar y acondicionar la plantilla de profesorado de la que era responsable abriéndose nuevas perspectivas para ampliar la docencia y la investigación en la Facultad de Ciencias de nuestra universidad.

Al inicio de este periodo, las responsabilidades docentes de los departamentos mencionados se centraban esencialmente en las enseñanzas de Física para la Licenciatura de Químicas ubicadas en los cursos segundo y tercero de la misma y abarcaban las disciplinas de Mecánica, Ondas, Termología, Electricidad y Óptica. También eran responsabilidad de estos departamentos las asignaturas de Física General para las diferentes titulaciones de Ciencias, la Física para Matemáticos y las asignaturas de Física en la especialidad de esta misma denominación dentro de la licenciatura en Químicas, especialidad que, posteriormente, pasó a denominarse de Didácticas. Estas asignaturas eran las de Electrónica, Física Atómica y Nuclear, Física Teórica y Didáctica de la Física. Esta especialidad de Física dentro de la licenciatura en Químicas se creó en principio, probablemente, para cubrir dos aspectos necesarios en la formación universitaria de aquella época y universidad. Por un lado, capacitar, enriqueciendo su formación en Física, a los licenciados en Químicas para acceder a las plazas de profesorado de secundaria en Física y Química, y, por otro, a ser una cantera de profesionales para los

departamentos implicados, ya que en Granada no existía por entonces la licenciatura de Físicas.

En lo que a la investigación se refiere, la herencia que había recibido el profesor Pardo de su antecesor en la responsabilidad de las disciplinas de Física mencionadas no fue ciertamente muy significativa, limitándose a la presencia de algunos profesionales, si bien cualificados, no consolidados como investigadores con la titulación de doctor.

Estas circunstancias indujeron al profesor Pardo a tratar de nutrirse de profesionales que, bajo su dirección, pudieran iniciar y desarrollar líneas de investigación que potenciaran la investigación en su departamento y, a un tiempo, asumiesen con solvencia las obligaciones docentes asociadas al mismo.

Se inicia así un proceso de incorporación de nuevos profesionales siguiendo dos caminos complementarios. El primero de ellos consistió en incorporar al departamento titulados en Físicas provenientes de otras universidades y/o centros de investigación y el segundo nutriéndose de licenciados en Químicas, o de su especialidad de Física, granadinos que, vía becarios de FPI, pudieran iniciarse en la docencia e investigación en las líneas de investigación que se pretendían implantar en el departamento, y es, precisamente, en este proceso donde se inicia el germen de la enseñanza e investigación en Óptica y que sería el origen del futuro departamento de Óptica de la universidad de Granada.

En efecto, entre los jóvenes becarios de FPI se encontraba el licenciado en Químicas, rama de Física, Enrique F. Hita Villaverde, a quien se le había solicitado una beca asociada a un proyecto de investigación en Física Nuclear bajo la dirección del también licenciado en la misma rama Plácido Reyes Calvente. Esta línea tenía como proyecto fundamental desarrollar la tesis doctoral del licenciado Hita y objetivo final conseguir la determinación de iodo asociado a la proteína en sangre por medio del proceso de análisis por activación neutrónica. Los primeros pasos se dieron con la adquisición de un tubo generador de neutrones de la casa Philips, se había desarrollado el pozo de blindaje en hormigón y agua y se estaba pendiente de la realización experimental de un dispositivo electrónico de alimentación del tubo, una fuente 120.000 voltios estabilizada. Por una serie de razones que, tal vez no venga al caso comentar aquí, aquel proyecto no prosperó y terminó con la salida del departamento del licenciado Reyes.

Durante un intervalo de tiempo bastante extenso, el becario Hita se vio sometido a una situación de inestabilidad en la que la incertidumbre le presionaba en todos los sentidos y que le obligó a agudizar el ingenio para, a hurtadillas, buscar refugio en otra línea de investigación con mejores perspectivas de futuro. A hurtadillas, porque el licenciado Reyes contaba con la aquiescencia y apoyo total de profesor Pardo y plantear, a cara descubierta, una salida de su línea de investigación, hubiera sido, cuando menos, peligroso, máxime en una época en la que los nombramientos y contratos eran de carácter administrativo.

En el Departamento existía un profesor contratado con titulación de doctor, Manuel Álvarez-Claro Irisarri, licenciado en Física por la universidad Complutense de

Madrid y formado en el campo de la Óptica, concretamente en Colorimetría Diferencial, en el Instituto de Óptica Daza de Valdés del CSIC bajo la dirección de profesor de investigación Antonio de la Cruz Castillo.

A los profesores Álvarez-Claro e Hita les unía una fuerte amistad y el profesor Álvarez-Claro, consciente de la situación en la que se encontraba Enrique Hita, tras consultar con el Dr. de la Cruz, le ofreció realizar una tesis doctoral en colorimetría diferencial.

El planteamiento podía suponer la salvación para Enrique Hita, pero era peligroso pues significaba que había que abandonar la línea inicial cuando aún estaba por el departamento el licenciado Reyes, el cual seguía contando con la total aquiescencia del director del departamento.

En definitiva, si se emprendía aquel camino, había que hacerlo “bajo cuerda” al menos durante un cierto tiempo. La bondad y generosidad del profesor Álvarez-Claro le hicieron aceptar de buen grado un procedimiento no muy ortodoxo pero que podía significar la salida de una situación realmente asfixiante para el licenciado Hita.

La incorporación al departamento, algún tiempo después, del profesor Bernardo García Olmedo como catedrático de Electricidad y Magnetismo precipitó la salida, a petición propia, del licenciado Reyes. El director de departamento, profesor Pardo, llamó a su despacho al aún becario Enrique Hita y, tras comunicarle la situación, vino a decirle de alguna manera que tenía que “buscarse la vida” en lo que a su tesis doctoral se refería. Enrique Hita le contestó que ya lo había hecho informándole del proyecto en marcha. Gerardo Pardo, no sin alguna reticencia extrañado por una situación que no le era conocida, aceptó el proyecto propiciando así el cambio de la línea de investigación de Física Nuclear a la de Óptica.

Este proceso supuso para Enrique Hita una etapa de esfuerzo personal fortísimo, pues implicaba iniciarse en un terreno en el que era lego con el objetivo de realizar, ni más ni menos, que toda una tesis doctoral y hay que reconocer que posiblemente no hubiera sido capaz de superarla sin la inestimable ayuda, mejor diríamos entrega, del profesor Álvarez-Claro, verdadero artífice de todo el proyecto respaldado, eso sí, por el doctor de la Cruz Castillo. Pero la iniciativa presentaba serios problemas de inicio, pues su puesta en marcha requería el diseño y realización material de algunos dispositivos experimentales que no se encontraban comercializados. Se trataba de dos colorímetros tipo Donaldson con distinto tipo de fusión de primarios y con diferente grado de metamerismo en los mismos. Se requería pues el diseño y la realización artesanal de dos instrumentos con una mecánica de precisión rigurosa así como la instrumentación electrónica necesaria para su funcionamiento.

Fue entonces cuando entraron en escena dos personajes que resultaron ser, cuando menos, fundamentales en el desarrollo de los acontecimientos. Dos mecánicos extraordinarios que asumieron el reto de materializar los diseños que les presentaban los profesores Álvarez-Claro e Hita. Uno de ellos fue precisamente el mecánico del departamento, Sr. Cabrerizo Muñoz, que realizó magistralmente un colorímetro Donaldson de

tres estímulos con fusión espacial, simultánea, de primarios, generando estos a base de filtros interferenciales de estrecho ancho de banda. El dispositivo realizado resultó ser de una precisión y sensibilidad excepcionales, viniendo a ser así el primer colorímetro de este tipo existente en España y el cual se conserva todavía expuesto y funcionando en el recibidor del departamento de Óptica de nuestra facultad y del que después se realizó una segunda unidad que vino a superar en simplicidad y aplicabilidad a la primera y que permitió abordar todos los trabajos de investigación que siguieron al inicial y que constituyeron las tesis doctorales de algunos profesores del futuro departamento (figura 1).

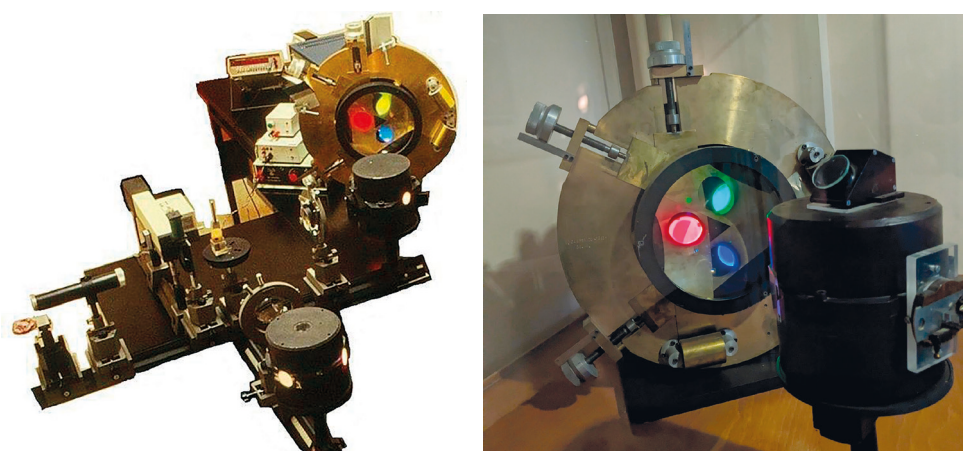


Figura 1. Colorímetros Donaldson modificados y componentes para la generación y observación de dos estímulos de color yuxtapuestos.

La segunda persona fue también un mecánico de precisión con taller particular propio del que solo se recuerda su apellido, Sr. Bustamante, que, enamorado de los diseños que se le presentaban, realizó otro colorímetro, también tipo Donaldson pero en este caso con fusión temporal, sucesiva, de primarios los cuales se conseguían a base de filtros de color de alto ancho de banda. Otra joya de la mecánica de precisión que también se conserva expuesta en el actual departamento de Óptica. Como dato curioso apuntar que el Sr. Bustamante cobró por este excepcional trabajo 10.000 de las antiguas pesetas.

A su vez, se hacía necesario implementar en el equipo un sistema electrónico de captación de señales luminosas y medida de las mismas, conformado por un tubo fotomultiplicador y un sistema de amplificación de señales de diseño analógico. Esto originó la entrada de nuevo en escena del licenciado Reyes, el cual, consciente de la situación en que había dejado al profesor Hita y aunque ya había abandonado su actividad

como profesor del departamento, asumió la responsabilidad de su realización ya desde una perspectiva de la empresa privada que había montado.

Esta parte del proyecto propició también la entrada en el mismo de otra persona de una calidad humana excepcional, otro profesor del departamento que, conocedor de la situación por la que estaba pasando Enrique Hita y al que le unía también una fuerte amistad, aportó a la nueva línea de investigación toda su experiencia y formación como Ingeniero Industrial desarrollando todos los esquemas y circuitos tanto electrónicos como mecánicos que se requerían. Se trataba del profesor Miguel Giménez Yanguas persona entrañable de una generosidad fuera de lo común y con el que la universidad de Granada se encuentra aún en deuda. Las cosas parecían, pues, que se reconducían de forma favorable para la situación del profesor Hita, pues los dispositivos estaban realizados, la infraestructura electro-óptica disponible y todo parecía indicar que en breve se podrían empezar las medidas experimentales.

No obstante, una nueva barrera se interpuso en el camino a recorrer, pues el profesor Barcala, por aquellas épocas profesor agregado de Óptica en la Universidad de Salamanca, pidió al profesor Álvarez-Claro que se incorporara al departamento que estaba conformando en aquella universidad, cosa que el profesor Álvarez-Claro aceptó de inmediato teniendo en cuenta lo que podía significar en el desarrollo de su carrera profesional. Nos encontramos, así de nuevo, ante una situación, cuando menos controvertida y de difícil salida, pues aunque existía un proyecto de tesis y se disponía de la instrumentación necesaria para llevarla a cabo, ya en realización, el proyecto se quedaba sin director “in situ”.

Lejos ahora de tirar de nuevo la toalla, Enrique Hita asumió la responsabilidad de seguir adelante con el proyecto bajo la dirección “a distancia” del profesor Álvarez-Claro al que ya había autorizado el profesor Barcala a que asumiese tal tarea. A su vez, el doctor de la Cruz Castillo se comprometía a suministrar las herramientas informáticas necesarias para el tratamiento de los resultados experimentales y supervisar los mismos. En tal situación, el profesor Pardo alentó la iniciativa posiblemente motivado por la necesidad de incorporar en su departamento a un doctor en Óptica, ya que el profesor Álvarez-Claro se había marchado a Salamanca, que pudiera asumir las responsabilidades de docencia en las asignaturas correspondientes de los ya iniciados estudios de Física en Granada.

Se inicia así un largo e intenso periodo de actividad investigadora con un continuo ir y venir a Salamanca y Madrid que culminó con la defensa de la tesis doctoral de Enrique Hita en junio de 1975. Tras esta defensa y sólo dos meses después de la misma, el ya doctor Hita hubo de hacerse cargo de la docencia de la asignatura Óptica de la nueva licenciatura en Físicas, pues la implantación de estos estudios ya había sido promovida por el profesor Pardo en Granada dos años antes. Además hubo de diseñar y poner en marcha una asignatura optativa en la misma licenciatura que se impartiría en el 5º curso de la misma.

Esta situación significaba que el nuevo doctor adquiriría la responsabilidad de situar los estudios de Óptica de Granada en el contexto de la Óptica española abriéndose camino en el mismo. En buena medida este proceso ya estaba iniciado con la universidad de Salamanca y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas de la mano de los profesores Barcala, Álvarez-Claro y de la Cruz Castillo. No obstante, Enrique Hita, conocedor de lo que significaba la universidad de Zaragoza en el contexto de la Óptica española y por lo tanto en su docencia, decidió conectar también con la Universidad de Zaragoza pues el profesor Justiniano Casas, catedrático de Óptica en la misma, editaba a nivel departamental un libro, inicialmente unos apuntes, que podrían significar una directriz a seguir en el programa a impartir a los futuros licenciados en Físicas por Granada.

El profesor Casas se interesó por la evolución de los estudios de Óptica en Granada y aceptó gustoso la conexión enviando anualmente los ejemplares de sus apuntes necesarios para el alumnado granadino pues, como hemos dicho, estos apuntes inicialmente no se editaban sino en el propio departamento de Zaragoza. Esta conexión, además de suponer una ayuda extraordinaria para los estudiantes granadinos, vino a significar una guía de gran interés para el profesor Hita que evolucionaba con ella paralelamente a la escuela de Zaragoza y, en definitiva, a la Óptica española. Aquel contacto inicial se fue consolidando con el paso del tiempo y el profesor Casas seguía muy de cerca la evolución del grupo de Óptica de Granada aconsejando al profesor Hita las mejores directrices a seguir tanto en docencia como en investigación y siendo una de las primeras autoridades que, posteriormente, sugiriera la creación de un departamento de Óptica granadino.

La actividad docente que se iniciaba requería una ayuda suplementaria pues el profesor Hita compartía docencia entre la Facultad de Ciencias y la recientemente creada Escuela Universitaria del Profesorado de EGB, en la que había sido requerido para responsabilizarse de la enseñanza de la Física a nivel universitario. Esta situación propició que en este periodo se incorporaran a la docencia en Óptica, como ayudantes de clases prácticas, un licenciado en Químicas de la ya denominada rama o especialidad de Didáctica por Granada, Enrique G. Jiménez Gómez y un licenciado en Físicas por Sevilla, Manuel Guerrero Jiménez, conformándose así el grupo inicial de Óptica dentro del departamento de Física Fundamental. El primero de ellos realizó en el grupo su tesis doctoral bajo la dirección del profesor Hita y el segundo su tesina de licenciatura bajo la misma dirección. Se iniciaba así un largo camino en la investigación en Granada dentro de la colorimetría diferencial que, con el tiempo, daría frutos de relevancia en lo que a la formación de investigadores y docentes en Óptica se refiere. El Dr. Jiménez Gómez derivó después su actividad hacia la Escuela Universitaria de EGB en la que había compartido docencia con el profesor Hita y el licenciado Guerrero Jiménez derivó hacia las enseñanzas medias.

El siguiente paso, en realidad el fundamental, en la conformación del Grupo de Óptica fue la incorporación al mismo, durante el año 1979, del ya licenciado en Físicas

por la universidad de Granada, Javier Romero Mora y, al año siguiente, la del también licenciado por esta universidad Luis M. Jiménez del Barco Jaldo iniciando ambos sus trabajos de tesis doctoral, bajo la dirección del profesor Hita (figura 2).



Figura 2. La terna inicial.

Se iba conformando así el núcleo inicial de investigación granadino al que se iban incorporando otros licenciados tales como Manuel Melgosa la Torre, Javier Perales Palacios y Agustín Cervantes Madrid que realizaron en él sus tesis doctorales en la línea de colorimetría diferencial, si bien los dos últimos derivaron después hacia la Escuela Universitaria del Profesorado de EGB, mientras que el primero de ellos, después de un periodo de tiempo de balbuceo vocacional tras la realización de su tesina de licenciatura, se integró definitivamente en el grupo donde realizaría su tesis doctoral.

Durante algún tiempo estuvo ligado a este grupo un profesor ya veterano del departamento de Física Aplicada, el profesor Rafael Martínez García, si bien finalmente derivó al grupo de coloides del mismo.

Un núcleo inicial de 4 personas conformaba pues el joven grupo de docencia e investigación que trataba de abrirse camino en la Óptica española continuando, para ello, estableciendo nuevas relaciones con otros grupos ya consolidados de la misma tales como el de la Universidad de Valencia dirigido por el profesor Aguilar y una rama del mismo en el Colegio Universitario de Alicante que encabezaba una persona entrañable que vino con el tiempo a ser también uno de los apoyos más significativos de Granada en todos los sentidos, el profesor Justo Oliva Molina.

El incipiente e inquieto grupo de Óptica de Granada se iba introduciendo así en el contexto de la Óptica española asistiendo y participando activamente en todas las reuniones científicas que se organizaban en el país tales como las escuelas de verano de la universidad de Zaragoza en Jaca, las reuniones en Madrid del Comité Español del Color dentro de la Sociedad Española de Óptica que, por aquellos entonces, presidiera el profesor de investigación del CSIC Lorenzo Plaza Montero, reuniones de la Sociedad Española de Óptica, bienales de la Real Sociedad Española de Física y Química primero y después de Física, etc.

Durante el desarrollo de estas actividades tuvieron lugar algunas conexiones que resultarían claves en la evolución del futuro departamento de Óptica de Granada. Una de ellas fue la relación que se inició con la integrante del departamento de Óptica de Zaragoza, profesora M^a Josefa Yzuel Giménez (figura 3), persona de renombre nacional y que vendría a ser uno de los apoyos más fuertes del grupo granadino; su gran dedicación y colaboración con la docencia y la investigación de Granada, así como su gran prestigio nacional e internacional la hicieron merecedora en el año 2017 de ser Doctora Honoris Causa por nuestra universidad. Otra fue la estrecha relación que se estableció con el Instituto de Óptica Daza de Valdés del CSIC a través de su director el Dr. Antonio Corrons Rodríguez.



Figura 3. Las conexiones.

Por aquellas fechas el joven grupo de investigación granadino recibió el posiblemente mayor espaldarazo de toda su historia, pues ni más ni menos que el Dr. McAdam, padre de la colorimetría diferencial a nivel mundial y autor de los trabajos pioneros sobre discriminación cromática que han sido referentes en la investigación al respecto, conocedor de los resultados de la investigación del grupo granadino por sus publicaciones en la revista alemana *Die Farbe*, envió una carta personal al profesor Hita, (figura 4) identificándose con sus investigaciones y resultados experimentales y ofreciéndose para trabajar en colaboración. Conexiones que vinieron a significar el reconocimiento internacional de los trabajos del grupo granadino.

La evolución condujo a que, tras un primer intento fallido, el profesor Enrique Hita obtuviera en 1981 una plaza por oposición de Profesor Adjunto de Óptica en la Universidad de Granada, lo que supuso, además de la consolidación del grupo, unas perspectivas de evolución muy favorables para el mismo.

El profesor Hita ocupaba por aquellas fechas el cargo de secretario de la Facultad de Ciencias de la que era decano el profesor Pardo Sánchez, circunstancia que le proporcionaba una buena facilidad de acceso a los órganos de gobierno de la facultad y la universidad regida por entonces por el rector Antonio Gallego Morell.



Figura 4. Las relaciones externas.



Las sugerencias de los profesores Casas, Barcala, Álvarez-Claro, Yzuel, de la Cruz, Corrons, etc. (figura 6) de que se creara en Granada un departamento de Óptica, motivó al profesor Hita a tomar la iniciativa de solicitarlo lo que llevó a cabo de inicio verbalmente ante el decano Profesor Pardo.

El profesor Pardo no veía la necesidad de impulsar aquella iniciativa y, por las razones que fuesen, no tenía clara la conveniencia de llevar a cabo tal proyecto.

En estas circunstancias vino a entrar en escena una persona a la que la Óptica granadina le debe muchas cosas. Se trataba del profesor Pascual Rivas Carrera (figura 7), catedrático de geología en la facultad y en aquellas fechas vicedecano de Ordenación Docente en el equipo del profesor Pardo, el cual incidió ante el mismo apoyando la iniciativa y presionándolo para que se tramitase la petición.

68 Hammond Street
Rochester, New York 14615 USA
January 3, 1986

Professor Enrique Hita
Universidad de Granada
Dept. de Física Fundamental (Optics)
Granada, Spain

Dear Professor Hita:

I wish to commend you and your co-authors for your paper "Uniform Color Spaces, A comparative analysis for color discrimination data", which was published in *Die Farbe* 31 Bd 1983/84, Heft 4/6.

Your procedure, illustrated by Fig. 3, is very good. I hope that you will use it to obtain sufficient data so that a CIE formula for color difference can be based on it. I enclose a copy of the summary of a paper I read at the 1985 Annual Meeting of the Optical Society of America, in which I emphasized the need for such data and a CIE formula derived from them.

In that lecture, I showed the gross inadequacies of the CIE LAB and LUV formulas — their inconsistencies with each other and with such data. I enclose a copy of a paper which includes the principal illustrations that I used in my lecture.

I urge you to continue your work and to publish your results as soon as possible in a numeric form equivalent to the metric coefficients, g_{ik} , of the ellipsoids (or at least the ellipses) separately for at least three observers, 25 widely distributed chromaticity centers, and at least three photopic luminance levels. A single set of conditions, for example spatial fusion, one-second observation, 3-degree field, monocular vision, dark surrounding, and isomeric initial matching would be sufficient.

If you want to develop a formula from your data, that would be very welcome. But please do not delay publishing your data. A paper consisting of only the report of your procedure and the data you obtain will be momentous. A later paper that describes the procedure you use to develop a color-difference formula based on your data, and an exposition of that formula, would constitute a worthy sequel. In the meantime, I and others can study your data and begin the lengthy procedure that will be needed to persuade the CIE to substitute a color-difference formula based on your data in place of the present ad hoc formulas.

With congratulations and highest regards to you and your co-workers, I am

Yours sincerely,

David L. MacAdam
David L. MacAdam

Figura 5. Carta de MacAdam.



Figura 6. Los apoyos externos.



Figura 7. Los apoyos internos.

Y lo cierto es que dado el prestigio del profesor Rivas y la influencia tan alta que tenía sobre el decano, este accedió a tramitar la petición ante el rectorado el cual la aceptó de inmediato y de esta forma se creó el Departamento de Óptica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada en el año 1983, siendo nombrado director del mismo el profesor Hita.

El año anterior había salido a concurso de traslado una cátedra de Óptica dotada en nuestra universidad, cátedra a la que accedió con reserva de plaza en origen, la profesora Yzuel la que estuvo con nosotros durante un curso pero que, finalmente, decidió volver a la Universidad Autónoma de Barcelona de la que provenía. Nació así uno de los departamentos posiblemente más pequeños, en cuanto a número de integrantes, de la universidad granadina pero cargado de ilusión y de empuje con una fuerte actividad investigadora que trajo como consecuencia la realización y defensa de las tesis doctorales de los profesores Romero Mora y Jiménez del Barco Jaldo lo que se llevó a cabo durante el año 1984.

Durante el año 1986 se produjo en la universidad española una reestructuración de las áreas de conocimiento universitarias que condujo a la desaparición de muchas de ellas que quedaron, en el caso de Ciencias Físicas, englobadas dentro del área general de Física Aplicada, lo que acarreó la desaparición también de muchos departamentos, entre ellos el de Óptica, que pasó a formar parte del recién creado departamento de Física Aplicada del que sería nombrado director el profesor Pardo Sánchez. Durante este mismo año, se dotaron en el departamento dos nuevas plazas de profesor titular de universidad con el perfil de Óptica a las que concursaron respectivamente los doctores Romero Mora y Jiménez del Barco Jaldo, superando los concursos correspondientes y accediendo a la condición de funcionarios de carrera. Esta circunstancia vino a significar un nuevo espaldarazo para el grupo, pues se integraban en el mismo dos nuevos profesionales con plena capacidad docente e investigadora abriendo nuevas fronteras para las líneas de investigación del mismo.

Es de interés destacar aquí, que ambos profesores realizaron una visita al Laboratorio de Historia Natural de París donde trabajaba la doctora François Vienot, poniendo al grupo de investigación en contacto con la misma fruto del cual fue la estancia de un miembro del departamento en su laboratorio. Con posterioridad las conexiones con la doctora Vienot se multiplicaron dando lugar a colaboraciones muy fructíferas. En este mismo sentido, es de destacar la fuerte conexión con la Fundación italiana Giorgio Ronchi, cuya directora, Lucia Ronchi, fue siempre una fuerte valedora del grupo granadino con el que mantuvo una gran relación fruto de la cual fue el nombramiento del profesor Hita como miembro del comité editorial de la revista *Atti* de la Fondazione Giorgio Ronchi. Algo similar se puede decir del Dr. Caivano del grupo argentino del color, artífice de muchas actuaciones conjuntas y de la propuesta del profesor Hita como Miembro de Honor del grupo argentino.

Posteriormente, durante el año 1991, el Dr. Melgosa obtuvo, por concurso también, la plaza Catedrático de Escuela Universitaria, titulación equivalente a la de Profesor Titular de Universidad.

Durante este mismo periodo de tiempo en el que estuvieron los estudios de óptica integrados en el departamento de Física Aplicada, se dotaron en esta misma área de conocimiento y departamento varias cátedras de universidad en el área de Física Aplicada, una de ellas con el perfil de Óptica a la que concursó el profesor Hita logrando su acceso al cuerpo de catedráticos de universidad en el área de conocimiento de Física Aplicada en el año 1986, pasando a serlo de Óptica en 1993 al producirse la nueva reestructuración de áreas de conocimiento.

La potencialidad que adquiriría el grupo con estas nuevas dotaciones originó el acercamiento al mismo de un elevado número de licenciados con la idea de realizar en él sus trabajos de licenciatura y la publicación de los resultados que se obtenían en los mismos, muchos de los cuales se integrarían después en otros departamentos o evolucionaron a otros niveles de la docencia o investigación, tal fue el caso de los licenciados Vida Manzano, Rubiño López, Olmo Reyes, Cabrerizo Vílchez, Gómez Casero, López Lafuente y otros.

Es importante reseñar aquí, y en este sentido, la importancia que tuvo la proyección hacia Granada de la conexión con el Dr. De la Cruz Castillo, pues, tiempo después, este profesor donó a la misma un colorímetro de estímulos espectrales tipo Whright que el mismo había diseñado y construido y que había sido la base para la realización de la tesis doctoral del profesor Álvarez-Claro. Este dispositivo fue de gran utilidad para la realización de algunos trabajos de investigación en el departamento. Lamentablemente, este colorímetro, debido a la falta de responsabilidad de algunas personas, no está en la actualidad operativo.

El entonces vicerrector de investigación Pascual Rivas Carrera que, como hemos indicado fue una persona clave en la evolución de los estudios de Óptica granadinos y de la óptica oftálmica española, pues no en vano había sido autor de la célebre “lechuga” de los mismos (se popularizaron así, por el color verde de su carátula, los proyectos de reforma de las titulaciones universitarias), seguía muy de cerca la evolución del joven grupo de investigación observando como los resultados de sus trabajos se publicaban en revistas especializadas de muy alto impacto, cobrando con ello cuerpo en la investigación nacional e internacional, lo que acrecentó su empeño por potenciar su desarrollo. Después supimos que en esto tuvo también mucho que ver el profesor Indurain de la universidad madrileña.

Como resultado de esta situación el vicerrector Rivas tomo la decisión de sugerir al equipo rectoral la implantación en Granada de una diplomatura en Óptica integrada en la Facultad de Ciencias, ello basándose en la circunstancia de que los trabajos y líneas de investigación que se desarrollaban en el grupo entraban dentro de la Óptica Fisiológica y de la Visión. El entonces rector Vida Soria, muy sensible con esta idea, hizo suya la propuesta llevándola a la Junta de Gobierno de la Universidad. El proyecto

fue aprobado por la Junta de Gobierno, el claustro de la Universidad y tuvo el beneplácito del Consejo Social, creándose en el año 1989 la diplomatura e implantándose los estudios, cuyas enseñanzas dependían fundamentalmente del departamento de Física Aplicada y recayendo sobre el grupo de óptica del mismo. El Rector Vida Soria comunicó al profesor Hita el resultado de la tramitación en carta personal.

Esta creación e implantación de la diplomatura de Óptica requirió un esfuerzo muy considerable por parte del rectorado en lo que a infraestructura se refiere, pues se necesitaban unos locales apropiados para ubicar unos laboratorios de docencia ciertamente especializados, además de una dotación económica de importancia para dotarlos del instrumental necesario. La ubicación de tales laboratorios se llevó a cabo en un amplio espacio en los sótanos de la facultad dedicado a la realización de exámenes masivos, de ahí su denominación de “examinatorio”, que daba a la actual calle de Adolfo Rancaño y ahí continúan en la actualidad.

En todo este proceso, la gerencia de la universidad, entonces a cargo del profesor Álvarez de Manzaneda Roldán, jugó un papel decisivo, no escatimando ni recursos ni empeño en su realización. También debe considerarse aquí la inestimable ayuda al respecto que ejerció una entidad ya desaparecida, *Amigos de las Escuelas de Óptica*, que aportó recursos económicos de importancia al proyecto y la colaboración de las casas comerciales que facilitaron la adquisición del material en unas condiciones ciertamente favorables.

Aquella fuerte ampliación de competencias y responsabilidades vino a abrir nuevas perspectivas de desarrollo al joven grupo de investigación pero también le obligaba a abrir las puertas del Departamento a profesionales especializados en las disciplinas más clínicas (figura 8) como podían ser la Optometría, la Patología, la Farmacología o la Anatomía, y también las más aplicadas como la Estadística o la Informática, o bien adscribir asignaturas a otros departamentos.

El profesor Hita fue nombrado coordinador de los nuevos estudios cargo que desempeñó hasta el año 1993 en el que, tras la nueva reestructuración de las áreas de conocimiento y la recreación del Departamento de Óptica, pasó a ocupar la dirección del mismo ejerciendo como secretario el profesor Jiménez del Barco, siendo sustituido el profesor Hita en la coordinación de los estudios de óptica por el profesor Romero Mora.

La dirección del nuevo departamento de óptica que asumiera el profesor Hita en 1993, se prolongó hasta finales de 1999, año en el que pasó a ocupar el Decanato de la Facultad de Ciencias, siendo sustituido en la dirección del departamento por el profesor Jiménez del Barco Jaldo. El cargo de decano de la Facultad de ciencias lo desempeñó el profesor Hita hasta el año 2008 en el que pasó a hacerse cargo de la oficina del Defensor Universitario en donde realizó su labor hasta el año 2015, fecha en la que se le concedió la Medalla de Oro de la Universidad de Granada y en la que se reincorporó totalmente a su departamento.

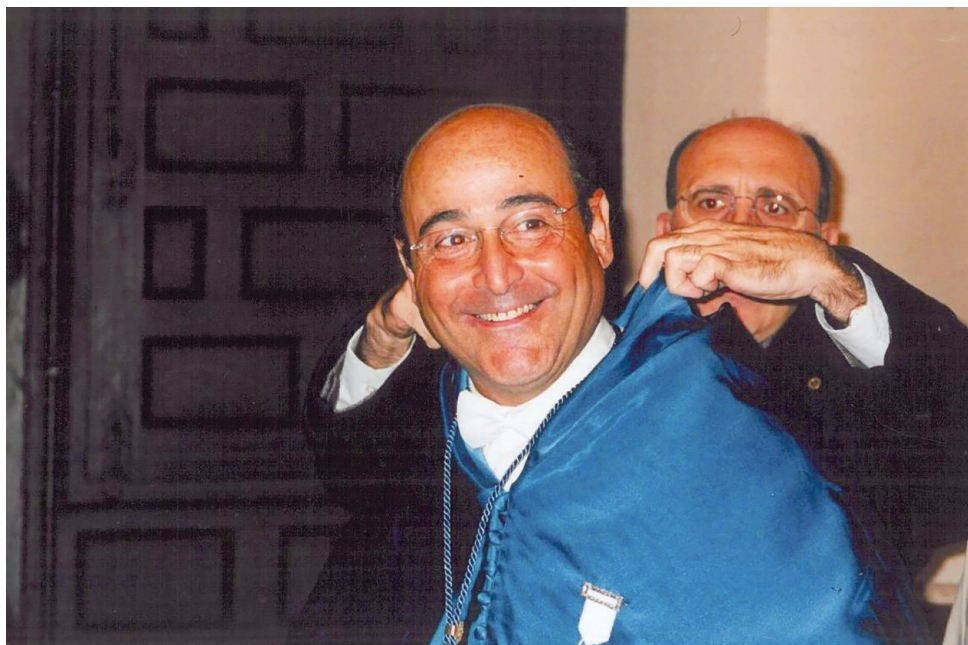


Figura 8. La oftalmología ayuda.

De hecho, la incorporación del profesor Hita a la oficina del Defensor Universitario, se produjo poco después de que el Rectorado de la Universidad de Granada recayera en el profesor González Lodeiro, catedrático de Geodinámica en la facultad de Ciencias, el cual apoyó sin reservas tal incorporación llevándola al claustro para su votación y, además, echó mano en la conformación de su equipo de gobierno del profesor Jiménez del Barco para ocupar el vicerrectorado de Ordenación Académica y Profesorado y del profesor Romero Mora para la dirección del Centro de Instrumentación Científica, cargos que desempeñarían hasta 2015 y 2023 respectivamente.

La creación de los estudios de Óptica vino a suponer para el departamento, ya lo hemos dicho, nuevas competencias, obligaciones y responsabilidades, pero también supuso un fortísimo enriquecimiento en varios sentidos. En primer lugar, favoreció la conexión con el mundo profesional y empresarial de la Óptica Oftálmica (figura 9), llegando a convertirse, a petición de aquel, en el motor nacional para la unificación de titulaciones en el mismo, creando una enseñanza propia en la universidad de Granada que posibilitó tal unificación hacia el título único de Óptico Optometrista (figura 10) y que trajo hacia nuestra universidad a más de mil quinientos titulados por planes de estudios anteriores de otras universidades y centros de docencia (figura 11). El apoyo recibido desde el Colegio de Ópticos Andaluz dirigido entonces por Juan Suazo, así como por el Colegio Nacional de Ópticos en la persona de su decano José Luis Collado, resultaron ser trascendentales en todo el proceso. Aquella iniciativa supuso



Figura 9. Relaciones con la profesión.



Figura 10. Contribución a la unificación de títulos.



Figura 11. Los ópticos españoles vienen a Granada.

un esfuerzo adicional para el departamento y originó controversias con otras escuelas universitarias y facultades que se oponían a tal proyecto a excepción de la Escuela Universitaria de Óptica de Alicante.

Los nuevos estudios junto a los ya adscritos inicialmente al departamento exigían la incorporación de nuevos profesionales que cubriesen las obligaciones existentes y las que se iban generando como consecuencia de la implantación sucesiva de los diferentes cursos del plan de estudios. Pero, es más, la reestructuración nacional de las enseñanzas universitarias producida en el año 2001 con la promulgación de la Ley Orgánica de Universidades, transformaba todas titulaciones anteriores en los nuevos grados con una duración de 4 años, a excepción de los casos sometidos a directrices específicas europeas.

La diplomatura en Óptica y Optometría pasaba así a Grado en Óptica y Optometría aumentando en 1 año su duración, lo que, en principio, venía a suponer un posible aumento en las necesidades docentes. Junto a ello, además de los estudios en Física, el departamento fue y es partícipe, en la docencia de los estudios de Química, Ingeniería Química, Ingeniería Electrónica, e Ingeniería en Telecomunicaciones. Se fueron incorporando, así, un conjunto de profesionales que ocupaban con carácter de interinidad las plazas que se iban dotando y que, con el paso del tiempo se estabilizaban en las mismas participando en los concursos de acceso que se iban convocando o, incluso, se promocionaban a niveles superiores de competencia por el mismo procedimiento.

Este aumento progresivo de personal docente e investigador y de líneas de investigación asociadas al mismo, generaba también un problema que, con el tiempo, se agudizaría originando situaciones de difícil resolución. Era el problema de la ubicación de ambas cosas, pues, si bien los problemas de los laboratorios de docencia estaban en buena medida resueltos, la ubicación del profesorado y de sus laboratorios de investigación se hacía cada vez más agobiante.

En efecto, si bien el grupo inicial de 4 personas se ubicaba en los locales del Departamento de Física Fundamental en la segunda y tercera planta del bloque 3 de la sección de Químicas con bastante desahogo. Al crearse los estudios de Físicas y construirse el nuevo pabellón de esta titulación, hubieron de trasladarse a este y, el recientemente creado departamento de óptica se ubicó en aquellos locales disponiendo en principio de espacios suficientes. No obstante, con la creación de los estudios de óptica y la dotación de las plazas asociadas a los mismos y adscritas al nuevo departamento se originó una situación en la cual se hacía necesario instalar laboratorios de investigación y despachos de profesorado en sótanos, algunos sin ventilación, llegándose a límites de tener que ubicar en un solo despacho hasta 5, y más, profesores. Aquella situación se hacía insostenible y entraba en coincidencia con situaciones similares de otros departamentos, incluido el de Física Aplicada.

La Facultad globalmente sufría problemas parecidos en lo que a dotación de aulas se refería originándose conflictos de horarios de docencia de envergadura. Todo ello dio pie a que el por entonces decano, profesor Hita, iniciara un proceso de remodelación

de espacios en toda la facultad para lo que hubo de contar con la colaboración del rectorado, a cargo entonces del profesor Aguilar Peña que, entendiendo la situación, arropó las iniciativas que se estaban tomando dotando las subvenciones necesarias para llevarlas a cabo. Entre estas iniciativas se encontraban la construcción de un nuevo aula para la Facultad y la remodelación del llamado Edificio Mecenas, de forma que la primera y segunda planta del mismo fueran ocupadas por los departamentos de Física Teórica y del Cosmos y de Parasitología así como el de Óptica, lo que vino a resolver el problema que se venía generando con el aumento progresivo del profesorado.

Y es que, en lo concerniente a cubrir las necesidades iniciales en los aspectos físicos de la formación, se fueron produciendo las siguientes incorporaciones: José A. García García, licenciado en físicas, en la actualidad catedrático de universidad; José Ramón Jiménez Cuesta, licenciado en físicas, en la actualidad catedrático de universidad; Manuel Rubiño López, licenciado en físicas, en la actualidad catedrático de universidad; Francisco Pérez Ocón, licenciado en físicas, en la actualidad catedrático de universidad; María del Mar Pérez Gómez, licenciada en físicas, en la actualidad catedrática de universidad; Antonio García Beltrán, licenciado en físicas, en la actualidad profesor titular de Universidad; Juan L. Nieves Gómez, licenciado en físicas, en la actualidad catedrático de universidad; Javier Hernández Andrés, licenciado en físicas, en la actualidad catedrático de universidad; José A. Díaz Navas, licenciado en Físicas, en la actualidad catedrático de universidad; Ana Yebra García, licenciada en físicas, en la actualidad profesora titular de universidad; Juan A. Martínez Ferrer, licenciado en físicas, en la actualidad profesor titular de universidad jubilado; Ana Carrasco Sanz, licenciada en físicas, en la actualidad profesora titular de universidad; Carlos Salas Hita, licenciado en físicas, en la actualidad profesor contratado doctor.

En lo que respecta a las necesidades para la formación optométrica, se incorporaron inicialmente: Daniel Serrano Laborda, médico oftalmólogo, en la actualidad tras su excedencia como profesor titular de universidad, profesor asociado jubilado; Javier Bermúdez Rodríguez, médico oftalmólogo, en la actualidad profesor titular de universidad jubilado; Francisco Santoyo Santoyo, licenciado en farmacia y óptico optometrista, en la actualidad profesor asociado jubilado; José Luis Olivares Jiménez, licenciado en químicas y óptico optometrista, en la actualidad profesor titular de universidad jubilado; Rosa García Monlleó, óptica optometrista y licenciada en biológicas y en la actualidad profesora titular de universidad jubilada; Juan J. Durbán Fornieles, licenciado en farmacia y óptico optometrista, en la actualidad profesor titular de universidad jubilado; M^a José Rivas Bravo, óptica optometrista con grado de doctor, en la actualidad profesora titular de universidad; M^a José Velasco Cabrera, licenciada en farmacia y óptica optometrista, en la actualidad profesora titular de universidad jubilada.



Figura 12. Grupo de profesores de la etapa intermedia.

Un apartado importante de incorporaciones lo constituyó un grupo de profesores que, siendo licenciados en físicas, cursaron los estudios de óptica y optometría. Esta situación se produjo por el doble empeño del director inicial de departamento, profesor Hita, de que los profesores de las asignaturas de contenido físico fueran expertos en la titulación a la que iban dirigidas y, por otro, de que los ópticos optometristas pudieran ser responsables de su propia investigación al tener también una licenciatura y, por ello, acceso al doctorado. Lógicamente, esta última situación desapareció con la implantación del grado. Entre ellos se encontraban: Eva Valero Benito, licenciada en físicas y óptica optometrista, en la actualidad profesora titular de universidad; Rosario González Anera, licenciada en físicas y óptica optometrista, en la actualidad catedrática de universidad; Rafael Huertas Roa, licenciado en físicas y óptico optometrista, en la actualidad profesor titular de universidad; Antonio Pozo Molina, licenciado en físicas y óptico optometrista, en la actualidad profesor titular de universidad; Luis Gómez Robledo, licenciado en físicas y óptico optometrista, en la actualidad profesor titular de universidad; José J. Castro Torres, licenciado en físicas y óptico optometrista, en la actualidad profesor titular de universidad; Razvan Guinea, licenciado en físicas y óptico optometrista, en la actualidad profesor titular de universidad; Ana Ionescu, licenciada en físicas y óptica optometrista, en la actualidad profesora titular de Universidad.

Finalmente se considera la relación de las incorporaciones al departamento de profesores provenientes de nuestra propia titulación, es decir de ópticos optometristas por la universidad de Granada, entre ellos: M^a Angustias Pérez Fernández, óptica optometrista y en la actualidad profesora titular de EU jubilada; Raimundo Jiménez Rodríguez, licenciado en biológicas y óptico optometrista, en la actualidad catedrático de universidad; Luis Gómez Martín, óptico optometrista y en la actualidad profesor asociado jubilado; Carolina Ortiz Herrera, óptica optometrista con grado de doctora,

en la actualidad profesora titular de universidad; Juan de la Cruz Cardona Pérez, óptico optometrista con grado de doctor, en la actualidad profesor titular de universidad; M^a del Mar Lázaro Suarez, licenciada en farmacia y óptica optometrista, en la actualidad profesora titular de universidad; Margarita Soler Fernández, óptica optometrista con grado de doctor y en la actualidad profesora contratada doctora.

Debe tenerse en cuenta que en estas relaciones y situaciones académicas se ha excluido la denominación de catedrático de escuela universitaria por haberse considerado oficialmente equivalente a la de profesor titular de universidad que, en su caso, es la consignada.

Hemos indicado que, en lo concerniente a las responsabilidades de gestión del departamento y titulación se refiere, en las primeras etapas fueron desempeñadas por la terna de profesores inicial. No obstante, el conjunto de profesores que se iban integrando en el departamento y titulación lo hacían en todos los sentidos y la gestión no les fue en absoluto ajena por lo que se integraban sucesivamente en tales responsabilidades.

La relación cronológica de profesores, pues, que asumieron y asumen la dirección del departamento fueron: Enrique F. Hita Villaverde, Luis M. Jiménez del Barco Jaldo, Manuel Rubiño López, Rosario González Anera, Antonio Pozo Molina y, en la actualidad, Rafael Huertas Roa.

Y con respecto a la Coordinación de diplomatura y grado: Enrique F. Hita Villaverde, Javier Romero Mora, Manuel Melgosa Latorre, M^a del Mar Pérez Gómez, Francisco Pérez Ocón, José A. García García, Rafael Huertas Roa y, en la actualidad, Luis Gómez Robledo.

Pero el departamento de óptica de la universidad de Granada es un ente vivo y dinámico que no se estanca (estancarse en la universidad significa la muerte), por lo que se siguen produciendo nuevas incorporaciones entre las que podemos considerar: a) como profesores titulares de universidad: Jesús Vera Vélchez; b) como profesores ayudantes doctores: Mirian Casares López, Sonia Ortiz Peregrina, Beatriz Redondo Cabrera, Javier Ruiz López, Miguel A. Martínez Domingo y Rubén Molina Romero; c) Investigadores del programa de investigación Ramón y Cajal: Aitor Marzo Rosa; d) como profesores sustitutos interinos: María Tejada Casado y Pilar Granados Delgado; e) becarios FPU: Ana Belén López Baldomero; e) Investigadores contratados con cargo a proyecto: M^a Dolores Moreno Aguilar, Pablo Peña García y Ramón Fernández Espinar.

En la figura 13 se encuentra una gran parte del profesorado e investigadores de esta última etapa.

En relación con el PAS asociado al mismo, los profesionales que se han encargado de la secretaría fueron las siguientes: Antonio José Millán Gómez, Antonio García Borrallo, María Teresa Cáceres García, Davinia Cano Gordo, María Luisa Ibáñez Gutiérrez y Beatriz Esteban Molina. Y como técnicos especialistas de laboratorio: David Anguita Vallejo, Peter Macko y Yolanda Madrid Fernández.



Figura 13. Las nuevas generaciones disputando un partido de fútbol.

Nos encontramos pues ante un departamento que, inicialmente estaba formado por cuatro personas y que con el paso de los años lo conforman más de cincuenta de los cuales 15 al menos tienen, o han tenido, el nivel de catedráticos de universidad.

Las líneas de investigación, sobre las cuales se ha descrito con mayor detalle la génesis de los aspectos relacionados con la Colorimetría y la Física de la Visión, se han ampliado y diversificado enormemente a partir de la evolución de la misma y de la apertura por parte de los miembros del departamento a otros campos de la óptica. Dentro de esta obra, se puede encontrar una descripción más detallada en el capítulo destinado a grupos de investigación, concretamente el FQM-151 del Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Junta de Andalucía (PAIDI). Todo ello ha dado lugar una significativa extensión de las relaciones nacionales e internacionales del departamento con otras universidades y grupos de investigación.

Se puede afirmar, pues, que el departamento de óptica de la Universidad de Granada HA HECHO UNIVERSIDAD.

AGRADECIMIENTOS: Los autores desean expresar su agradecimiento a todos aquellos compañeros que han colaborado en la elaboración de este documento, en especial a los que asumieron la dirección y secretaría del mismo, la coordinación y secretaría de sus estudios así como a los técnicos de laboratorio y secretaría.



Investigación en Física en la UGR



GRUPOS PAIDI

PLAN ANDALUZ DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

Estrella FLORIDO NAVÍO¹

Por el decreto 278/1987, del 11 de noviembre, siendo D. Antonio Pascual Acosta el Consejero de Educación y Ciencia, la Junta de Andalucía crea la Comisión Interdepartamental de Ciencia y Tecnología y establece el I Plan Andaluz de Investigación (PAI) (BOJA nº 104, de 12 de diciembre de 1987).

A partir de entonces se han ido definiendo y elaborando distintos planes de investigación por parte de la Junta, con el objetivo de cimentar y fomentar una infraestructura científico-técnica cuya consolidación y desarrollo se ha visto claramente beneficiada por estas convocatorias.

La primera convocatoria para la creación de grupos de investigación comenzó ya en estos primeros años. Con los grupos, el sistema de I+D se estructura aglutinando los recursos humanos, equipamientos técnicos y estructuras organizativas básicas, independientemente de su adscripción institucional o ámbito de conocimiento, lo que ha dado estabilidad a estas estructuras, además de fomentar la interdisciplinariedad tan necesaria en investigación, básica y aplicada.

Relacionados con la docencia en Física en la UGR hemos contabilizado un total de 25 grupos de investigación:

- 14 FQM (Física, Química y Matemáticas)
- 7 TIC (Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones)
- 2 RNM (Recursos Naturales y Medioambiente)
- 1 TEP (Tecnologías de la Producción)
- 1 HUM (Humanidades)

A continuación presentamos un breve resumen de la mayoría de ellos. No se trata de enumerar los logros, tanto colectivos como personales, que se han conseguido en cada uno. La calidad y cantidad de la investigación en la rama de la Física en la UGR está más que validada. Hemos intentado hacer una muy breve descripción de la historia y principales intereses de estos grupos, de forma que, si alguien está interesado en un mayor conocimiento, pueda ver toda la información en los enlaces que se proporcionan.

1. Para la elaboración de este capítulo, Estrella Florido ha recopilado la información aportada por los responsables de cada grupo.



ÍNDICE DE GRUPOS PAIDI

FQM-020 Física y química de la información	149
FQM-101 Física teórica (partículas elementales)	151
FQM-108 Astrofísica	153
FQM-115 Física de fluidos y biocoloides	155
FQM-144 Física de interfases y sistemas coloidales	157
FQM-151 Grupo de Óptica de Granada (GOG)	160
FQM-165 Física estadística y de los sistemas complejos	163
FQM-207 Física atómica y molecular	165
FQM-220 Estructura atómica y molecular	167
FQM-225 Física nuclear a energías intermedias	169
FQM-292 Evolución estelar y nucleosíntesis	171
FQM-387 Física fundamental y aplicaciones (FFAP)	174
FQM-400 Magnetic soft matter group	176
HUM-613 Didáctica de las ciencias experimentales y de la sostenibilidad	178
RNM-104 Sismología y geofísica	180
RNM-119 Física de la atmósfera	181
TIC-104 Sistemas, señales y ondas	184
TIC-105 Grupo de investigación en dispositivos electrónicos	186
TIC-127 Técnicas digitales (DiTEC, Digital TEChniques)	188
TIC-131 Electromagnetismo	190
TIC-190 Electrodinámica de fenómenos transitorios	192
TIC-216 Nanoelectrónica – Laboratorio singular de nanoelectrónica, grafeno y materiales bidimensionales	194
TIC-250 Pervasive Electronics Advanced Research Laboratory (PEARL)	197

FQM-020 FÍSICA Y QUÍMICA DE LA INFORMACIÓN

DATOS DE GRUPO

Periodo de Actividad: 2011 a 2021

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

El grupo ‘Física y Química de la Información’ inicia su actividad en enero de 2011, constituido inicialmente por 4 investigadores doctores, cuyo principal nexo era el interés por las aplicaciones de la Teoría de la Información en diferentes campos, particularmente en Física y en Química, aunque con el imprescindible soporte de los fundamentos aportados en el ámbito de las Matemáticas. Es por ello que el vínculo entre los investigadores iniciales era su adscripción al Instituto Interuniversitario Carlos I de Física Teórica y Computacional, más allá de la pertenencia a diferentes universidades a nivel nacional e internacional. De hecho, el único investigador del grupo que desarrollaba su actividad docente en la Universidad de Granada era su Coordinador, Juan Carlos Angulo, entonces PTU de Física Atómica, Molecular y Nuclear en el Departamento del mismo nombre, y CU en el mismo área desde 2017. Los otros 3 investigadores provenían de la Universidad de Zaragoza (Juan Antolín), la Universidad Politécnica de Madrid (Alejandro Zarzo), y la Universidad Autónoma Metropolitana de México D.F. (Rodolfo Octavio Esquivel). La incorporación de otros miembros de la Universidad de Granada se inició poco después con Peter Alexander Bouvrie, inicialmente como Titulado Superior y posteriormente como Doctor por la Universidad de Granada, al igual que con Adrián López Martín, pocos años después.

Desde su origen era evidente el carácter multidisciplinar del grupo FQM-020, poniendo de manifiesto el significado de las siglas en su nombre, atendiendo a las titulaciones en Física de 2 de sus primeros miembros, y en Matemáticas y en Química respectivamente de los otros dos. Ello ha posibilitado el desarrollo de numerosas aplicaciones inexploradas desde su inicio, con un notable ‘trasvase de contenidos’ entre las diferentes disciplinas mencionadas. De hecho, la única razón para el cese de la actividad del grupo ha sido el cambio de institución en el caso de algunos miembros, o su jubilación en el de otros. No obstante, tanto el Coordinador como alguno de los participantes mantiene su vinculación con otros Grupos de Investigación del PAI, y/o con el Instituto Interuniversitario Carlos I de Física Teórica y Computacional.

La notable coordinación entre todos los componentes del Grupo FQM-020, así como el interés por extender los ámbitos de investigación y reforzar los vínculos entre ellos, ha dado lugar a numerosos resultados dentro de los objetivos del grupo, e incluso más allá de ellos gracias a la colaboración adicional con otros investigadores externos. Así se ha puesto de manifiesto durante todo el periodo de actividad desde 2011 hasta

2021, con la difusión mediante numerosas publicaciones y contribuciones a congresos, en los marcos nacional e internacional.

Asimismo cabe destacar que la incorporación de nuevos miembros ha posibilitado el desarrollo y conclusión de sus respectivas Tesis Doctorales, entre otras. En la correspondiente actividad investigadora han jugado un papel fundamental las diferentes estancias en otros centros de investigación internacionales, reforzando así la colaboración en los ámbitos de interés común con los miembros del grupo, y abriendo nuevas líneas con objetivos no planteados hasta entonces.

La financiación recibida por el grupo FQM-020 ha sido compatible y complementaria con la de otras fuentes a nivel nacional e internacional, principalmente mediante el desarrollo de proyectos de investigación o la gestión de ayudas universitarias. Al respecto merece especial mención la participación de los miembros del grupo en numerosos proyectos autonómicos, nacionales e internacionales, en ocasiones como Investigadores Principales.

En el contexto docente, los diferentes miembros del grupo han desarrollado su actividad principalmente en sus respectivas instituciones universitarias, en los niveles de Grado y Posgrado. No obstante, se han establecido diferentes vínculos en la impartición de materias de Posgrado en la Universidad de Granada, principalmente en el marco del Programa en Física y Matemáticas 'FisyMat', habida cuenta de la estrecha relación entre algunos de los contenidos impartidos en dicho programa, y las materias propias de la investigación común dentro del Grupo. De este modo, se ha establecido una conexión directa entre la investigación y la docencia en los niveles académicos superiores.

Más allá del periodo 2011-2021 de actividad del grupo, algunos de sus miembros siguen desarrollando y promocionando notablemente la investigación, usualmente en el contexto de diferentes colaboraciones con otros investigadores, en los ámbitos nacional e internacional.

RESULTADOS DESTACADOS

- Publicaciones en diferentes revistas de alto impacto en diversas categorías, e.g. *Physical Review A*, *Journal of Physics A* y *B*, *Journal of Chemical Physics*, *Physics Letters A*, *Chemical Physics Letters*, *Physica A*, *Molecular Physics*, *Journal of Physical Chemistry A*, *International Journal of Quantum Chemistry*...
- Colaboración con diversas editoriales para la promoción de libros y números especiales de diferentes revistas.
- Organización de seminarios y jornadas científicas.
- Participación en congresos internacionales, en ocasiones como Ponentes Invitados.

— Publicaciones de libros, en el ámbito docente, por editoriales de prestigio.

FQM-101 FÍSICA TEÓRICA (PARTÍCULAS ELEMENTALES)

DATOS DE GRUPO

Página web: <https://ftae.ugr.es>

Componentes actuales: M.E. Gámiz (responsable), M. Bastero, A. Bueno, A. Carmona, F. Cornet, M. Chala, J.C. Criado, J. de Blas, A. Djouadi, J. Fuentes, D. García, I. Grau, J.I. Illana, B. Janssen, M. Masip, S. Navas, J. Olmedo, M. Pérez-Victoria, R. Pittau, P. Sánchez, J. Santiago, R. Vega y B. Zamorano.

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

El grupo Física Teórica de Altas Energías (Partículas Elementales) existe con esta denominación desde 1995, pero forma parte del PAIDI de la Junta de Andalucía como grupo 1201 desde 1990, con 4 miembros inicialmente: F. del Águila (fundador y responsable hasta su reciente jubilación), F. Cornet y dos doctorandos que hoy son miembros permanentes. En la actualidad es uno de los mayores grupos de España de esta especialidad, al que se han ido incorporando hasta 16 investigadores a través de programas altamente competitivos de atracción de talento, incluyendo 7 contratos Ramón y Cajal. Desde 2016 el grupo ha sido reconocido como Unidad Científica de Excelencia "Física Teórica" por la Universidad de Granada.

El Grupo acoge habitualmente investigadores visitantes de prestigiosas instituciones, cuenta con varios investigadores postdoctorales contratados y contribuye activamente a la formación de estudiantes de doctorado. Del orden de 30 tesis doctorales se han dirigido en su seno, algunas de ellas en cotutela con otras universidades europeas.

Sus líneas de investigación son muy variadas, abarcando la física experimental de neutrinos, la fenomenología de partículas y astropartículas, la relatividad general, la cosmología, los cálculos perturbativos y no perturbativos y aspectos formales de teoría cuántica de campos. Entre los temas en los que se han hecho aportaciones relevantes se encuentran:

- Test de precisión del Modelo Estándar.
- La construcción de modelos de nueva física que puedan explicar anomalías observadas o resolver algunas de las limitaciones del Modelo Estándar, tanto en el sector de quarks como en el de leptones.
- La exploración sistemática de ajustes globales a datos experimentales de colisionadores de partículas y su implicación en modelos de nueva física en el marco de las teorías de campo efectivas.

- La construcción de modelos de inflación cósmica templada.
- La resolución de problemas abiertos en el sector de neutrinos y sus implicaciones en física de partículas y cosmología.
- El estudio de las astropartículas, rayos cósmicos, neutrinos, materia oscura y ondas gravitacionales, tanto a nivel fenomenológico como experimental, que ponen a prueba nuestros modelos teóricos y son los nuevos mensajeros del cosmos.

Sus miembros pertenecen o han pertenecido a grandes colaboraciones internacionales: la Fermilab Lattice collaboration para cálculos de QCD en el retículo; la colaboración ATLAS del LHC, el mayor acelerador de partículas del mundo, en el CERN; el Particle Data Group, que elabora el Review of Particle Physics, un compendio de medidas y búsquedas de la física de partículas; la colaboración Pierre Auger, del mayor observatorio de rayos cósmicos del mundo, en Argentina; las colaboraciones ANTARES y KM3NeT, telescopios de neutrinos bajo el mar Mediterráneo; las colaboraciones SBND y DUNE de física de neutrinos en el Fermilab; la colaboración LISA de la NASA y la ESA para detectar ondas gravitacionales en el espacio.

RESULTADOS DESTACADOS

El Grupo se dedica a la investigación básica, que no busca aplicación práctica inmediata sino la generación de conocimiento. Sus resultados se miden en términos de la calidad y el impacto de las publicaciones científicas y el grado de visibilidad internacional de sus miembros. Como muestra:

- Nuestras publicaciones en revistas de máximo índice impacto acumulan decenas de miles de citas, como la serie bianual del Review of Particle Physics y numerosos artículos en Physics Reports, Physical Review, Journal of High Energy Physics, Astrophysical Journal, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, entre otros.
- Los resultados se presentan y debaten en congresos y reuniones internacionales especializados de primer nivel, como la European Physical Society Conference, la International Conference on High Energy Physics, el Hadron Collider Physics Symposium, los Rencontres de Moriond, por citar solo algunos.
- Además, los miembros del Grupo se hallan muy implicados en actividades de divulgación de física de partículas, relatividad y cosmología, como la Semana de la Ciencia, el Aula Científica Permanente, el Aula Permanente de Formación Abierta (para mayores), cursos y conferencias en el Parque de las Ciencias, charlas en centros de educación secundaria, reuniones de

divulgadores científicos, libros de divulgación, intervenciones en medios de comunicación y diversos eventos.

ACTIVIDADES ORGANIZADAS

El Grupo organiza congresos y reuniones científicas relacionadas con sus líneas de investigación. En los últimos años destacan el International Linear Collider Workshop (LCWS 2011), el 35th International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2017), la 22nd International Conference from the Planck Scale to the Electroweak Scale (Planck 2019) y el CERN Council Open Symposium on the Update of European Strategy for Particle Physics (2019). También se organizan varios encuentros anualmente sobre temas diversos (física del bosón de Higgs, teorías de campos efectivas, astropartículas, cosmología) y se celebran regularmente los FTAE Christmas Workshops. Sus miembros organizan o son invitados habitualmente a impartir conferencias y clases en talleres y escuelas especializadas como el International Meeting on Fundamental Physics y el Taller de Altas Energías (TAE) y también participan activamente en cursos en otras universidades y escuelas de verano.

FQM-108 ASTROFÍSICA

DATOS DE GRUPO

Página web: <https://www.ugr.es/~astrofisica/index.html>

<https://produccioncientifica.ugr.es/grupos/23401/detalle>

Componentes actuales: E. Florido (responsable), E. Battaner, A. Zurita, J. Jiménez, U. Lisenfeld, M. Relaño, I. Pérez, S. Verley, T. Ruiz, D. Espada, L. Sánchez y J. Domínguez.

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

El grupo Astrofísica comenzó su andadura, con solo 3 componentes, cuando se constituyeron los grupos PAIDI de la Junta de Andalucía (JA), en el año 1989. Es, por tanto, un grupo estable y duradero, aunque lógicamente ha experimentado variaciones en su composición y sus fines. Su Coordinador inicial fue Eduardo Battaner, hoy Profesor Emérito, y actualmente es Estrella Florido, CU de Astronomía y Astrofísica del Departamento de Física Teórica y del Cosmos, departamento al que pertenecen los miembros actuales, además de al Instituto Interuniversitario Carlos I de Física Teórica y Computacional, en su Sección de Astrofísica, coordinada por E. Battaner.

En Granada, las posibilidades de investigación en astrofísica son excepcionales. En sus inmediaciones tenemos grandes instalaciones, como son el gran radiotelescopio de Pico Veleta (IRAM, operado por España, Francia y Alemania), el Observatorio Astronómico Hispano en Andalucía, CAHA, de Calar Alto (provincia de Almería) y el Observatorio de Sierra Nevada, además de uno de los más importantes centros de investigación del área (Instituto de Astrofísica de Andalucía, CSIC). Granada cuenta también con la dedicación divulgativa astronómica del Parque de las Ciencias. Es pues natural que la Universidad tenga una dedicación a la astrofísica, aprovechando el entorno tan favorable para esta investigación. El Grupo FQM 108 de la JA canaliza en buena parte la investigación astrofísica de la Universidad de Granada. Aunque pequeño, siempre ha sido un grupo de calidad en cuanto a publicaciones y resultados.

La investigación del Grupo se ha caracterizado por su profesionalización, su calidad técnica, su sentido de responsabilidad y su carácter imaginativo y soñador, como corresponde al objeto de su estudio: el Universo. Una de las investigaciones que lo han caracterizado es el magnetismo en el Cosmos. La magnetohidrodinámica de los medios interestelar, intergaláctico y pregaláctico ha sido motivo de atención a lo largo de toda su historia, más recientemente dedicada a la detección del campo magnético en el Fondo Cósmico de Microondas (CMB) gracias a su participación en la misión espacial PLANCK de la ESA (European Space Agency). La acción del grupo dentro de Planck ha consistido en aportación instrumental, gestión, explotación de los datos e interpretación teórica. Por ser esta radiación la más primitiva observada, muy próxima al Big-Bang, esta misión ha tenido una decisiva trascendencia cosmológica.

El Grupo ha contribuido con proyectos clave en la misión espacial HERSCHEL y ha utilizado observaciones procedentes de una gran cantidad de misiones espaciales en varias longitudes de onda. También es experto en observaciones con telescopios en tierra, tanto en radio como en la región visible del espectro electromagnético. Igualmente es destacable su labor científica en el gran proyecto CALIFA para la observación espectroscópica de un gran número de galaxias.

Se realizan interesantes investigaciones sobre la morfología y la evolución galáctica, sobre poblaciones estelares en galaxias y sobre el medio interestelar, polvo y gas, y su influencia en la formación estelar, siendo este uno de los grandes objetivos del Grupo. Se realizan también sorprendentes estudios sobre lentes gravitatorias y agujeros negros.

Otro objetivo destacable ha sido la estructura a gran escala del Universo. Fue fundamental ya en sus primeros pasos y está actualmente rejuvenecido y potenciado, como lo muestra el liderazgo de un ambicioso proyecto sobre los grandes vacíos del Universo y las características muy singulares de las escasas galaxias en su interior (CAVITY). También el Grupo contribuye a la gestión y ciencia de la nueva generación de instrumentos, como WEAVE o el futuro TARSIS.

La docencia universitaria a todos los niveles y un gran esfuerzo innovador de forma continua en la divulgación han sido objetivos fundamentales a lo que los miembros del Grupo conceden una capital importancia.

El Grupo tiene gran actividad investigadora y participa en numerosas colaboraciones internacionales con grandes perspectivas de futuro, como consecuencia, en buena medida, de la reciente incorporación de científicos destacados gracias a los diversos programas de incorporación, y a la larga experiencia de sus investigadores senior.

RESULTADOS DESTACADOS

- Publicaciones en las revistas de mayor impacto del área: *Astrophysical Journal*, *Astronomy & Astrophysics*, *Monthly Notices of royal Astronomical Society*, *Nature* (ver lista de publicaciones en www.ugr.es/~astrofisica).
- Participación en la misión espacial PLANCK
- Participación activa en proyectos de cartografiado (p.e. CALIFA, WEAVE-Apertif, HerM33es).
- Liderazgo en el proyecto CAVITY (Calar Alto Void Integral-field Treasury survey).
- Participación en la construcción de TARSIS (Tetra-ARmed Super-Ifu Spectrograph) y en el proyecto científico derivado, CATARSIS.

ACTIVIDADES ORGANIZADAS

Congresos y reuniones científicas relacionadas con las líneas de investigación.

Participación activa en actividades de divulgación sobre astronomía: Campus científico de verano, Semana de la Ciencia, Aula científica Permanente, etc.

FQM-115 FÍSICA DE FLUIDOS Y BIOCOLOIDES

El grupo de Física de Fluidos y Biocoloides es un equipo de investigación ubicado en el Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Granada, España, y cuya información puede encontrarse en <https://biocol.ugr.es/>.

El grupo comenzó en 1986, cuando dos jóvenes e inexperimentados investigadores, Francisco Javier de las Nieves López y Roque Hidalgo Álvarez, se unieron para crear un nuevo grupo de investigación centrado en el mundo de los coloides. El tiempo que pasaron en el laboratorio de Química Física de Coloides de la Universidad de Wageningen (Países Bajos) fue fundamental para familiarizarse con otras formas de trabajar, organizar investigaciones y pensar y actuar de manera diferente. También fue importante porque les puso en contacto con nuevos profesores de los cuales aprender innovadoras estrategias en la investigación que en ese momento se encontraba en la vanguardia del campo a nivel internacional.

Comenzaron prácticamente desde cero, pero pronto consiguieron proyectos del CICYT y contratos con empresas del sector de la biotecnología y aeroespacial, lo que permitió la incorporación de jóvenes investigadores para realizar sus tesis doctorales y ampliar y mejorar la infraestructura científica del grupo en el Departamento de Física Aplicada. Alrededor de 1990, se unieron los investigadores Miguel Ángel Cabrerizo Vílchez y María José Gálvez Ruiz, lo que abrió nuevas líneas de investigación para el grupo en el campo de las superficies y las interfases. Desde entonces, el grupo no ha parado de crecer hasta convertirse en uno de los grupos de investigación más grandes de la Universidad de Granada. En la actualidad está formado por 26 doctores y 5 estudiantes de doctorado.

El grupo cuenta por tanto con una rica trayectoria histórica que abarca más de tres décadas. A lo largo de los años, se han extendido las materias de estudio y se han realizado avances significativos en los campos de la física de coloides, de fluidos y de interfases, con un enfoque particular en el estudio de sistemas biológicos, materia blanda y fluidos complejos. Sus investigaciones han contribuido a la comprensión de las propiedades fundamentales y el comportamiento de sistemas coloidales, interfaces de distintos tipos y materiales nanoestructurados, con un amplio impacto en diversas áreas de aplicación, como biotecnología, ciencia de alimentos, ciencia de materiales y medio ambiente.

Como resultado de ese esfuerzo investigador, y de la colaboración con otros grupos de investigación y diversas entidades tanto a nivel nacional como internacional, se han defendido 87 Tesis Doctorales, se han publicado cerca de 800 publicaciones en revistas de alto impacto científico, y se ha conseguido una financiación de más de 8 millones de euros a través de más de 120 proyectos competitivos y contratos con empresas. Gracias a este trabajo, el grupo ha sido galardonado con diversos premios tanto a nivel colectivo como individual. Cabe destacar el Premio de investigación del Consejo Social de la Universidad de Granada a los Departamentos, Institutos y Grupos de Investigación que se distinguen especialmente en contratar investigación y actividades con Empresas e Instituciones, otorgado a nuestro grupo en la 1ª edición de estos premios (2002), así como el Diploma como finalista en la convocatoria de Premios a la implicación social con las Universidades Públicas de Andalucía, otorgado por el Foro de los Consejos Sociales de la Universidades Públicas Andaluzas en su primera edición, en 2008, por el proyecto “Hacer es la mejor manera de decir”.

El grupo de Física de Fluidos y Biocoloides también desempeña un papel activo en la enseñanza en la Universidad de Granada. Los miembros del grupo participan en cursos de grado y posgrado relacionados con los campos de la física, química, biotecnología y ciencia de materiales. Han guiado a un gran número de estudiantes en sus proyectos de investigación, lo que ha llevado a carreras exitosas tanto en la academia como en la industria.

Además de las actividades de investigación y enseñanza, el grupo siempre se ha caracterizado por su compromiso en la transferencia de conocimiento y experiencia al

sector industrial. Han participado en diversas iniciativas de transferencia tecnológica, incluidas colaboraciones y contratos con diferentes empresas, así como la creación de empresas derivadas. Estos esfuerzos han llevado al desarrollo de nuevos productos y tecnologías con aplicaciones prácticas, demostrando el compromiso del grupo por fomentar la innovación y abordar desafíos del mundo real.

Finalmente, el grupo de Física de Fluidos y Biocoloides ha participado (y participa) activamente en diversas acciones de divulgación científica, tanto a nivel profesional, mediante la organización de diversos congresos de nivel internacional, como acercando la investigación más a la sociedad. Los miembros del grupo presentan sus líneas de investigación anualmente en La Noche de Investigadores, el día de la Mujer y la Niña en la ciencia, la Semana de la Ciencia de Andalucía, en las jornadas de puertas abiertas del Parque de las Ciencias de Granada y en acciones formativas de Ciencia y Cocina. Entre los logros individuales se encuentran el premio de la Real Sociedad Española de Física por la Enseñanza y Divulgación de la Física y el Premio Ciudad de la Ciencia y la Innovación, entre otros.

En resumen, el grupo de Física de Fluidos y Biocoloides de la Universidad de Granada tiene una larga y distinguida historia de investigación, enseñanza e iniciativas de transferencia tecnológica. Sus importantes logros científicos, compromiso con la educación y esfuerzos colaborativos con la industria lo convierten en una fuerza líder en los campos de la física de coloides y fluidos.

FQM-144 FÍSICA DE INTERFASES Y SISTEMAS COLOIDALES

DATOS DE GRUPO:

Página web: https://intercolsys.ugr.es/datos_inicio/

Componentes actuales: Silvia Ahualli Yapur, Hirak Chatterjee, Ángel Delgado Mora, Alfredo Escribano Huesca, Juan de Dios García López-Durán, Cristina Gila Vílchez, Fernando González Caballero, Carlos Gutiérrez Ariza, Miguel Ibáñez García, Guillermo Iglesias Salto, María Luisa Jiménez Olivares, Marina Lázaro Callejón, Alberto León Cecilla, Modesto T. López López, Sergio Martín Martín, Sergio Orozco Barrera, Raúl Rica Alarcón, Laura Rodríguez Arco, Zhila Shaterabadi, Francisco J. Vázquez Pérez

Coordinador: Ángel Delgado Mora, adelgado@ugr.es

Fundación: 1983

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO:

El Grupo de Física de Interfases y Sistemas Coloidales se creó el 1 de enero de 1995. Desde su creación, el grupo fue liderado por el Profesor Fernando González

Caballero, hasta su jubilación definitiva en 2023. El coordinador actual es Ángel Delgado Mora, catedrático de Física Aplicada. En un principio, eran miembros del grupo todos los investigadores e investigadoras que, dentro del Departamento de Física Aplicada, se dedicaban a la investigación de la física de superficies e interfases, y, posteriormente, a la síntesis, caracterización y aplicaciones de lo que por aquel entonces se denominaban partículas coloidales, y que ahora se conocen más universalmente como nanoestructuras y sistemas de nanopartículas. Posteriormente, de este grupo emanaría el de *Física de Fluidos y Biocoloides*, también de gran significación en la investigación del Departamento de Física Aplicada y de la UGR en general.

El Grupo ha ido enriqueciendo y diversificando su actividad desde su creación. Pero el campo que ha guiado gran parte de esta tarea ha sido el de los llamados *fenómenos electrocinéticos*. En este ha recibido amplio reconocimiento internacional, que puede decirse se inició con el primer congreso internacional *Electrokinetic Phenomena* en Granada, en 1993. En la página de la International Electrokinetics Society se denomina “Electrokinetics I”, queriendo indicar que fue el primero de ámbito verdaderamente internacional. De hecho con él se iniciaron o reforzaron relaciones con investigadores de los grandes centros de investigación en este campo, como las Universidades de Milán, Lublin, Tucumán, Princeton, Rostock, o el Instituto de Investigación de Polímeros en Dresden.

Una línea de investigación que surgió de la búsqueda de aspectos más aplicados de la síntesis de nanopartículas fue la de las partículas (ferro- o ferri-) magnéticas. Los estudios iniciales se centraron en la magnetorreología, la ciencia y tecnología del flujo de fluidos con respuesta a campos magnéticos aplicados. Ello permitió relaciones con grupos de esta especialidad, en particular, el profesor Georges Bossis de la Universidad de Niza-Sophia Antipolis, en Francia. También nos dio la oportunidad de organizar el Congreso ERMER (*Electrorheological Fluids and Magnetorheological Suspensions*) en Granada, en 2014. Posteriormente, en 2023, el grupo lideró la organización del Congreso *International Conference on Magnetic Fluids*, también en Granada.

La aplicación biomédica no se hizo esperar. La posibilidad de usar este tipo de nanopartículas como agentes terapéuticos en la lucha contra el cáncer, en particular, como vehículos de transporte y liberación de fármacos y como mediadores de muerte celular por calentamiento mediante campos magnéticos alternos o haces láser IR ha supuesto una importante dedicación del grupo a este tipo de aplicaciones. También se nos invitó a organizar el Congreso NALS'2024 (*Nanomaterials Applied to Life Sciences*).

El uso de partículas magnéticas se ha considerado también en relación con la preparación de geles y elastómeros magnéticos para aplicaciones biomédicas y tecnológicas. En el ámbito biomédico se han desarrollado tejidos magnéticos mediante cultivo celular, así como hidrogeles magnéticos inyectables con potencial uso como medios para la inyección magnéticamente guiada de células. Desde el punto de vista tecnológico, se están investigando distintas aplicaciones de los hidrogeles y elastómeros magnéticos como actuadores y sensores con control remoto.

Gracias a colaboraciones con grupos de las Universidades de Milán y Milano-Bicocca, pudimos participar por primera vez en un Proyecto Europeo (CAPMIX, FP7) centrado en la posibilidad de obtener energía eléctrica a partir del cambio de salinidad de la disolución en contacto con dos superficies precargadas. Este proyecto supuso un salto cualitativo en las aportaciones del Grupo, así como el establecimiento de relaciones de colaboración con grupos de la Universidad Técnica de Wrocław y de la compañía Wetsus en Holanda. Después se ha continuado el trabajo y ampliado al proceso de desalinización de aguas salobres conocido como CDI (*Capacitive deionization*). Esta, podría decirse, es una nueva línea de investigación iniciada en el grupo, aunque, para ser precisos, no puede considerarse “nueva”. El estudio de las propiedades capacitivas de las interfases cargadas sólido/líquido para la obtención de energía por diferencia de salinidad o para separación de especies iónicas en disolución no son más que una aplicación de toda la investigación más fundamental desarrollada a lo largo de los años de vida de nuestro grupo.

De nuevo, gracias a la internacionalización, el grupo ha impulsado recientemente nuevas líneas de investigación destinadas a explorar el uso y control de nanopartículas como componentes integrantes de otros sistemas coloidales de mayor tamaño, como es el caso de micro-compartmentos. Con respecto a esto, cabe destacar las colaboraciones con el grupo del profesor Tommaso Bellini de la Universidad de Milán y una estancia en el grupo del profesor David A. Weitz en la Universidad de Harvard, que han inspirado una línea que combina técnicas electroópticas y microfluídicas para el acceso y control de la fenomenología asociada a nanopartículas y micropartículas en ambientes confinados, como los presentes en tecnologías *lab-on-a-chip*. De forma similar, gracias a la colaboración con el profesor Stephen Mann, líder en el campo de las protocélulas, estamos utilizando nanopartículas sensibles a campos de fuerzas externas para controlar de forma remota el comportamiento de micro-compartmentos inspirados en las mismas.

El Grupo ha conseguido varios proyectos de infraestructura del Ministerio de Ciencia e Innovación, que también han supuesto grandes avances. Así, los proyectos relacionados con la adquisición de reómetros de altas prestaciones, de un magnetómetro ac, de un microscopio óptico de alta resolución, o de una pinza óptica han traído consigo saltos cualitativos y avances en el desarrollo de nuevas líneas de investigación, relacionadas, respectivamente, con la reología, la física de nanopartículas magnéticas, o la fotónica y el estudio microscópico de partículas atrapadas. Como resultado, el grupo consiguió de la Facultad de Ciencias y de la propia Universidad de Granada nuevos laboratorios que progresivamente han evolucionado hasta adquirir nivel científico comparable a cualquier otro de nuestro país, específicamente, el NanoTLab y el Nanomag Lab.

Como resultado, se ha conseguido financiación procedente de la Junta de Andalucía y del Ministerio por valor superior a los 7 millones de euros durante los años de actividad. Se han defendido unas 50 tesis doctorales y se han publicado por encima de 600 artículos de investigación, libros y capítulos de libro.

FQM-151 GRUPO DE ÓPTICA DE GRANADA (GOG)

DATOS DE GRUPO

Página web: <https://optica.ugr.es/pages/investigacion/grupos>
<https://produccioncientifica.ugr.es/grupos/23412/detalle>

Componentes actuales: Luis M. Jiménez del Barco (responsable), Enrique Hita, Javier Romero, José Antonio García, Manuel Rubiño, José Ramón Jiménez, Antonio García Beltrán, María del Mar Pérez, Francisco Pérez, Ana María Yebra, José Antonio Díaz, Juan Luis Nieves, Javier Hernández, Raimundo Jiménez, Eva María Valero, María Rosario González, Rafael Huertas, Ana Carrasco, María José Rivas, Aixa Alarcón, Carlos Salas, María del Mar Lázaro, Antonio Manuel Pozo, Luis Gómez Robledo, Juan de la Cruz Cardona, José Juan Castro, Ana Ionescu, Razvan Ghinea, Carolina Ortiz, Margarita Soler, Jesús Vera, Beatriz Redondo, Sonia Ortiz, Miriam Casares, Rubén Molina, Pilar Granados, Ramón Fernández, Francesco Martino.

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

El grupo de Óptica de Granada (FQM-151) tiene su origen estructural en el año 1989 con la constitución de los grupos del *Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Junta de Andalucía (PAIDI)*. Con anterioridad, los componentes de esa época formaban parte del grupo especializado en Óptica del Departamento de Física Aplicada. Cabe señalar como investigador principal del mismo, e impulsor de la Óptica en nuestra Universidad, al profesor Enrique Hita Villaverde, quien junto a sus primeros discípulos en la Facultad de Ciencias, los profesores Romero Mora y Jiménez del Barco, aunaron esfuerzos para la creación de los estudios de Óptica y Optometría en nuestra Universidad, iniciándose los mismos en el año 1990, siempre con el principio de actuación de que la tarea investigadora y la docencia van unidas en la actividad académica universitaria. A partir de esa fecha, partiendo de las líneas de trabajo relacionadas con la Colorimetría y la Visión del Color, el grupo experimentó un importante aumento de sus componentes, así como de su producción científica, ampliándose sus líneas de investigación a otros campos próximos a éstos. El grupo, en estos momentos, está constituido por 35 doctores.

En la actualidad, los campos y líneas del grupo corresponden con cinco laboratorios de investigación: *Color Imaging Laboratory*, *Basic and Applied Colorimetry Laboratory*, *Laboratory of Vision Sciences and Applications*, *Laboratory of Biomaterials Optics* y *Clinical and Laboratory Applications of Research in Optometry*, que responden a los siguientes descriptores:

- **Captura y procesamiento de imágenes en color:** Técnicas multispectrales de captura de imágenes en color, reconocimiento de reflectancias, iluminantes y objetos. Recuperación espectral de radiancias y reflectancias a partir de imágenes digitales. Algoritmos y modelos computacionales de constancia del color. Óptica atmosférica: caracterización fotométrica, colorimétrica y espectral de las distintas variedades de luz natural. Técnicas multispectrales e hiperespectrales aplicadas en el análisis de obras de arte, análisis de muestras pétreas y minerales, pigmentos y barnices en manuscritos, papel, etc. e inspección de fachadas de edificios de interés histórico y/o arquitectónico.
- **Colorimetría, aspectos básicos y aplicaciones industriales de control de calidad:** Fórmulas de diferencia de color para aplicaciones industriales. Tolerancias de color y discriminación cromática. Modelos de apariencia de objetos y luces de color. Color y control de calidad en productos alimentarios: aceites de oliva, vinos, productos hortofrutícolas, etc. Funciones espectrales de igualación del color. Influencia de texturas en tolerancias de color. Diseño y control de pruebas para la detección de anomalías cromáticas de la visión. Caracterización colorimétrica de biomateriales en Odontología. Caracterización del color de suelos y su relación con otras propiedades.
- **Física de la Visión. Calidad óptica y rendimiento visual:** Desarrollo de algoritmos de ablación para cirugía refractiva. Caracterización y evaluación de la función visual (tanto monocular como binocular) en sujetos sometidos a cirugía refractiva, la cirugía de cataratas, a terapia refractiva corneal o en cualquier otro caso. Desarrollo de nuevos test ópticos no invasivos para caracterizar la calidad visual en condiciones de baja iluminación. Estudio de la relación entre la calidad óptica y el rendimiento visual durante la realización de tareas cotidianas, como la conducción. Caracterización y evaluación de la función visual tras el consumo de ciertas sustancias. Modelos de visión.
- **Optometría y Contactología:** Epidemiología de errores de refracción o de anomalías visuales en distintos lugares del mundo. Anomalías funcionales de la visión. Eficacia del entrenamiento visual en anomalías acomodativas binoculares y óculo-motoras. Optometría pediátrica y geriátrica. Análisis de la función visual en poblaciones especiales. Efecto crónico y agudo del ejercicio físico sobre la fisiología ocular y la función visual. Eficacia del entrenamiento visual sobre el rendimiento deportivo. Contactología especial. Calidad lagrimal. Calidad óptica en lentes de contacto. Tratamiento de disfunciones corneales. Control de la miopía con lentes de contacto de geometría inversa y lentes de desenfoque periférico.
- **Métodos ópticos para la evaluación física y control de biomateriales y tejidos nativos y artificiales:** Técnicas basadas en el método IAD (Inverse Adding-Doubling) para la evaluación de scattering, absorción y transmitancia de biomateriales dentales y tejidos nativos y generados mediante ingeniería

tisular. Técnicas Láser Speckle para evaluación de las propiedades reológicas de biomateriales dentales y tejidos nativos y generados mediante ingeniería tisular. Caracterización óptica de biomateriales nanoestructurados.

- **Aplicaciones técnicas e industriales de la Fotónica:** Caracterización óptica de dispositivos CCD y CMOS. Caracterización óptica de pantallas electrónicas (displays). Diseño y fabricación de sensores y medidores plasmónicos. Fotometría aplicada a la iluminación civil. Fotometría solar. Fotometría aplicada a la seguridad (aérea, tráfico rodado, ferroviario). Diseño, fabricación e innovación de nuevos instrumentos ópticos y optométricos. Desarrollo de sistemas de detección automatizado de maduración de frutas. Cálculo y diseño de sistemas ópticos.

RESULTADOS DESTACADOS

La financiación del grupo se ha sustentado principalmente, junto a las ayudas del PAIDI, mediante la concurrencia a convocatorias públicas competitivas y contratos con empresas, lo que ha supuesto globalmente, un total de 171 proyectos I+D+i y ayudas recibidas, entre los cuales 58 corresponden a proyectos de investigación del ministerio con competencias en investigación.

Los resultados obtenidos han dado lugar a 845 publicaciones en revistas de las cuales 605 son en revistas JIF, y han conllevado hasta la fecha un total de 12784 citas recibidas, 850 aportaciones a Congresos y 10 patentes registradas. En el segundo enlace indicado al principio se puede acceder a información más detallada sobre los contenidos de la producción científica.

Desde sus inicios, una parte importante del grupo ha promovido y participado en múltiples actividades de divulgación y difusión de la ciencia, así como en proyectos de cooperación internacional y actividades solidarias relacionadas con salud visual y formación de profesionales dentro de este campo.

Además de la implicación en diferentes sociedades y asociaciones científicas, así como de la participación en comités de expertos en los campos referenciados anteriormente, diferentes miembros del grupo forman parte de comités editoriales de revistas y de los comités científicos de jornadas y congresos nacionales e internacionales.

El grupo de investigación ha organizado en Granada los siguientes congresos: *IV Reunión Nacional de Óptica* (1994), *III Congreso Nacional de Color* (1994), *II Topical Meeting on Physiological Optics (European Optical Society)* 2004, *AIC Colour 05 The 10th Congress of the International Colour Association* (2005) y el Congreso Internacional *Light and Color in Nature* (2016).

Dentro del campo de captura y procesado de imagen en color, cabe reseñar la implantación del máster europeo Erasmus Mundus "*Computational Color and Spectral Imaging*" - COSI, dentro del consorcio compuesto por la Universidad de Granada,

University of Saint-Etienne (France), University of Eastern Finland (Finland) y University College Gjøvik (Norway).

El grupo de investigación mantiene colaboraciones con investigadores de diversas universidades y centros de investigación extranjeros que no se detallan por las limitaciones inherentes a la extensión de este informe.

FQM-165 FÍSICA ESTADÍSTICA Y DE LOS SISTEMAS COMPLEJOS

DATOS DE GRUPO

Página web: https://fises.ugr.es/datos_inicio/

<https://produccioncientifica.ugr.es/grupos/23414/detalle>

Componentes actuales: P.L. Garrido (responsable), M.Á. Muñoz, J. Torres, F. de los Santos, P. Hurtado, C. Pérez, J.A. Bonachela, J.M. Martínez, S. Johnson, S. di Santo y A.P. Millán.

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

El Grupo de Física Estadística y de los Sistemas Complejos se creó el 14 de agosto de 1989. Su primer responsable fue Joaquín Marro, hoy profesor emérito, y en la actualidad lo es Pedro Luis Garrido, catedrático del Departamento de Electromagnetismo y Física de la Materia.

El Grupo se caracteriza por una amplia trayectoria científica, de calidad contrastada. En particular, este Grupo es el fundador y organizador de múltiples iniciativas académicas e investigadoras, algunas de las cuales se detallan a continuación:

Las reuniones científicas internacionales *Granada Seminar*, que se celebran desde 1990, inicialmente se concibieron como una escuela de verano, pero pronto se convirtieron en un congreso internacional que concita periódicamente la atención hacia la Universidad de Granada de la comunidad internacional de Física Estadística. No es habitual en nuestro país que una actividad de esta naturaleza se consolide y prolongue durante más de 30 años. En las 17 ediciones del *Granada Seminar* celebradas hasta la fecha, dirigidas inicialmente por Joaquín Marro y después por Pedro L. Garrido, se han abordado, entre otros, el comportamiento cooperativo en ciencias sociales y en sistemas neuronales, el modelado y simulación de nuevos materiales, los fundamentos de la física lejos del equilibrio, la física de la mente, los sistemas cuánticos tanto en equilibrio como fuera de él y, en la última edición, *machine learning* y Física. Esta serie de conferencias científicas se ha consolidado como un referente internacional en el campo de la física, y atrae periódicamente a Granada a los mejores científicos a nivel mundial de las diferentes especialidades tratadas.

El *Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional* se fundó en 1993 promovido, entre otros, por Joaquín Marro. Desde entonces, se ha centrado en la investigación de calidad, tanto fundamental como aplicada, con un marcado énfasis en el campo de la física teórica y física computacional, y en la divulgación de aspectos básicos e interdisciplinarios de la física. En la actualidad el instituto es interuniversitario, tiene un índice h 85 y consta de 5 grupos de investigación de los cuales el FQM-165 es el más numeroso. Al amparo del Instituto, el Grupo organiza desde 2013 el ciclo de conferencias divulgativas *Fronteras de la Física*, que convoca con periodicidad mensual a un nutrido grupo de investigadores y estudiantes avanzados de física, matemáticas y disciplinas afines para ponerse al día de los últimos avances en estos campos de la mano de conferenciantes de primer nivel internacional. Por último, el Instituto ofrece a sus miembros y colaboradores el servicio de computación Proteus. Proteus fue en origen el *cluster* de computación del Grupo, posteriormente donado al Instituto. Está optimizado para el cálculo intensivo, incorpora los últimos avances en computación y se sostiene en buena medida con los fondos de investigación del Grupo.

El grupo participa desde su inicio en el Máster Universitario en Física y Matemáticas, FisyMat, que ha sido distinguido con la mención de calidad por el Ministerio de Educación y Ciencia en todas las convocatorias realizadas. Además, este máster ha sido seleccionado entre los cinco mejores de España de entre 250 en el área de Ciencias Experimentales y Tecnologías en la clasificación del diario “El Mundo” en los años 2017, 2019 y 2021.

La investigación del Grupo ha girado siempre alrededor de la Física Estadística de sistemas fuera del equilibrio, con un abordaje ecléctico que combina simulaciones por ordenador de última generación y técnicas analíticas avanzadas, entre las que se cuentan los métodos del grupo de renormalización y la teoría de procesos estocásticos. El carácter esencialmente internacional del grupo ha hecho que con el paso de los años sus intereses hayan crecido en paralelo a la evolución del campo, de tal forma que la actualidad cubre aspectos tan variados como la biología de sistemas, la neurociencia, los sistemas cuánticos abiertos, sin abandonar problemas “clásicos” de la Física Estadística. Fruto de esta actividad son los numerosos artículos que se publican anualmente en revistas punteras del campo, como son *Physical Review Letters*, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *Review of Modern Physics*, etc. El grupo recibe financiación ininterrumpida desde su creación de proyectos estatales, y ha crecido fundamentalmente merced a la contratación de investigadores adscritos a los programas Ramón y Cajal u otros programas equivalentes de la Unión Europea.



FQM-207 FÍSICA ATÓMICA Y MOLECULAR

DATOS DE GRUPO

Componentes actuales: Rosario González-Férez (responsable), Juan Carlos Angulo Ibañez, Blanca Biel Ruiz, Niurka Rodríguez Quintero, Pablo Sánchez Moreno, Jesús Sánchez-Dehesa, Alejandro Zarzo Altarejos.

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

Este grupo de investigación, creado en 1980 con orientación de Física Nuclear y coordinado por el catedrático Rafael Guardiola, se enmarca en el área “Física” de la DEVA y en el área “Física, Química y Matemáticas” del PAIDI de la Junta de Andalucía. Su composición inicial y temas de investigación evolucionaron dando lugar a diversos grupos con una gama amplia de intereses científicos. A partir de 1989, su actividad investigadora se centra en Física Atómica y Molecular, siendo inicialmente su Coordinador el catedrático Jesús Sánchez-Dehesa, hoy Profesor Emérito, y desde 2021 Rosario González Férez, Catedrática del Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear. Los miembros del Grupo pertenecen a la Sección de Física Cuántica y Física Matemática del Instituto Interuniversitario Carlos I de Física Teórica y Computacional.

Las líneas de investigación desarrolladas en el Grupo FQM-207 abarcan información clásica y cuántica, física matemática, sistemas no lineales, sistemas atómicos y moleculares en el régimen frío y ultrafrío, nanofísica y química cuántica. En todas ellas el Grupo ha contribuido con numerosos resultados de gran calidad, tanto en publicaciones científicas en prestigiosas revistas como en formación de nuevos investigadores a nivel nacional e internacional.

Entre las contribuciones en información cuántica y física matemática cabe destacar los resultados sobre aspectos fundamentales de la física cuántica y la cuantificación del desorden interno de los sistemas multifermiónicos y de procesos físico-químicos por medio de medidas entrópicas y de complejidad, que están teniendo actualmente un papel central en las ciencias y tecnologías de la información y comunicación cuánticas.

En sistemas no-lineales, destacan las contribuciones al uso de simetrías y teorías de coordenadas colectivas para abordar las ecuaciones no lineales de Klein-Gordon, de Schrödinger amortiguada bajo fuerzas espacio-temporales, y de Dirac, así como el estudio de la dinámica y transporte ratchet en sistemas extendidos.

En nanofísica se exploran materiales realistas analizando sus propiedades magnéticas y el impacto de desorden y novedosos materiales bidimensionales de unos pocos ångströms de espesor. Además, dentro del consorcio IFMIF-DONES se explora el efecto de la irradiación en materiales utilizados para construir reactores de fusión.

En átomos y moléculas frías y ultrafrías hemos obtenido contribuciones de gran interés en colaboraciones internacionales que han tenido un fuerte impacto. En ellas se investiga el control y la manipulación de la estructura y dinámica de moléculas con campos electromagnéticos. Nuestros resultados teóricos han permitido interpretar los hallazgos de grupos experimentales, así como proponer nuevos experimentos en colaboración con investigadores de gran prestigio en el campo de la física atómica y molecular. Además, se ha estudiado la creación de moléculas ultrafrías, y la manipulación de las interacciones entre moléculas, átomos, y en sistemas híbridos con campos externos. En particular, se trabaja la creación de moléculas Rydberg que presentan aplicaciones en tecnologías cuánticas, así como en reacciones químicas.

La gran actividad investigadora del Grupo se ve fortalecida con colaboraciones internacionales, teóricas y experimentales, tales como las establecidas con S. L. Cornish (U. Durham), R. O. Esquivel (UAM México), C. Koch (U. Libre Berlín), J. Küpper (U. Hamburgo), K.-K. Ni (U. Harvard) A. R. Plastino (U. Buenos Aires), H. R. Sadeghpour (ITAMP, Harvard), P. Schmelcher (U. Hamburgo) y H. Stapelfeldt (U. Aarhus).

Los miembros de este grupo complementan su labor de investigación con su otra gran pasión, la docencia, impartiendo clases en grado, máster y programas de doctorado, y con la supervisión de estudiantes de grado, de máster y postgrado.

RESULTADOS DESTACADOS

- Dirección de más de 25 tesis doctorales en la Universidad de Granada.
- Publicaciones en las revistas de mayor impacto en el área: Physical Review Letters, Physical Review X, New Journal of Physics, etc
- Participación en numerosos proyectos nacionales (Plan Nacional, Junta de Andalucía y Universidad de Granada) e internacionales (INTAS, Marie-Curie Initial Training Networks de la Comisión Europea).
- Participación en comités científicos de numerosos congresos internacionales (CLEO/Europe-EQEC, ICPEAC, ICAP, CCMI, EGAS, ECAMP).
- Presidencia 2018-2024 del Grupo Europeo de Sistemas Atómicos (EGAS) de la Sociedad Europea de Física (EPS).
- Presidencia 2021-2024 de la Comisión en Física Atómica Molecular y Óptica, de la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada (IUPAP).
- Premio *Mildred Dresselhaus* para Jóvenes Científicos de la Universidad de Hamburgo en Alemania.



ACTIVIDADES ORGANIZADAS

Congresos, escuelas de verano y reuniones científicas relacionadas con las líneas de investigación antes mencionadas. Cabe mencionar la organización de la Escuela de Verano Internacional Bianual sobre Quantum Matter, y la Escuela Internacional DONES Xcitech sobre aspectos tecnológicos relevantes en grandes instalaciones científicas. Participación en actividades de divulgación: Semana de la Ciencia, Programa Ciencia y Sociedad, Pint of Science, Encuentros con Científicas en el Parque de las Ciencias, y Mujer y Niña en la Ciencia.

FQM-220 ESTRUCTURA ATÓMICA Y NUCLEAR

DATOS DE GRUPO

Componentes actuales: F. J. Gálvez (responsable), F. Arias de Saavedra, M.C. Boscá, E. Buendía, L. Fernández, M. Pedrosa, I. Porras, J. Praena, M. Sabariego, P. Torres.

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

Hasta el año 1995, todos los miembros del Área Física Atómica, Molecular y Nuclear estaban integrados en un mismo grupo, cuyo primer responsable fue Rafael Guardiola Bárcena y, tras su marcha a la Universidad de Valencia, le sucede Jesús Sánchez-Dehesa. En 1995 el grupo original se fragmenta en varios grupos, uno de los cuales es el FQM220, 'Estructura Atómica y Nuclear', siendo el primer responsable Enrique Buendía Ávila y posteriormente, desde 2007 hasta la fecha, Francisco Javier Gálvez Cifuentes. A lo largo de este período ha habido incorporaciones y segregaciones buscando, en general, mayor afinidad científica dentro de los grupos que se han ido generando. A lo largo de su historia, casi todos los miembros del grupo han estado adscritos al Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear.

La investigación del grupo en sus orígenes estuvo centrada tanto en el estudio de la estructura de átomos y núcleos como en el de diferentes aspectos históricos y filosóficos de la Mecánica Cuántica.

En el ámbito de la estructura atómica el trabajo ha sido de tipo teórico-computacional y su desarrollo ha ido paralelo al de la disponibilidad de medios de cálculo apropiados, los cuales eran obtenidos principalmente a través de los diferentes Proyectos de Investigación concedidos por el Ministerio de Ciencia y Tecnología o por la Consejería de Educación de la Junta de Andalucía. Así, son muchos los desarrollos y cálculos llevados a cabo: i) estudio de átomos de dos electrones o, en general, de sistemas de pocas partículas ligadas por el potencial coulombiano utilizando funciones de onda

correlacionadas, obteniéndose resultados de muy alta precisión en el estudio de diferentes propiedades de los mismos, ii) cálculos Monte Carlo Cuántico para el estudio de propiedades de átomos ligeros o medios o iii) desarrollo de un modelo de partícula independiente, el modelo de potencial efectivo óptimo parametrizado (no relativista y relativista) que permite describir átomos ligeros, medios y pasados y que también ha sido aplicado al estudio de átomos sometidos a presión. Los resultados obtenidos en este campo han sido publicados en revistas como *Journal of Chemical Physics*, *Physical Review A*, *Journal of Physics B*, *Atomic Data and Nuclear Data Tables*, *Int. J. of Quantum Chemistry*, ...

De forma paralela se ha estudiado la estructura nuclear usando diferentes tipos de funciones de onda correlacionadas, en las que en unos casos se basaban en el modelo de partícula independiente y, en otros, se usaban funciones que tenían en cuenta agrupaciones en cluster correlacionados. Los resultados obtenidos en este campo han sido publicados en revistas como *Physical Review C*, *Nuclear Physics A* o *Journal of Physics G*.

En la línea de investigación sobre los fundamentos de la mecánica cuántica, se ha abordado, entre otros temas, el eterno debate, abierto desde los primeros formalismos históricos, sobre la posible interpretación realista de la función de onda. La publicación en 2012 del teorema PBR (Pusey-Barrett-Rudolph) reactivó las discusiones, centrándose nuestra investigación en la clarificación teórica rigurosa de la terminología,

ya que, lamentablemente, la confusión ha presidido muchas de las opiniones publicadas. Asimismo, se ha trabajado sobre la introducción y divulgación pionera de la nueva teoría cuántica en España, durante los años 1914-1927 y en la revista "Ibérica. El progreso de las ciencias y sus aplicaciones", que se publicó desde 1914 hasta 2004. Esta parte de la investigación, que conecta Ciencia y Filosofía, ha sido financiada por el Ministerio de Educación a través de distintos Proyectos de Investigación.

En el año 2003 se incorporan al grupo varios profesores que refuerzan el estudio de los núcleos atómicos y que incorporan también una nueva línea de investigación, la Física Médica. Desde entonces, y a pesar de su posterior salida del grupo en 2011 para formar uno nuevo, esta línea ha permanecido en nuestro grupo. En concreto, nuestro grupo realiza investigaciones tanto en el ámbito teórico como en el experimental. Participa activamente en grandes proyectos internacionales como la instalación de neutrones del CERN (n_TOF) en Suiza, en el reactor nuclear de investigación más importante del mundo y localizado en el Institute Laue-Langevin de Grenoble (Francia), y en el proyecto del acelerador en Granada conocido como IFMIF-DONES. El grupo ha realizado investigaciones relevantes en Física Médica hacia la mejora de la radioterapia experimental del cáncer por captura de neutrones, donde destaca el diseño un perfilador de neutrones óptimo para esta terapia y patentado por UGR. NEMESIS es el proyecto de acelerador que proponemos para lleva a cabo esta terapia en Granada. Realizamos experimentos con neutrones en cultivos celulares y en elementos como el nitrógeno para entender y mejorar la dosimetría en esta terapia. Asimismo, realizamos

estudios experimentales en astrofísica para entender la nucleosíntesis de elementos en las estrellas. Fundamental para nuestro grupo son las aplicaciones complementarias del acelerador de Granada IFMIF-DONES, donde diseñamos la producción de radioisótopos para diagnóstico y terapia del cáncer. Colaboramos con numerosas instituciones nacionales e internacionales, y publicamos en revistas como *Physical Review Letters*, *Physical Review A and C*, *Radiation Physics and Chemistry*, *Cells*, o *Scientific Reports de Nature*. Participamos y lideramos proyectos del Ministerio de Ciencia, Junta de Andalucía, la Asociación Española contra el Cáncer, la Fundación La Caixa y el Instituto de Salud Carlos III.

FQM-225 FÍSICA NUCLEAR A ENERGÍAS INTERMEDIAS

DATOS DEL GRUPO

<https://produccioncientifica.ugr.es/grupos/23427/detalle>

Componentes actuales:

José Enrique Amaro Soriano (responsable), Carmen García Recio, Enrique Ruiz Arriola, Lorenzo Luis Salcedo Moreno, María Gómez Rocha, Eugenio Megías Fernández, Ignacio Luis Ruiz Simó, Víctor Leopoldo Martínez Consentino.

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

El Grupo de Investigación FQM225 "Física Nuclear a Energías Intermedias" se inició en el Departamento de Física Moderna en 1995 (ahora denominado Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear). Actualmente está compuesto por siete investigadores, cuatro de ellos catedráticos de universidad y se dedica a la investigación puntera en física teórica hadrónica y nuclear. A lo largo de su trayectoria, ha realizado importantes contribuciones en diversas áreas de estudio, como se detallan a continuación:

1. **Condensados Atómicos:** El grupo investiga las propiedades de los condensados atómicos, sistemas cuánticos ultrafríos en los que un gran número de átomos se comporta como una única entidad coherente. Se han realizado investigaciones teóricas y experimentales para comprender mejor la formación y dinámica de estos condensados.
2. **Dispersión de Electrones, Neutrinos y Mesones por Núcleos:** El grupo estudia la interacción de partículas subatómicas, como electrones, neutrinos y mesones, con núcleos atómicos. Esto incluye investigaciones sobre las propiedades de dispersión y los procesos de interacción que ocurren en estas colisiones.

3. **Interacción Nucleón-Nucleón. Correlaciones Nucleares:** Se investigan las interacciones entre nucleones (protones y neutrones) en los núcleos atómicos. Esto implica el estudio de las fuerzas nucleares y las correlaciones entre los nucleones, lo que permite comprender mejor la estructura interna de los núcleos y las propiedades nucleares.
4. **Modelos Efectivos Hadrónicos: Simetría Quiral:** El grupo emplea modelos efectivos basados en la simetría quiral para describir la interacción de partículas subatómicas llamadas hadrones. Estos modelos permiten estudiar las propiedades y las interacciones de los hadrones en diferentes condiciones energéticas y de temperatura.
5. **Métodos en Teorías Cuánticas de Campos Efectivas:** El grupo utiliza métodos y técnicas de teorías cuánticas de campos efectivas para abordar problemas en física nuclear y hadrónica. Estos métodos proporcionan herramientas teóricas poderosas para investigar fenómenos en sistemas fuertemente acoplados y de alta energía.

Los miembros del grupo han contribuido con numerosas publicaciones de reconocido impacto en revistas científicas de prestigio. Sus trabajos han recibido un gran número de citas, lo que demuestra el alcance y la relevancia de sus investigaciones. Además, han participado activamente en congresos internacionales, presentando sus resultados y colaborando con otros científicos en el campo de la física nuclear y hadrónica.

La docencia universitaria a todos los niveles y un gran esfuerzo innovador de forma continua en la divulgación han sido objetivos fundamentales a lo que los miembros del Grupo conceden una capital importancia.

El Grupo tiene gran actividad investigadora y participa en numerosas colaboraciones internacionales con grandes perspectivas de futuro, como consecuencia, en buena medida, de la reciente incorporación de científicos destacados gracias a los diversos programas de incorporación, y a la larga experiencia de sus investigadores senior.

El Grupo destaca por su colaboración habitual con investigadores de numerosas universidades internacionales en distintos continentes. Esta colaboración enriquece las perspectivas de futuro de la investigación del grupo, que se ve fortalecida además por la incorporación de destacados científicos postdoctorales gracias a programas de incorporación. La combinación de la experiencia de los investigadores senior y el talento de los científicos más jóvenes impulsa la excelencia en la investigación. Además, el grupo se muestra comprometido con la comunicación de sus resultados a la sociedad. Han publicado varios libros de divulgación científica, como "La Materia Extrema", "La posibilidad de viajar en el tiempo" y "Helmholtz: la conservación de la energía". Estas publicaciones buscan acercar los avances científicos al público general. Asimismo, han difundido algunos de sus resultados de investigación a través de notas de prensa, destacando, por ejemplo, su contribución a la determinación más precisa de la forma nuclear y el estudio de correlaciones nucleares entre protones y neutrones en el interior

del núcleo. Estas acciones reflejan el compromiso del grupo con la divulgación y la difusión de conocimiento científico relevante para la sociedad.

RESULTADOS DESTACADOS:

- Publicaciones en revistas internacionales de las áreas Physics Nuclear, Physics Particles and Fields, Physics Multidisciplinary, Astronomy Astrophysics, Physics Applied, Physics Mathematical: *Physical Review C*, *Physical Review D*, *Physical Review Letters*, *Physics Letters B*, *Physics Reports*, *Annals of Physics*, *Nuclear Physics A*, *Journal of Physics G*, *Modern Physics Letters A*, *Few Body Systems*, *International Journal of Modern Physics E*, *European Physical Journal*

FQM-292 EVOLUCIÓN ESTELAR Y NUCLEOSÍNTESIS

DATOS DE GRUPO

Página web: <http://wpd.ugr.es/~fqm292/>

<https://produccioncientifica.ugr.es/grupos/23435/detalle>

Componentes actuales: Carlos Abia Ladrón de Guevara (responsable), Inmaculada Domínguez Aguilera, Juan Carlos Suárez Yanes, Antonio García Hernández, Antonia Morales Garoffolo (Univ. de Cádiz), Eduardo Bravo Guil, Giovanni M. Mirouh, Sebastià Barceló Forteza.

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

El grupo de Evolución Estelar y Nucleosíntesis se formó en 2001, tras la incorporación al Departamento de Física Teórica y del Cosmos de los Drs. C. Abia e Inmaculada Domínguez, abriendo una nueva línea de investigación sobre evolución estelar y nucleosíntesis, tanto desde el punto de vista teórico como observacional. El coordinador del grupo es el CU Prof. Carlos Abia. El grupo comenzó su andadura con estudios de la composición química de estrellas frías (estrellas AGB) y la nucleosíntesis interna asociada, la fase final de estrellas de masa baja e intermedia, explosiones de enanas blancas como supernovas termonucleares (tipo Ia) y su aplicación en cosmología, hasta la evolución química de nuestra Galaxia. Estas líneas de investigación se han ampliado desde hace unos años incluyendo, por ejemplo, el estudio de astropartículas candidatas a la materia oscura y la interacción estrella-planeta a través de simulaciones hidrodinámicas. Desde el año 2014, nuevas incorporaciones al grupo abrieron nuevas líneas de investigación, dedicadas al estudio preciso del interior estelar a partir de los modos de vibración de las estrellas, rama de la astrofísica conocida como Astrosismología, hoy en

día en auge, debido a su relevancia en la caracterización de las estrellas con exoplanetas. Además, hemos generado una nueva línea de investigación, actualmente en fase de desarrollo inicial, sobre la detección de exoplanetas y caracterización dinámica de los sistemas exoplanetarios.

El grupo FQM292 está presente al máximo nivel internacional, tanto en colaboraciones como en participación de proyectos internacionales con una importante responsabilidad e implicación como en UE FP6 ARENA (*Antartic Reseach European Network for Astrophysics*), varios COSTS o la participación en TESS (NASA) y PLATO (ESA), ambas misiones espaciales para la búsqueda y caracterización de exoplanetas, con importante participación en esta última (J.C. Suárez es miembro del board). Actualmente, formamos parte de una nueva misión de la ESA, HAYDN, centrada en la Astrosismología de estrellas en cúmulos estelares. Hacemos uso de las principales instalaciones astrofísicas, como los observatorios astronómicos del Observatorio Astronómico Hispano en Andalucía (CAHA), el Observatorio de Sierra Nevada (IAA-CSIC), o los observatorios de Izaña y el Roque de los Muchachos (IAC), así como con observaciones desde los observatorios de la ESO y NOAO en Chile. Recientemente con el telescopio espacial *James Web*, la sonda *Gaia* y los datos fotométricos de las misiones espaciales CoRoT, Kepler, TESS y PLATO. Además, nuestro trabajo científico implica el uso habitual de varios superordenadores para simulaciones numéricas.

El grupo FQM292 contribuye cada vez más a la ciencia abierta, utilizando repositorios, compartiendo códigos numéricos y participando en proyectos transversales para el uso abierto y homogéneo de datos, como es el caso del Observatorio Virtual. En particular nuestro grupo coordina el primer (y de momento único) portal de modelos estelares en Observatorio Virtual: la herramienta TOUCAN². Formamos parte regularmente en eventos de divulgación recurrentes como la Noche Internacional de los Investigadores, la Semana de la Ciencia, etc. Asimismo, hemos participado en dos ediciones consecutivas del proyecto de divulgación “Maratones de Astropartículas”, financiadas por la FECYT. La docencia es también clave en nuestra actividad profesional, a la que dedicamos esfuerzo y dedicación para reinventarnos y mejorar continuamente. Abarcamos todos los niveles universitarios, y en particular en Máster, complementamos nuestro conocimiento y experiencia con otros colegas del IAA-CSIC. Debemos destacar que el grupo implementó las prácticas de campo en Astrofísica en los estudios de Física de Granada, lo que implica salidas nocturnas para la observación del cielo con el uso de telescopios de 12” y, al menos, una visita anual al observatorio de Calar Alto con los alumnos. También, el grupo ha sido pionero entre todas las universidades españolas en la implantación de docencia sobre Astrobiología, inicialmente como asignatura de libre configuración y en la actualidad dentro del Máster en Física de la UGR. Asimismo, participamos en proyectos de divulgación científica, como el proyecto

2. TOUCAN: <https://toucan.cab.inta-csic.es/toucan/main/>

“*Els nostre cel*” seleccionado recientemente por el proyecto global “Name Exoworlds” de la IAU en su edición del 2022, y de cooperación con otros países, como la *Azarquiel School of Astronomy*, de la cual somos socios fundadores. Hemos organizado 5 ediciones; la próxima se celebrará a final 2023 en Jordania.

En gestión, destacamos que I.D. ha sido directora de Internacionalización en la Escuela Internacional de Posgrado (2011-2015) de la UGR y Gestora y, posteriormente, Coordinadora del área de Astronomía y Astrofísica en la Agencia Nacional de Investigación (2019-2022); y es Secretaria del Consejo de la European Astronomical Society (2019-). Así mismo I.D. ha sido miembro electo de una de las comisiones de la IAU, y C.A lo es actualmente de la comisión G3 (Stellar Evolution).

RESULTADOS CIENTÍFICOS Y PROYECTOS RECIENTES DESTACADOS

- Publicaciones en las revistas (ver lista de publicaciones en www.ugr.es/~astrofisica).
- Participación en los COSTs *The Milky Way revealed by Gaia* (CA18104, 2019-2023), y *Cosmics WISPer in the dark Universe* (CA21106, 2022-2026), proponentes.
- Participación en la misión espacial PLATO y HAYDN.
- Liderazgo científico del proyecto TOUCAN del Spanish Virtual Observatory
- Miembros de los consorcios sobre Astrofísica Nuclear JINA e IRENA.
- PID2021-123110NB-I00, *Low and intermediate mass stars as engines of the chemical evolution of the Galaxies, progenitors of thermonuclear supernovae and laboratories of astroparticles III*. (2022-2026).

ACTIVIDADES ORGANIZADAS:

Congresos y reuniones científicas nacionales (e.g. Iberian Meetings on Asteroseismology) e internacionales: congreso científico de PLATO, *VI Torino Workshop on AGB stars*, *Workshop on Spectroscopy from Dome C*, *Workshop on Molecular Spectroscopy* y muchos otros en los que hemos formado parte del SOC. Recientemente *Axions across boundaries between Particle Physics, Astrophysics, Cosmology and forefront Detection Technologies* (Galileo Galilei Institute, 7 semanas en Florencia, 2023), varias ediciones del *Nuclei in the Cosmos*, *The Amazing life of stars: from the Main Sequence to the Gravitational wave emission* (Cefalu, Sicilia, 2017), *Supernova through the ages: Understanding the past to prepare for the future* (Isla de Pascua, 2016), etc.

FQM-387 FÍSICA FUNDAMENTAL Y APLICACIONES (FFAP)

DATOS DE GRUPO

Página web: <http://fm137.ugr.es/FQM387/>

Componentes actuales: A.M. Lallena Rojo (responsable), I. Álvarez Castro, M. Anguiano Millán, J.M. Cornejo García, S. García Pareja, W. González Infantes, R. Guerrero Alcalde, D. Guirado Llorente, D. Puerta Megías, A.J. Quero Ballesteros, D. Rodríguez Rubiales, J.A. de la Torre González, J.M. de la Vega Fernández.

Colaboradores: F.G. Erazo Caluquí, M. Vilches Pacheco, Giampaolo Co'.

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

El grupo Física Fundamental y Aplicaciones se constituyó en julio de 2016, con los profesores Anguiano Millán, Lallena Rojo y Rodríguez Rubiales, del Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear (DFAMN) de la Universidad de Granada (UGR), el doctor Cornejo García (del mismo departamento) y los doctores García Pareja, Guirado Llorente y de la Vega Fernández, Facultativos Especialistas del área de Radiofísica del Servicio Andaluz de Salud, adscritos a los Hospitales Universitarios de Málaga (el primero) y Granada (los dos últimos). Posteriormente se sumaron el profesor González Infantes (Universidad de Málaga) y varios estudiantes de doctorado que están actualmente desarrollando sus respectivos trabajos de tesis.

Desde su formación, este grupo ha mantenido tres líneas de investigación definidas: Estructura Nuclear, Física Médica y Física Fundamental con Trampas de Iones. Esta última línea de trabajo se desarrolla en el Laboratorio de Trampas de Iones y Láseres (<http://trapsensor.ugr.es>), acreditado como “Laboratorio Singular en Tecnologías Avanzadas” de la UGR desde 2017, único en España, que se comenzó a construir gracias a los fondos proporcionados por el Consejo Europeo de Investigación al Prof. Rodríguez Rubiales en una Starting Grant el año 2011 y que se ha completado con varios proyectos de infraestructura (nacionales y regionales), además de proyectos de investigación. En el marco del último proyecto de infraestructuras (finalizado en febrero de 2023) se ha instalado un imán superconductor sostenible, libre de helio y nitrógeno líquido. Las actividades más singulares del laboratorio son los experimentos de corrientes inducidas con resonadores de cuarzo y los experimentos de medidas de precisión con iones individuales y cristales de Coulomb de dos iones en una trampa Penning de 7 tesla, utilizando fotones de fluorescencia. Además, existe una trampa Paul lineal donde se han realizado experimentos básicos en el régimen cuántico como espectroscopia de bandas laterales y medidas de la frecuencia de Rabi. El grupo experimental también participa en los experimentos que se llevan a cabo en el GSI (Darmstadt, Alemania), con elementos superpesados, y en la instalación de trampas Penning MATS en FAIR

donde se ha enviado el imán superconductor que ha funcionado en nuestro laboratorio hasta diciembre de 2022, para una de las dos líneas de trampas Penning que formarán esa instalación.

En cuanto a la Estructura Nuclear, los Prof. Anguiano Millán y Lallena Rojo, colaborando principalmente con el Prof. Co' (Univ. Salento, Italia), han desarrollado un esquema de cálculo basado en Hartree-Fock + RPA, utilizando una interacción efectiva nucleón-nucleón que incluye términos de rango finito y tensoriales (además de los términos de espín-órbita y Coulomb usuales). Se han realizado cálculos autoconsistentes de los estados excitados nucleares y se ha ampliado el modelo computacional para incluir un tratamiento completo del continuo mediante CRPA. También se han analizado los efectos de la interacción de apareamiento en los esquemas BCS (con y sin deformación nuclear) y Hartree-Fock-Bogoliubov. Se han estudiado núcleos de capas cerradas, de capas cerradas más/menos un nucleón y núcleos con exceso de neutrones. Usando las funciones de onda nucleares obtenidas con estas metodologías, se han calculado secciones eficaces para la dispersión de neutrinos, fotones y electrones, tanto elástica como con excitación del núcleo blanco.

En 1998 se creó un equipo de investigación en Física Médica que hoy está incorporado en el grupo FQM387. A lo largo del tiempo, varios estudiantes de doctorado, tanto nacionales como extranjeros, han realizado su trabajo en el seno del grupo, dando lugar a más de 15 tesis doctorales y más de 50 trabajos fin de grado y fin de máster. En esta línea se ha trabajado con técnicas Monte Carlo para simular situaciones de interés en radioterapia relacionadas con el transporte de radiación en la materia y, también, en problemas básicos relacionados con el crecimiento tumoral y con los programas de cribado mamográfico. El trabajo llevado a cabo nos ha permitido colaborar con diferentes grupos en distintos problemas como el desarrollo de un sistema de dosimetría basado en MOSFET (con los Prof. Palma y Carvajal del Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores de la UGR, el desarrollo de nuevas técnicas de reducción de varianza para mejorar la eficiencia de las simulaciones de Monte Carlo (con el Prof. Salvat de la Univ. Barcelona), o el estudio de la dosimetría en la terapia del cáncer ocular con fotones (con el Dr. Brualla y el Prof. Sauerwein del Hospital Univ. de Essen, Alemania). Actualmente mantenemos estas colaboraciones y hemos ampliado nuestra línea de investigación para estudiar distintos aspectos de los haces de protones e iones pesados que se utilizan en hadronterapia.

RESULTADOS DESTACADOS

Los resultados del trabajo realizado se han publicado en revistas de impacto de las áreas correspondientes (Nature, Science, Physical Review Letters, Physical Review A y C, Review of Scientific Instruments, Astrophysical Journal, Quantum Science and Technology, Scientific Reports, Medical Physics, Physics in Medicine and Biology,



Radiation Physics and Chemistry). También se han liderado y se ha participado en numerosos proyectos de investigación europeos, nacionales y regionales. Así mismo, se han organizado varios congresos y reuniones internacionales y se participa en distintas actividades de divulgación.

FQM-400 MAGNETIC SOFT MATTER GROUP

DATOS DE GRUPO

Página web: <https://www.ugr.es/~msmg/>

Componentes actuales: J. de Vicente (responsable), F. Vereda, S. Nardecchia, J. R. Morillas, A. Rodríguez-Barroso, J. A. Ruiz-López, M. Terkel, Ó. Martínez-Cano, G. Camacho, J. Ruiz-Nievas, A. Ramírez-Fernández y D. Cabrerizo-Aguado.

RESUMEN

El grupo de Materia Blanda Magnética (Magnetic Soft Matter Group) de la Universidad de Granada es un grupo joven y de marcado carácter multidisciplinar constituido por físicos, químicos, biólogos, biotecnólogos, ingenieros químicos, industriales y de telecomunicaciones. Realiza investigación puntera en el Laboratorio Singular de Tecnologías Avanzadas “Física de Fluidos no Newtonianos (F2N2Lab): Tribo-Reología, Líquidos Magnéticos y Biomateriales Nanoestructurados” de la Universidad de Granada y estudia a nivel fundamental con nanomateriales magnéticos mediante experimentos de reomicroscopía y simulaciones numéricas a escala de partícula por dinámica molecular y elementos finitos. En la actualidad, se trabaja en aplicaciones del ámbito de la Nanomedicina, y en particular en el tratamiento del cáncer y la regeneración tisular mediante el uso de campos magnéticos triaxiales no estacionarios con equipamiento único diseñado “ad hoc”. El grupo mantiene colaboraciones estables con investigadores de primer nivel de alcance internacional y empresas multinacionales de renombre.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Síntesis y caracterización de ferrofluidos y fluidos magneto-reológicos (MR): Estos fluidos son fruto de los avances más recientes en el ámbito de la Nanotecnología y pueden categorizarse como materiales funcionales con respuesta a campos magnéticos. Hoy en día se emplean en el sellado de juntas en cojinetes, puntas lectoras de discos duros, altavoces para disipar el calor, técnicas de separación inmunomagnética, transportadores inteligentes de fármacos, tratamiento del cáncer por hipertermia, agentes de contraste en resonancias magnéticas, marcado de billetes mediante el empleo de

tintas magnéticas, sistemas de amortiguación de vehículos de automoción e incluso en Ingeniería Civil para protección sísmica o estabilización de vibraciones de cables de sustentación en puentes colgantes.

Magneto-reología y física de fluidos magnéticos: La magneto-reología es una rama de la física de fluidos que se ocupa del estudio de las propiedades mecánicas de fluidos MR. La comprensión de los fenómenos físicos subyacentes resulta de capital importancia pues un gran número de aplicaciones de los fluidos MR se basa en el hecho de que estos fluidos experimentan cambios de viscosidad de varios órdenes de magnitud, rápidos y reversibles, al aplicar campos externos.

Tribo-reología de materiales: Si bien la reología es la ciencia que se ocupa del estudio de la deformación y flujo de la materia, la tribología estudia la fricción, la lubricación y el desgaste de materiales, siendo un campo multidisciplinar con gran proyección, y de especial relevancia en la fabricación de implantes, prótesis artificiales, lentes de contacto, neumáticos, dispositivos de grabación magnética, microfluídica, sistemas micro-electro-mecánicos y pulido de materiales entre otros.

Desarrollo de biomateriales magnéticos para la regeneración de tejidos complejos: Siguiendo un enfoque bioinspirado, hoy día se preparan materiales, híbridos y biomiméticos, constituidos por biopolímeros, elementos magnéticos, componentes bioactivos y células. El principal reto es controlar la distribución y el confinamiento de todos los componentes para obtener biomateriales sensibles a estímulos externos (campos magnéticos y temperatura) con características parecidas a los tejidos nativos en términos de morfología, composición y propiedades mecánicas.

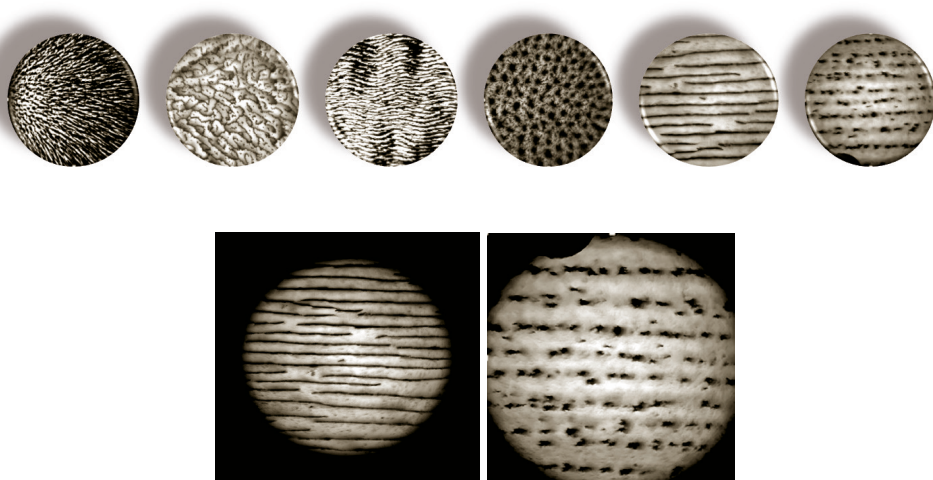


Figura 1. Estructuras magnéticas generadas por autoensamblado dirigido en campos magnéticos triaxiales no estacionarios.

EQUIPAMIENTO

El Laboratorio Singular F2N2Lab dispone de equipamiento diverso para sintetizar coloides magnéticos (in/orgánicos, hidrogeles, materiales poliméricos, etc.), estudiar las propiedades reológicas de muestras líquidas, sólidas y semisólidas, así como de técnicas para la realización de ensayos en “bulk” e interfases a varias escalas. Entre los distintos dispositivos comerciales disponibles, cabe mencionar diversos analizadores dinamomecánicos, reómetros torsionales, un tribómetro, máquinas universales de ensayos y un nanoindentador de última generación. Destacar también un 3D microPIV y un reomicroscopio confocal de superresolución y alta velocidad. Asimismo, el grupo ha puesto a punto un reómetro capilar, un dispositivo de generación de campos multiaxiales y una celda reológica para llevar a cabo medidas en el régimen de saturación magnética. Se dispone de un laboratorio de litografía blanda y microfluídica además de un laboratorio de nanobiomagnetismo con una cabina de cultivo celular. El grupo también tiene acceso al supercomputador Alhambra, donde lleva a cabo cálculos numéricos y simulaciones a nivel de partícula. En la actualidad, se están construyendo equipamientos para manipular partículas magnéticas en la microescala de cara a la fabricación de materiales funcionales de alta precisión.

HUM-613 DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES Y DE LA SOSTENIBILIDAD

DATOS DE GRUPO:

Páginas web: https://hum613.ugr.es/datos_inicio/
<http://ofertaimasd.ugr.es/hum/grupos-de-investigacion/hum-613-didactica-de-las-ciencias-experimentales-y-de-la-sostenibilidad/>

Componentes actuales: F.J. Perales (responsable), D. Aguilera, V. Albanese, A. Benarroch, F.J. Carrillo, M. Cárdenas, R. Casas del Castillo, C. Enrique, C. Ferrada, M. Fernández (colaborador), G. Fernández (colaboradora), A. Fernández, A. García, F. González, V. Guilarte, P. Jiménez, S.E. Layton, L. López (colaboradora), J.A. López, J.A. Naranjo, C. Pérez, S. Pla, A. Ramírez, S. Rams, M. Rodríguez, C. Roldán, M.C. Romero, M.A. Sánchez (colaboradora), F. Silva, L. Torres (colaboradora), M.M. Vázquez, J.M. Vílchez.

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

En su configuración actual el grupo se constituye en el año 1992, a partir de la fusión de dos grupos de investigación previos: Didáctica de las Ciencias Experimentales y Educación Medioambiental y del Consumidor. Ello ha permitido dar cabida a

las líneas de investigación tradicionales ligadas al Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Granada. Durante los últimos años se ha ido incorporando el profesorado de nuevo acceso al Departamento y otros investigadores nacionales y extranjeros, lo que le ha dotado de mayor diversidad e incidencia en su entorno.

A lo largo de las décadas de su existencia ha tenido un papel protagonista en las líneas que han orientado su investigación que, como su denominación indica, se han movido esencialmente en torno a la Enseñanza y divulgación de las Ciencias, así como en la Educación Ambiental, tanto a nivel local como nacional. A las mismas han accedido recientemente investigadores noveles procedentes de líneas más ligadas al campo científico pero que han reorientado su futuro a las propias de este grupo.

En el caso de la *Didáctica de la Física* se ha investigado sobre distintas temáticas, en concreto: el uso del color como estímulo didáctico, concepciones de los estudiantes sobre óptica geométrica y sonido, la resolución de problemas, el uso de simuladores, los medios de representación gráfica en la enseñanza-aprendizaje, el uso de los dibujos animados como recurso didáctico, ingeniería didáctica en física matemática, el taller de enseñanza de la física como innovación, relaciones entre la acústica y la óptica, la analogía como recurso para la enseñanza del concepto de campo de fuerzas, cómo se presenta la electricidad en los libros de texto, el cambio climático e Internet, imagen de la física entre los estudiantes o la actitud hacia la ciencia.

La participación en proyectos y contratos de investigación, tanto locales, regionales, nacionales y europeos, ha sido también muy intensa. Pero también se ha actuado de forma recurrente en actividades de divulgación como conferencias, participación en semanas de la ciencia, obtención de proyectos de la FECYT, edición de libros de carácter docente...

La población diana ha sido la de los futuros docentes, pero también estudiantes de los niveles de Infantil, Primaria y Secundaria, incluyendo actuaciones de Aprendizaje-Servicio, así como los propios profesores universitarios mediante actividades formativas.

Como resumen numérico del currículum vitae grupal incluido en SICA disponemos de: 1209 aportaciones a Congresos, etc., 919 publicaciones en Revistas, 668 Tesis, Tesinas, DEA, etc. y 454 actividades de Docencia impartida.

RESULTADOS DESTACADOS

- Los artículos sobre resolución de problemas y el uso de las ilustraciones disponen de un elevado número de citas.
- Obtención de dos premios nacionales a tesis doctorales dirigidas.
- Artículos en revistas Q1 del JCR: Science Education, Research in Science Education, Mathematics, Frontiers in Psychology.



- Publicación de libros en las editoriales Pearson Educación, Díaz de Santos, Síntesis y Pirámide, entre otras.
- Desde la constitución del grupo de investigación hemos participado o coordinado diversos proyectos europeos, nacionales y autonómicos de excelencia.
- Impartición de ponencias invitadas en distintos congresos referentes en nuestra área.
- Participación en acciones de evaluación de la investigación en distintos países y colaboración con agencias de acreditación del profesorado universitario.
- Participación en la dirección, en comités editoriales y en la evaluación de artículos para revistas científicas.

ACTIVIDADES ORGANIZADAS

Hemos organizado dos congresos internacionales que son la referencia principal en nuestro campo, así como otras jornadas, seminarios... tanto a nivel local como regional, nacional e internacional. Igualmente hemos colaborado como miembros de comités científicos de otros eventos externos a nuestra universidad.

RNM-104 SISMOLOGÍA Y GEOFÍSICA

DATOS DE GRUPO

<https://produccioncientifica.ugr.es/grupos/23664/detalle>

Componentes actuales: G. Alguacil, F.J. Almendros, E. Carmona, G. Cortés, P.J. Gea, J.M. Ibáñez, V. Jimenez, J.A. López-Comino, F. Mancilla, R.M. León, J. Morales, J.A. Peña, J. Prudencio, I. Serrano, D.A. Stich, T. Teixidó, F. Torcal.

Líneas de investigación: Estructura, fuentes sísmicas y sismotectónica de las Béticas; Riesgo y prevención sísmicos; Tomografía sísmica; Instrumentación sísmica; Señales sismo-volcánicas y Exploración geofísica superficial.

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

El grupo se constituyó en 1989 como “Geofísica”, con los primeros grupos PAIDI de la Junta de Andalucía (JA), con 5 doctores y 10 investigadores en formación. Su Coordinador inicial fue Fernando de Miguel (†), y desde 1993 hasta la actualidad es Gerardo Alguacil. Los miembros actuales pertenecen al Departamento de Física Teórica y del Cosmos, al Instituto Andaluz de Geofísica y P.D.S. y a la Universidad Pablo de Olavide. De ellos, dos son investigadores en formación. Desde 2003 su denominación es “Sismología y Geofísica”.



Granada se encuentra en la zona de mayor peligrosidad sísmica de España y por eso uno de los principales objetivos del Grupo fue dotar de instrumentación sísmica suficiente a la zona y estudiar en detalle la sismicidad y la sismotectónica regional. Actualmente, el Instituto Andaluz de Geofísica (IAG), en que desarrollan su investigación casi todos los miembros del Grupo, cuenta con 17 estaciones sísmicas de banda ancha (BB), 7 de corto periodo y 53 acelerógrafos desplegados por el territorio andaluz, recibidos en tiempo real en el IAG. Paralelamente al estudio de la zona Bética, el Grupo ha liderado y participado en varios proyectos sobre zonas volcánicas activas en la Antártida (Isla Decepción y Estrecho de Bransfield), Canarias, Etna, Stromboli y otros volcanes.

Investigadores del Grupo han liderado proyectos internacionales como MED-SUV (Mediterranean Supersite Volcanoes), que implicó un despliegue de más de un centenar de estaciones y el uso de un buque oceanográfico como fuente activa, aprovechando la experiencia de otros experimentos similares en Isla Decepción, Antártida (TOMODEC) y en Tenerife (TOMTEIDEVS), asimismo realizados por el grupo. Un tema de trabajo muy activo es el reconocimiento automático de señales y precursores sísmicos en volcanes.

En la zona de las Béticas-Mar de Alborán, el grupo ha avanzado en el conocimiento de las fuentes sísmicas y su dinámica, la estructura litosférica y su evolución tectónica, con numerosas publicaciones de impacto.

Se han realizado numerosas medidas del ruido sísmico de fondo y perfiles activos para caracterizar la estructura superficial del suelo y la respuesta sísmica local en emplazamientos de zonas urbanas de Granada y su área metropolitana, así como en otras ciudades con peligrosidad media o alta, estimaciones respuesta dinámica y de la vulnerabilidad de edificaciones, etc.

Los investigadores del Grupo son profesores en los másteres GEOMET, GEOREC y de Estructuras y en docencia de Grado en diferentes titulaciones.

Sus miembros han liderado o participado en 106 proyectos I+D+i financiados, han publicado 336 artículos de investigación, la mayoría en revistas de impacto internacional. Han liderado asimismo 230 contratos y convenios, sobre todo en el área de exploración geofísica, y han dirigido 30 tesis doctorales.

El Grupo mantiene una intensa colaboración internacional con investigadores de numerosos países: Alemania, Italia, Irlanda, México, Japón, E.E.U.U., Argentina, etc.

RNM-119 FÍSICA DE LA ATMÓSFERA

DATOS DE GRUPO

Página web: <https://atmosphere.ugr.es>

<https://produccioncientifica.ugr.es/grupos/23666/detalle>

Componentes actuales: L. Alados-Arboledas (responsable), I. Alados, J. Abril, S. Aguirre, J. Andújar, S. Aranda, E. Bazo, J.A. Bravo, A. Casans, J.A. Casquero, S.

Castillo, Y. Castro, A. Cazorla, M.J. Esteban, M.S. Fernández, I. Foyo, M. García, F.J. García, S.R. Gámiz, M. García, M.J. Granados, J.L. Guerrero, A. Kowalski, H. Lyamani, A. Mejjide, J.A. Muñiz, F. Navas, F.J. Olmo, P. Ortiz, D. Pérez, E. Pérez, A. Quirantes, F. Rejano, E. Romero, J.J. Rosa, P. Serrano, G. Titos, M. Tolentino, A. Valenzuela, P. Yeste, I. Zabala.

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

El grupo de Física de la Atmósfera (GFAT, RNM-119) comenzó su andadura con 7 componentes cuando se constituyeron los grupos PAIDI de la Junta de Andalucía (JA), en el año 1989. Actualmente cuenta con más de 35 miembros, aunque lógicamente ha experimentado variaciones en su composición y sus líneas de investigación. Su coordinador inicial fue Juan Ignacio Jiménez, hoy jubilado, y actualmente es Lucas Alados-Arboledas. Los miembros del grupo también están adscritos al IISTA (Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía) desde el año 2004, momento en que se crea, y cuyo director actual es L. Alados-Arboledas. Muchos de sus miembros actuales han sido estabilizados en la Universidad de Granada como profesores permanentes gracias a participar de manera exitosa en convocatorias altamente competitivas como Ramón y Cajal, Marie Curie o Juan de la Cierva.

En Granada, su área metropolitana y Sierra Nevada, las posibilidades de investigación en Física de la Atmósfera son excepcionales, especialmente desde el punto de vista de los intercambios energéticos del Sistema Terrestre, y en ese sentido es fundamental caracterizar los cambios en su composición, que ejercen una influencia vital en el clima terrestre, sobre los seres vivos en general y sobre la salud humana en particular. Actualmente las grandes líneas de investigación del GFAT se centran en el estudio de los flujos de gases de efecto invernadero, la caracterización y los efectos del aerosol atmosférico y la interacción aerosol-nubes, y la variabilidad y cambio climático. El GFAT cuenta con el observatorio ÁGORA (Andalusian Global Observatory of the Atmosphere), con instalaciones en Granada y Sierra Nevada, donde se realizan campañas de medida específicas, asociadas a proyectos de investigación nacionales, autonómicos e internacionales, y donde se cuenta con una gran variedad de instrumentación para medidas in-situ, medidas en laboratorio y de teledetección. El GFAT aborda también la modelización del sistema climático mediante el uso de recursos de alta computación, tanto de la UGR como de otras instituciones. Además, Granada y su Universidad cuentan también con la dedicación divulgativa del Parque de las Ciencias o la Noche Europea de los Investigadores, donde el GFAT participa anualmente con distintas actividades. El GFAT canaliza en su mayoría la investigación en Física de la Atmósfera de la Universidad de Granada, y es un grupo de calidad en cuanto a publicaciones, colaboraciones nacionales e internacionales y resultados.

El GFAT está integrado en las redes internacionales ACTRIS, EARLINET, GALLION, GAW-Global Atmosphere Watch, NFAN, AERONET, MWRNET, CLOUDNET, SPALINET y las nacionales RIMA, REDMAAS e ICENET, y ha sido también miembro asociado de la red de excelencia ACCENT. Además, el grupo ha participado activamente en las acciones COST de la UE TOPROF, COLOSSAL, InDust, PROBE y HARMONIA. Además de las medidas sistemáticas enmarcadas en redes de observación global, el GFAT ha participado en diversas campañas intensivas de medida en colaboración con expertos nacionales e internacionales. Entre ellas destacamos VELETA, CLIMARENO, AMICUS, SLOPE, AMAPOLA y BioCloud, en las que el grupo ha participado como organizador, y en las campañas internacionales CHARMEX, PEGASUS, LRMC-2017, NRT COVID-19 y CAMs21b.

Actualmente el grupo también participa en el proyecto europeo ATMO-ACCES, y ha organizado este año en las instalaciones del observatorio la AGORA Aerosol Training School. EL GFAT coordina la MSCA-RISE-2017-778349 “Development of GRASP radiative transfer code for the retrieval of aerosol microphysics vertical-profiles from space measurements and its impact in ACE missions” (GRASP-ACE), que este año inicia su segunda edición a través del programa Horizon Europe MSCA Staff Exchange, con financiación UE y participación de organismos de investigación relevantes en Europa y EE.UU.

La investigación que se desarrolla en el GFAT tiene una enorme aplicabilidad en prácticamente todos los ámbitos de la sociedad. Prueba de ello es la colaboración con la Junta de Andalucía y organismos dependientes como la Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía y CETURSA, Ayuntamiento de Granada, Endesa Generación S.A., Técnicas Territoriales y Urbanas S.L. y la Dirección General de Cambio Climático y Medio Ambiente Urbano. En el ámbito de empresas privadas, entre otras, el GFAT ha colaborado y/o colabora en el desarrollo y mejora de instrumentación con las empresas Raymetrics, CIMEL, Sieltec y GRASP potenciando la I+D+I y la transferencia de conocimiento.

RESULTADOS DESTACADOS

- Participación en la Infraestructura de Investigación ERIC ACTRIS: Aerosol, Clouds and Trace Gases, en 3 de sus 6 componentes.
- Implantación del Laboratorio Singular (ÁGORA)
<https://atmosphere.ugr.es/informacion/presentacion/agora>
- Publicaciones en las revistas de mayor impacto del área. Lista de publicaciones en <https://atmosphere.ugr.es/publicaciones/articulos>.
- Organizador del EAC-2012 (European Aerosol Conference).
- Organización de ELC2020 y ELC2021 (European Lidar Conference), formatos remoto e híbrido.



TIC-104 SISTEMAS, SEÑALES Y ONDAS

DATOS DE GRUPO

Página web: https://tic104.ugr.es/datos_inicio/

<https://tic104.ugr.es/produccion-cientifica/>

Componentes actuales: M. C. Carrión (responsable), J. F. Gómez, J. Vida, D. Blanco, J. Rodríguez y M. Morante.

Componentes históricos: S. Al Khouri, J. A. Morente, J. Portí, A. Gallego y D. P. Ruiz.

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

El grupo Sistemas Señales y Ondas nació en 1989 cuando se constituyeron los grupos PAIDI de la Junta de Andalucía. Inicialmente lo constituyeron junto con la responsable, los profesores S. Al Khouri y J. A. Morente, ambos fallecidos muy jóvenes y a los que queremos recordar por su enorme valía en este resumen. El grupo es estable, aunque ha experimentado cambios en su composición y líneas de trabajo a lo largo de su trayectoria. Además, sus componentes son miembros, desde su creación del CITIC.

Aunque el Grupo nació dentro del departamento de Física Aplicada, todos sus integrantes iniciales provenían del anterior departamento de Electricidad y Magnetismo por lo que sus líneas de investigación iniciales estuvieron ligadas a la simulación de sistemas electromagnéticos mediante métodos numéricos y el análisis de su respuesta mediante técnicas de procesamiento de señal. Durante este periodo inicial y hasta principio de los años 2000, las aportaciones fundamentales se centraron, de un lado, en el método numérico The Transmission-Line Modeling Method (TLM) y de otro, en el desarrollo de técnicas de identificación de blancos de radar, en particular del Extinction-Pulse Method (E-pulse) y del procesamiento de señal con Higher-Order Statistical signal (HOS). Este periodo de más de diez años fue muy fructífero realizándose aportaciones que dieron lugar a un número importante de tesis doctorales y de publicaciones en prestigiosas revistas de investigación en especial de las sociedades Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) e Institution of Electrical Engineers (IET). En la identificación de blancos de radar se propusieron diversas modificaciones al método E-pulse que mejoraban notablemente los resultados obtenidos por otros autores. Finalmente, en el campo del procesamiento de señal con técnicas HOS se analizaron y propusieron nuevos métodos de análisis del biespectro y triespectro, analizándose, además, la estimación de parámetros de exponenciales complejas amortiguadas, ligado estrechamente a la identificación de blanco de radar mediante el método de expansión en singularidades (SEM).

La posterior evolución del Grupo llevó a la incorporación de nuevas líneas de investigación como el desarrollo de técnicas Bayesianas aplicadas al procesamiento de señal

en Comunicaciones y Genómica con especial atención a la estimación de redes reguladoras de genes y de perfiles de proteínas a partir de microarrays de expresión genética.

Además, a partir de 2003 se incorporaron campos de trabajo relacionados con la sostenibilidad urbana y el emprendimiento. Algunos miembros de este grupo fundaron en 2004 la segunda Spin Off de la universidad de Granada, denominada UNISÓN S.L. Mediante esta empresa, se ofrecía a la sociedad productos innovadores en temas de modelización acústica. Resultados de esta actividad, son la elaboración de los dos mapas estratégicos de ruido de la ciudad de Granada, su Plan de acción contra el ruido (LORCA 2013) y la gestión de la Oficina Técnica de la Agenda 21 Local del Ayuntamiento de Granada durante más de 15 años, además de toda su producción de documentos e informes técnicos. Todo ello a partir de contratos de investigación y de prestación de servicios suscritos con la Fundación Empresa UGR y OTRI para el desarrollo de un Convenio de Colaboración suscrito entre Ayuntamiento de Granada y Universidad de Granada. En la actualidad, Jerónimo Vida es el único representante de España en los grupos de trabajo ISO WG54 y WG68 por designación de UNE. Estos grupos desarrollan la norma ISO 12913 y la ISO 16755 encargadas de estandarizar el proceso de evaluación de la percepción ciudadana del ambiente acústico en contexto y de los efectos del ruido en las personas asociados a factores no acústicos.

En el año 2013 se incorporaron nuevas líneas de investigación en el grupo: la segmentación de imágenes con técnicas de detección de bordes y de crecimiento de regiones mediante el uso de medidas de Teoría de la Información, el desarrollo de modelos semiocultos de Markov tanto discretos como continuos para la modelización, síntesis y análisis de secuencias simbólicas con aplicaciones diversas (análisis de series de datos climatológicos, cadenas de ADN, etc.), y el desarrollo de técnicas de cálculo y optimización de sistemas electromagnéticos espaciales.

A partir de 2018 se ha desarrollado una colaboración importante con el grupo TIC-190 Electrodinámica de Fenómenos Transitorios, en el análisis de los datos de campo magnético terrestre recogidos en la estación de medida situada en Sierra Nevada.

RESULTADOS DESTACADOS

- Publicaciones en las revistas de mayor impacto del área: IEEE Transactions on Antennas and Propagation, IEEE Transactions on Signal Processing, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, IEE Electronics Letters, IEE Proc.-Radar, Sonar Navig., AGU Radio Science, AGU Journal of Geophysical Research, Atmosferes, Bioinformatics, Artificial Life, Sustainability, Acoustics, Noise Mapping, Applied Acoustics.

ACTIVIDADES ORGANIZADAS

- Congresos y reuniones científicas relacionadas con las líneas de investigación.
- Coordinación del Grupo de Expertos en contaminación acústica de la Fundación CONAMA (2004-2019). Dirección de la Agenda 21 Local del Ayuntamiento de Granada (2005-2020) Coordinación y ejecución de paseos sonoros en TECNIACÚSTICA (2022-ELCHE; 2023-CUENCA).
- Participación activa en actividades de divulgación sobre Física y Acústica.

TIC-105 GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

DATOS DE GRUPO

Página web: gride.ugr.es

<https://produccioncientifica.ugr.es/grupos/23815/detalle>

Componentes doctores actuales: Juan Antonio López Villanueva (responsable), Jesús Banqueri Ozáez, Juan Enrique Carceller Beltrán, Miguel Ángel Carvajal Rodríguez, Pablo Escobedo Araque, Rebeca Victoria Herrero Hahn, Francisco Manuel Gómez Campos, Juan Antonio Jiménez Tejada, Nuria López Ruiz, Antonio Martínez Olmos, Ignacio Melchor Ferrer, Alberto J. Palma López, Salvador Rodríguez Bolívar, Pablo Rodríguez Iturriaga, Adrián Romero Cáceres, Isidoro Ruiz García.

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

El grupo de investigación en dispositivos electrónicos (GRIDE) comenzó su actividad con tres miembros en enero de 1985, fecha de inicio registrada en la base de datos de la Junta de Andalucía, aunque en 1989, fecha de constitución de los grupos PAIDI, ya contaba con seis miembros. Su coordinador inicial fue Pedro Cartujo Estébanez, que tras su jubilación fue sustituido por Juan Enrique Carceller Beltrán desde 2006 hasta 2023, y en este último año ha pasado a actuar como responsable Juan Antonio López Villanueva, CU de Tecnología Electrónica del Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores, al que están adscritos también los demás miembros que componen el grupo en la actualidad.

El grupo TIC105 es uno de los dos grupos más antiguos del departamento. Tras un rápido crecimiento inicial llegó a constar de 24 miembros en diciembre de 2008, fecha en la que sufrió una escisión de 14 de sus miembros que constituyeron el grupo TIC216, que a su vez ha sufrido posteriores separaciones. En consecuencia, el grupo TIC105 fue el germen de cuatro grupos PAIDI constituidos en la actualidad.

En su fase inicial, el grupo creó un laboratorio de caracterización de dispositivos semiconductores e inició su andadura centrado en la caracterización, modelado y simulación de dispositivos electrónicos fabricados en silicio, tanto bipolares como en tecnología Metal-Óxido-Semiconductor, principalmente en el estudio de estados electrónicos, transporte de portadores de carga, y ruido, líneas en las cuales se desarrollaron las primeras tesis doctorales. Más adelante diversificó su actividad investigadora sobre dispositivos electrónicos extendiéndola al modelado de estructuras fabricadas con semiconductores orgánicos y a los efectos de la radiación ionizante sobre transistores de efecto de campo, con aplicación en dosimetría clínica, e incorporó nuevas líneas sobre sensores y sistemas de instrumentación y sobre dispositivos para la generación de energía, como son las células solares multiunión, orgánicas, de perovskita y basadas en puntos cuánticos. Más recientemente ha abierto una nueva línea sobre dispositivos de almacenamiento de energía, centrada por ahora en el modelado de baterías de iones de litio. Sobre todos estos dispositivos existen varias tesis doctorales en marcha en la actualidad.

COLABORACIONES

El grupo TIC105 ha desarrollado su actividad contando con sus propios miembros y también en colaboración activa con otros grupos, tanto de la universidad de Granada como de otros centros nacionales e internacionales. En las fases iniciales colaboró con investigadores del Centro Nacional de Microelectrónica de Barcelona, estudiando los primeros dispositivos Metal-Aislante-Semiconductor que se fabricaron en ese centro, y más adelante con el Laboratorio LPCS de Grenoble (Francia). En el estudio del ruido en dispositivos electrónicos ha colaborado activamente con centros relevantes como IMEC (Lovaina-Bélgica) o la Universidad de McMaster (Hamilton-Canadá). En el estudio del MOSFET como dispositivo para dosimetría clínica colabora con el centro TYNDALL (Cork, Irlanda), en dispositivos basados en puntos cuánticos mantiene una colaboración estable con investigadores de la Universidad de Leeds (Reino Unido), en el caso de las baterías de iones de litio colabora con investigadores de la Universidad de Oviedo, y en sistemas de instrumentación, con aplicación especial a sensores químicos, mantiene desde hace más de veinte años una estrecha colaboración con investigadores del grupo PAIDI FQM118, del departamento de Química Analítica.

En el marco de esta última colaboración, un subgrupo de investigadores del grupo TIC105, junto con investigadores del FQM118 y miembros de otros grupos de ingeniería electrónica y de telecomunicación, química e informática, constituyeron el grupo interdisciplinar ECsens (<http://wpd.ugr.es/~ecsens/>), centrado en el diseño y caracterización de sensores ópticos, dispositivos microfluídicos e instrumentación portátil, que desarrolla numerosos proyectos de investigación y transferencia en campos

variados como biomedicina, medioambiente y agroalimentaria, con especial dedicación al empleo en análisis químico de *smartphones* y tabletas en conjunción con sensores impresos.

RESULTADOS DESTACADOS

Los investigadores del grupo TIC 105 han participado en numerosos proyectos de investigación de ámbito local, autonómico, nacional y europeo, han publicado una multitud de artículos en revistas científicas de alto impacto internacional, han presentado ponencias e impartido charlas invitadas en congresos y conferencias de la máxima relevancia, han desarrollado también numerosos proyectos de transferencia de tecnología con empresas, y participan en una empresa spin-off de la Universidad de Granada. Recientemente, investigadores del grupo TIC105 participan y dirigen dos cátedras Universidad-Empresa junto con las compañías Valeo Iluminación (Cátedra Valeo-UGR sobre ciencia a escala cuántica) y MFS IDI (Cátedra en Electrónica en eficiencia, electrificación y energía sostenible).

TIC-127 TÉCNICAS DIGITALES (DiTEC, Digital TEChniques)

DATOS DE GRUPO

Página web: <https://ditec.ugr.es/>

<https://produccioncientifica.ugr.es/grupos/23821/detalle>

Componentes actuales: L. Parrilla (responsable), A. Lloris, A. García, E. Castillo, y V. Toral.

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

El grupo de investigación DiTEC (Tecnicas Digitales, Digital TEChniques) se fundó en 1995 en el seno del Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores, por el profesor Antonio Lloris. En aquel entonces, el grupo estaba integrado también por Luis Parrilla Roure y Antonio García Ríos. Inicialmente, las líneas de investigación del grupo estaban dedicadas a la implementación hardware de circuitos aritméticos para computación de altas prestaciones. Posteriormente, el grupo de ampliaría con investigadores predoctorales tanto nacionales como extranjeros que realizarían sus tesis en las líneas de investigación del grupo. En esta primera etapa también se iniciaría la colaboración con el grupo del profesor Uwe Meyer, de la Florida State University, con el que fueron realizando estancias de investigación los doctorandos del grupo, y que continúa hoy en día a través de diversas publicaciones y participaciones

en proyectos de investigación. Como consecuencia de todo ello, se consiguieron los primeros proyectos de investigación nacionales que permitieron profundizar y ampliar las líneas de investigación, defender más tesis doctorales y estabilizar la estructura del grupo. Con estas nuevas incorporaciones, y el conocimiento previo, se fueron ampliando las líneas de investigación, dirigiéndolas ya hacia el procesamiento digital de señales de altas prestaciones en FPGAs.

A partir del año 2010 se hizo cargo de la coordinación del grupo Luis Parrilla, y se abrieron nuevas colaboraciones y líneas de investigación, entre las que destacan las dedicadas a la instrumentación inteligente reconfigurable y el desarrollo de procesadores criptográficos implementados en hardware. Estas nuevas líneas permitieron la colaboración con otros grupos de investigación, como ECSSENS, que reúne a investigadores de los departamentos de Electrónica y Química Analítica de la UGR, o el grupo FQM211 de la Universidad de Almería.

En estos últimos años, el grupo ha ido profundizando en estas líneas y buscando colaboraciones y sinergias con otros grupos y entidades. Fruto de ello, han surgido oportunidades de transferencia con empresas de primer nivel, tanto regional con ENDESA o MELFOSUR S.L., como internacional, con la multinacional alemana Infineon Technologies A.G. o su filial Eesy Innovation GmbH. En el caso de estas últimas, la transferencia no se ha limitado solamente a contratos de investigación, sino que actualmente el grupo dirige varias tesis doctorales a ingenieros empleados en las mismas.

Asimismo, se ha participado en distintas convocatorias para la dotación de infraestructuras, junto a distintos grupos de investigación de la UGR, que han permitido ampliar considerablemente el instrumental de laboratorio del que dispone el grupo. Gracias a ello, actualmente se dispone de instrumentos de última generación para la depuración de sistemas digitales de altas prestaciones, así como placas de evaluación de FPGAs de todo tipo y distintos fabricantes, incluidas las más avanzadas. Con estas últimas colaboraciones y adquisiciones, se han abierto nuevas líneas dedicadas a la gestión inteligente de energía, en colaboración el grupo TIC-105, y la Cátedra Electrónica en eficiencia, electrificación y energía sostenible”, y a la implementación hardware de sistemas de inteligencia artificial, con aplicación al desarrollo de antenas basadas en superficies reconfigurables, en colaboración con diversos grupos de investigación, como el grupo TIC-131, o el TIC-244. Por otra parte, la línea dedicada al desarrollo de procesadores criptográficos se está orientando en la actualidad hacia la criptografía post-cuántica, incorporando doctorandos internacionales a la misma.

Como puede verse, a pesar de contar con un número no demasiado elevado de componentes, ha sido desde siempre un grupo muy activo, liderando y participando en proyectos de investigación con otros grupos, con una intensa actividad en transferencia, y abierto siempre a explorar nuevas líneas y colaboraciones.

RESULTADOS DESTACADOS

- Numerosas publicaciones en revista de alto impacto, como la IEEE IoT Journal, IEEE Transactions on Computers, IEEE Transactions on VLSI, Digital Signal Processing, o The Journal of Supercomputing.
- Desarrollo del procedimiento IPP@HDL para la protección de la propiedad intelectual de diseños digitales de alto nivel, y liderazgo del proyecto de investigación coordinado con la Universidad Autónoma de Madrid IPP@HDL.
- Desarrollo de un criptoprocesador compacto unificado con criptografía simétrica y asimétrica para dispositivos IoT.
- Liderazgo y participación en numerosos contratos de transferencia en colaboración con empresas como ENDESA, MFS IDI, MELFOSUR, Infineon Technologies A.G. o eesy-innovation GmbH.

ACTIVIDADES ORGANIZADAS:

El grupo ha participa también en los comités científicos y de dirección de diversos congresos internacionales, como PRIME (International Conference on PhD Research in Microelectronics and Electronics) o DCIS (Design of Circuits and Integrated Systems Conference). En el año 2016 organizó la XXXI edición del DCIS en Granada, y actualmente participa en la organización para la edición del año 2024 del congreso nacional SAAEI (Seminario Anual de Automática y Electrónica Industrial) en Granada. Por otra parte, el grupo ha tenido y tiene una participación activa en actividades de divulgación como la Noche de los Investigadores o la Semana de la Ciencia.

TIC-131 ELECTROMAGNETISMO

DATOS DE GRUPO

Página web: <https://geg.ugr.es>

Componentes actuales: Amelia Rubio Bretones (responsable), Salvador González García, Mario Fernández Pantoja, Luis Díaz Angulo, Miguel Ruiz-Cabello Nuñez, Jesús Álvarez, Rafael Gómez Martín, Alberto Gascón Bravo, Alejandro Muñoz Manterola, Antonio Martín Valverde, Juan José Omiste y Kenan Tekbas

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

El grupo TIC-131 denominado Grupo de Electromagnetismo de Granada (GEG) se formó a principios del año 1980, siendo sus creadores D. Bernardo García Olmedo y D. Rafael Gómez Martín actuando desde entonces el profesor Rafael Gómez como investigador responsable, labor que ha realizado ininterrumpidamente hasta su jubilación, como profesor emérito, en el año 2020, fecha en la que la profesora Amelia Rubio tomó el relevo.

El grupo de investigación GEG trabaja, por un lado, en el campo de los métodos numéricos, en el desarrollo de software para la simulación y diseño mediante ordenador de sistemas electromagnéticos y, por otro, dentro del campo teórico-experimental, en el desarrollo de los fundamentos teóricos y de simuladores software para nanoelectromagnetismo y nanoantenas, en el diseño de antenas reconfigurables para telecomunicaciones y de bobinas para terapias médicas así como en la aplicación del radar de penetración en tierra o georadar en ámbitos tales como son la optimización de la explotación en canteras de mármol, prospección arqueológica y estudio de la conservación de edificios de interés arquitectónico.

El rango de aplicación dentro de la simulación numérica abarca desde el diseño de sistemas de comunicación (guías de ondas, fibras ópticas, antenas y radar) a problemas de compatibilidad electromagnética (EMC), fundamentalmente en la industria aeronáutica, pasando por el estudio de efectos biológicos del campo electromagnético y aplicaciones médicas e industriales de las microondas.

Es de señalar que una característica del grupo es su interés en participar en proyectos de utilidad tanto para la industria como para nuestro entorno social y económico. En este sentido, por lo que respecta al desarrollo de métodos numéricos y de software el grupo mantiene desde hace años, contratos con la empresa aeronáutica AIRBUS para el uso de nuestro software numérico SEMBA (Simulador ElectroMagnético de Banda Ancha). Adicionalmente se mantienen contratos con las empresas Mitsubishi Aircraft Corporation así como con otras compañías tales como INDRA, INTA, HUAWEI e IKERLAN. Dentro de este contexto cabe destacar, nuestra participación en dos grandes proyectos europeos específicamente enfocados a la industria aeronáutica: uno ya finalizado, “HIRF (High Intensity Radiated Field) que estuvo enfocado a proveer a la industria aeronáutica de herramientas numéricas para resolver problemas de compatibilidad electromagnética y otro proyecto actual, también europeo de excelencia, en el que al igual que en el anterior participan todas las empresas aeronáuticas europeas, denominado “Electric and Hybrid Electric Aircraft Developments” y cuyo objetivo es el desarrollo de un prototipo de avión comercial eléctrico para el año 2034.

Como consecuencia de esta actividad se ha creado la empresa ELEMWAVE, con sede en Granada, de la que forman parte, como socios, la mayor parte de los investigadores del grupo.

Por otro lado se han desarrollado proyectos para diferentes empresas y organismos públicos como, por ejemplo, los enfocados a prospecciones arqueológicas para la Alhambra de Granada y los ayuntamientos del Ejido, Atarfe y Almería. Además se han desarrollado proyectos enfocados a la optimización de la explotación de canteras de mármol para la empresa de la industria del mármol Consentino y el Centro Tecnológico del mármol de Almería.

RESULTADOS DESTACADOS

Se han publicados numerosos artículos en revistas de prestigio internacional que abarcan desde las diversas especialidades de IEEE (Antennas and Propagation, Microwave Theory and Techniques, Electromagnetic Compatibility, Microwave Theory and Techniques, Terahertz Science and Technology, etc.) pasando por otras tales como Physical Review, Microwave and Optical Technology Letters, Electromagnetics, Near Surface Geophysics y Microwave and Optical Technology Letters.

Se ha participado, además de en numerosos proyectos/contratos con administraciones y empresas nacionales e internacionales, en diferentes proyectos europeos que abarcan temáticas relacionadas con la industria aeronáutica, con el diseño de antenas fractales y con las aplicaciones médicas y efectos biológicos de los campos electromagnéticos.

Se han organizado diferentes congresos, cursos y seminarios, tanto nacionales como internacionales.

Se ha creado la empresa ELEMWAVE enfocada, principalmente, a la industria aeronáutica, naval y de automóviles.

Desde el punto de vista docente se han elaborado diferentes publicaciones, destacando la reciente publicación por el profesor emérito Rafael Gómez Martín del libro “Campo electromagnético para físicos e ingenieros: Radiación y Propagación”.

TIC-190 ELECTRODINÁMICA DE FENÓMENOS TRANSITORIOS

DATOS DE GRUPO

Página web: https://electrodinamicatic190.ugr.es/datos_inicio/ <https://produccioncientifica.ugr.es/grupos/23833/detalle>

Componentes actuales: J. Fornieles (responsable), A. Salinas, J. Portí, I. Sánchez. Colaboradores: S. Toledo (UMU), Enrique Navarro (UVA)

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

El grupo de Electrodinámica de Fenómenos Transitorios se formó en 2003 con miembros del Departamento de Física Aplicada y miembros del Departamento de Electromagnetismo y Física de la Materia, siendo Juan Antonio Morente un miembro clave para su creación y asentamiento por su gran profesionalidad y calidad humana. Los componentes compartían su formación en métodos numéricos en electromagnetismo. El primer coordinador fue Alfonso Salinas y actualmente lo es Jesús Fornieles.

Desde su formación, la actividad investigadora del grupo se centra en la simulación numérica, mediante el método TLM (Transmission Line Matrix), de la propagación, radiación y dispersión de ondas electromagnéticas en medios electromagnéticamente complejos (in-homogéneos, anisótropos y dispersivos). Concretamente se han estudiado propagación electromagnética en atmósferas planetarias, metamateriales y plasmas espaciales. El método TLM resuelve numéricamente las ecuaciones de Maxwell en el dominio del tiempo estableciendo una equivalencia entre dichas ecuaciones, convenientemente discretizadas en el espacio y en el tiempo, y un modelo de líneas de transmisión interconectadas entre sí. Los miembros del grupo de investigación han participado activamente en el desarrollo del método así como en su rango de aplicaciones.

Además de esta faceta numérica, el grupo ha desarrollado una trayectoria investigadora experimental centrada en el diseño, desarrollo y puesta en funcionamiento de una estación de medida de ondas electromagnéticas de baja frecuencia (banda ELF). El diseño y desarrollo han sido originales y llevados a cabo por Jesús Fornieles. La estación se encuentra ubicada en el corazón del parque nacional de Sierra Nevada, lejos de fuentes de ruido electromagnético.

La estación ha producido una gran cantidad de datos de interés en el estudio de la electrodinámica de la atmósfera (resonancias de Schumann) que han sido analizados y sus conclusiones publicadas y además puestos a disposición de la comunidad científica.

Actualmente el grupo mantiene una línea de investigación sobre generación y propagación de ondas electromagnéticas de baja frecuencia en plasmas fríos magnetizados en la que se estudian los mecanismos de generación y propagación de ondas EMIC (Electromagnetic Ion Cyclotron) en el viento solar y el papel que pueden jugar los iones pesados. Así mismo, el grupo participa en colaboraciones internacionales con grandes proyecciones de futuro.

El grupo imparte docencia universitaria tanto a nivel de grados como de máster manteniendo un esfuerzo por la innovación y la divulgación participando en: proyectos de innovación docente, semana de la ciencia, proyectos PIISA, etc.

RESULTADOS DESTACADOS

- Publicaciones en las revistas de mayor impacto del área: Journal of Geophysical Research, Computers and Geosciences, IEEE, Journal of Computational Physics.
- Desarrollo y puesta en funcionamiento de la estación de medida del campo electromagnético natural en la banda de frecuencias ELF (Extremely Low Frequency) “Juan Antonio Morente” situada en Sierra Nevada.
- Participación activa en la COST ACTION ELECTRONET.

ACTIVIDADES ORGANIZADAS

Reuniones científicas relacionadas con las líneas de investigación.

Participación activa en actividades de divulgación sobre electricidad atmosférica, resonancias de Schumann : Semana de la Ciencia, proyecto PIISA, etc.

TIC-216 NANO ELECTRÓNICA – LABORATORIO SINGULAR DE NANO ELECTRÓNICA, GRAFENO Y MATERIALES BIDIMENSIONALES

DATOS DE GRUPO

Página web: https://nanoelectron.ugr.es/datos_inicio/

<https://investiga.ugr.es/laboratorio-singular/nanoelectronica-grafeno-y-materiales-bidimensionales/>

Componentes actuales: F. J. Gámiz Pérez (responsable), C. Sampedro, L. Donetti, J.L. Padilla, C. Navarro, C. Márquez, C. Medina, J.C. Galdón.

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

El grupo de investigación en Nanoelectrónica nació en 2008 a partir de investigadores del grupo TIC 105. El grupo es estable, aunque ha experimentado cambios en su composición y ha ido ampliando sus líneas de trabajo. Los miembros son responsables desde su creación del CITIC, dirigido en la actualidad por el Prof. Gámiz. Aunque inicialmente estaba formado únicamente por físicos, rápidamente tomó una orientación multidisciplinar que hace que, en la actualidad, lo conformen físicos, ingenieros en electrónica, ingenieros en telecomunicación, químicos y bioquímicos

Inicialmente, el grupo centró su investigación en el estudio del transporte de portadores de carga en semiconductores y en la simulación avanzada de dispositivos electrónicos. Esta línea de investigación se ha mantenido y desarrollado hasta la actualidad,

ha permitido numerosas colaboraciones con grupos internacionales y ha hecho que el grupo TIC-216 sea referente a nivel internacional en simulación y modelado. En particular, las actividades en esta línea se centran en las siguientes áreas:

- Cálculo de estructura de bandas: métodos atomísticos (ab-initio, tight-binding, método del pseudopotencial)
- Electrostática: Resolución autoconsistente de las ecuaciones de Poisson-Schrödinger en estructuras 2D y 3D de geometría arbitraria.
- Transporte: Solución de la ecuación de transporte de Boltzmann por el método de Monte Carlo multisubbanda en estructuras semiconductoras 2D y 3D.

Con la creación del CITIC, el grupo abrió una nueva línea experimental dedicada a la caracterización eléctrica y estructural de dispositivos y nuevos materiales. De esta forma, se consigue una actividad complementaria, ya que los datos experimentales obtenidos pueden utilizarse para validar las herramientas de simulación desarrolladas en la otra línea y, del mismo modo, es posible explicar el comportamiento de ciertos dispositivos e interpretar las medidas realizadas gracias a las herramientas de simulación. Entre las líneas desarrolladas durante estos años relacionadas con la caracterización se encuentran:

- Caracterización estructural y eléctrica de nanodispositivos electrónicos: Medidas DC, AC, transitorios, pulsadas a baja y alta temperatura de dispositivos electrónicos sobre oblea (hasta 300mm) y encapsulados.
- Caracterización bajo la aplicación de campos magnéticos, efecto Hall, ruido de baja frecuencia, caracterización de RF.
- Desarrollo de nuevas técnicas de caracterización electrónica.
- Caracterización con microscopía de fuerza atómica (topografía, medidas eléctricas con resolución nanométrica de estructuras semiconductoras, en ambiente controlado, vacío, medidas en líquidos, con control de temperatura, etc.)

Finalmente, en 2016 se inauguran las primeras infraestructuras de fabricación del grupo dando lugar a la tercera línea de investigación básica dedicada a la síntesis y fabricación de dispositivos basados en materiales bidimensionales. Dicha infraestructura cuenta con una sala limpia de 100m² clase 1000 que alberga el equipamiento para la fabricación de dispositivos de grafeno y TMDs: Equipo de litografía. Sistema de escritura láser directo con resolución submicrométrica. Sistema de deposición física de vapor (PVD) para la deposición de hasta 6 metales diferentes sin romper las condiciones de vacío. Horno CVD para crecimiento de materiales 2D (grafeno, hBN, TMDs...). Sistema Reactive Ion Etching (RIE) con O₂, Ar, SF₆ y CF₄ para grabar las capas

depositadas. Sistema ALD mejorado por plasma para el crecimiento de capas atómicas de diferentes materiales semiconductores bidimensionales. Gracias a este equipamiento, el grupo TIC-216 tiene abiertas las siguientes líneas de trabajo:

- Fabricación de películas de grafeno por ablación con láser de óxido de grafeno sobre diferentes sustratos (Si, sustratos flexibles, papel, tejidos, nanotelas, etc.)
- Fabricación de láminas de grafeno transparente por CVD sobre diferentes sustratos.
- Fabricación de cristales de semiconductores bidimensionales TMDs (dicalcogenuros de metales de transición: MoS₂, WS₂, MoSe₂, WSe₂, etc.).
- Transferencia de cristales semiconductores TMDs sobre diferentes sustratos.
- Caracterización estructural y eléctrica de grafeno, rGO, y TMDs.
- Funcionalización de grafeno sobre diferentes sustratos.
- Fabricación de sensores basados en DNA usando grafeno, y RGO.
- Fabricación de transistores y estructuras de Van-der-Waals basadas en cristales de TMDs.

Finalmente, en los últimos años, se han desarrollado 2 líneas de investigación aplicada que buscan resolver los retos planteados por la sociedad:

1. Diseño de nanodispositivos electrónicos de aplicación específicos para computación y almacenamiento de información:
 - a. Celdas de memoria avanzadas de un solo transistor (18 patentes)
 - b. Microscopía de barrido de microondas de estructuras semiconductoras
2. Aplicaciones biomédicas de la Nanoelectrónica:
 - a. Biosensores: Pseudo-MOS, nanotubos de carbono, grafeno y TMDs
 - b. Diagnóstico médico basado en microscopía de barrido de microondas de tejidos humanos.

Todas las líneas anteriores se desarrollan en el marco de una red internacional: El laboratorio de Nanoelectrónica de la Universidad de Granada es miembro del Instituto SINANO (<http://www.sinano.org>). El Instituto SINANO es una organización europea sin ánimo de lucro que engloba a todos los centros de investigación, universidades e industrias europeas activas en el campo de la Nanoelectrónica. El Sinano Institute engloba a más de 1200 investigadores de 23 instituciones de 12 países europeos.

Además, el Laboratorio de Nanoelectrónica ha participado en numerosos proyectos europeos de los programas FP5, FP6, FP7, H2020, ECSEL, ENIAC, y EUREKA colaborando con numerosas instituciones tanto europeas como internacionales. Los miembros del Laboratorio de Nanoelectrónica han coordinado tres proyectos europeos EUROSOL en FP6, EUROSOL+ en FP7 y REMINDER en H2020. Además tiene

colaboraciones continuadas con instituciones de todo el mundo (Europa, EE.UU, Taiwán, Corea...). Estas colaboraciones se traducen en un intercambio continuo de investigadores y conocimiento. En particular, cabe destacar las colaboraciones con MINATEC en Grenoble, con el Prof. Sorin Cristoloveanu (Dr. Honoris Causa por la UGR a propuesta del grupo), la Universidad de Glasgow (Prof. Asen Asenov) y con la NCTU de Taiwán (Prof. Edward J. Chang) de la que surgió un acuerdo de cotutela internacional que continúa en vigor.

TIC-250 PERSVASIVE ELECTRONICS ADVANCED RESEARCH LABORATORY (PEARL)

DATOS DE GRUPO

Página web: <https://www.ugr.es/~pearl/index.htm>

<https://produccioncientifica.ugr.es/grupos/23844/detalle>

Componentes actuales: F. García Ruiz (responsable), N. Rodríguez, A. Godoy, I. M. Tienda-Luna, E. González Marín, A. Rivadeneyra, F. Pasadas, C. Moraila, F. J. Romero, M. Ganeriwala

EVOLUCIÓN E HISTORIAL DEL GRUPO

El grupo PEARL fue creado inicialmente con tan solo 4 componentes en el año 2017. Se trata, por tanto, de un grupo en proceso de crecimiento, con una actividad incesante de captación de talento que ha permitido incorporar personal investigador postdoctoral a través de, entre otras, las convocatorias Marie-Sklodowska Curie, Ramón y Cajal, Juan de la Cierva o María Zambrano. Actualmente, el grupo está compuesto por cinco profesores, cinco investigadores postdoctorales y un amplio número de investigadores en formación.

Los componentes del grupo PEARL cuentan con experiencia contrastada en el contexto de la electrónica, donde han realizado numerosas contribuciones en un amplio espectro de aplicaciones que incluyen, entre otras, la simulación multiescala de nanodispositivos electrónicos, la caracterización electrónica avanzada, los materiales bidimensionales, células de memoria, memristores y circuitos neuromórficos, electrónica flexible, sensores y transductores, o el diseño de dispositivos y circuitos energéticamente eficientes.

En el contexto de estas líneas de investigación, el grupo ha equipado un laboratorio de fabricación y caracterización de dispositivos electrónicos, con características únicas en el entorno, facilitando el desarrollo de una línea experimental de gran relevancia, el diseño de dispositivos flexibles basados en grafeno inducido por láser (LIG

– *Laser-Induced Graphene*), con aplicaciones diversas. Además, el equipamiento disponible habilita a los investigadores del grupo a participar en proyectos de caracterización de nanodispositivos electrónicos en baja y alta frecuencia.

Asimismo, el grupo ha desarrollado un conjunto de herramientas de simulación multiescala para el estudio de dispositivos electrónicos basados en materiales bidimensionales, con aplicación en electrónica bioinspirada, iontrónica, optoelectrónica o dispositivos de radiofrecuencia, entre otros. Los modelos desarrollados permiten el análisis de nanodispositivos desde un nivel de descripción atómico hasta un modelo circuital compacto, que habilita la simulación de circuitos y sistemas complejos buscando su aplicación comercial.

En el contexto de estas líneas de trabajo, los componentes del grupo han realizado una importante labor de formación en investigación, con más de 15 Tesis Doctorales dirigidas o en desarrollo. La formación de nuevos investigadores a todos los niveles es uno de los principales focos de trabajo del grupo, por lo que sus componentes desarrollan una continuada labor en la dirección de trabajos tutelados a nivel de grado y posgrado, así como de tutela de estudiantes internacionales.

La internacionalización conforma también un sello de identidad de este grupo. Nuestro trabajo diario se enmarca en un contexto de colaboración continua con empresas e instituciones internacionales. Así, investigadores formados en el seno del grupo desarrollan actualmente su labor en universidades, laboratorios y empresas de enorme prestigio mundial, tales como Università di Pisa, Technische Universität München, RWTH Aachen, Texas University, RIKEN (Instituto de Ciencias Naturales de Japón), Infineon, AMO GmbH, Global TCAD o Eesy Innovation, entre otras.

Nuestro interés por la creación de redes de trabajo y colaboración también incide en el contexto nacional y regional, donde mantenemos relaciones activas con empresas del sector en nuestro entorno, tales como Eesy Innovation Spain S.L. o Atarfil, y a nivel nacional, como Graphenea S.L. A nivel universitario, colaboramos con investigadores de otras instituciones relevantes, como la Universitat Autònoma de Barcelona o la Universidad Autònoma de Madrid. A nivel local participamos activamente en Unidades de Excelencia, tales como *Modeling Nature: from Nano to Macro* y *Técnicas Avanzadas de Telecomunicaciones*.

El grupo trata de difundir el conocimiento que genera mediante la participación continua en actividades de divulgación científica, y ha estado involucrado, entre otras, en eventos como la Noche Europea de l@ Investigador@s, la Semana de la Ciencia, la Feria de las Ingenierías, así como actividades promocionales asociadas al Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia. El grupo contribuye activamente a la promoción de la Igualdad en la Ciencia y la Ingeniería, y está muy involucrado con todas las actividades promocionadas con este fin.

RESULTADOS DESTACADOS

- Publicaciones en las revistas de mayor impacto del área: Advanced Electronics Materials, npj Flexible Electronics, npj 2D Materials and Applications, Nanotechnology, IEEE Trans. Power Electronics (ver lista de publicaciones en la web del grupo).
- Participación en diversos proyectos de investigación básica y aplicada en convocatorias a nivel local (UGR), regional (Junta de Andalucía), nacional (Ministerio de Ciencia) y europeo (H2020).

ACTIVIDADES ORGANIZADAS

Congresos y reuniones científicas relacionadas con las líneas de investigación.
Participación activa en actividades de divulgación.



EVOLUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN. BREVE ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO

Estrella FLORIDO NAVÍO

En nuestra Universidad, y en particular en la rama de la Física, docencia e investigación se han desarrollado de forma paralela. Una docencia innovadora está respaldada por una investigación pionera y de excelencia. Por eso, aunque estamos celebrando el 50 aniversario de los estudios de Física en la UGR, aprovechamos para analizar brevemente la evolución en cifras de la investigación relacionada.

Para este trabajo, los datos (tomando la *Web of Science* como fuente) nos han sido proporcionados por Carmen Huertas y Daniel Torres Salinas, Coordinador de evaluación del impacto social, en el Vicerrectorado de Innovación Social, Empleabilidad y Emprendimiento.

En octubre de 2023, la Universidad de Stanford publicó el “Ranking of the World Scientists: World’s Top 2% Scientists”, que identifica a los mejores investigadores del mundo basándose en las citas de sus trabajos, considerando distintos factores de impacto. La UGR sitúa este año a 154 investigadores entre los más influyentes del mundo en las distintas áreas científicas según este estudio. Entre ellos vemos que algo más del 10% trabajan en alguna rama de la Física. Estos éxitos individuales se reflejan también en el buen resultado obtenido por Física en la UGR en el conocido ranking de Shanghai: si consideramos esta especialidad, está entre las 400 mejores universidades del mundo.

Es muy probable que este buen resultado esté relacionado con el trabajo constante y a veces muy complicado de personas entusiastas a lo largo de muchos años, que ha permitido crear la infraestructura y obtener los medios, materiales y humanos, para tener actualmente una investigación de calidad y puntera.

A continuación vamos a analizar brevemente cómo ha evolucionado, en cifras, la investigación en Física en la Universidad de Granada.

EVOLUCIÓN EN LA PRODUCCIÓN

En primer lugar vamos a estudiar cómo ha ido evolucionado anualmente el número de publicaciones relacionadas con la Física en la UGR. Para ello representamos

en la figura 1 la producción anual (panel superior), desde el año 1981 hasta el 2022. Podemos apreciar un aumento constante hasta el 2011; a partir de este año se produjo una estabilización. El crecimiento ha sido tal que en los primeros 15 años se consiguió alcanzar las 100 publicaciones anuales, pero en los 17 siguientes esta producción se ha multiplicado por cinco, al rozarse las 500 publicaciones en el año 2012.

En los paneles intermedios de la figura 1 representamos las variaciones anuales, en valores absolutos y en tanto por ciento. Si consideramos el periodo 1981-2010, solo



Figura 1. Evolución en la producción científica. En cada panel, en orden descendente: (a) Número de publicaciones anuales. (b) Variación, en número, de cada año respecto al anterior. (c) Porcentaje anual de variación respecto al año anterior y (d) Desde el año 2000, contribución anual de la producción de Física a la total de la UGR, en porcentaje.

en 7 de los 30 años la variación es negativa, y además pequeña. A partir del 2010, al ser la producción bastante mayor, también lo son las oscilaciones anuales, pero vemos que pueden ser positivas o negativas, alrededor del cero, por lo que la producción es bastante estable. Esto también lo vemos en el tanto por ciento de variación. Lógicamente, las oscilaciones en valores absolutos son mayores en los últimos años, cuando la producción es mayor, mientras que las variaciones en porcentaje son mayores los primeros años, cuando la producción anual es más pequeña.

La contribución de Física a la producción total de la UGR se ha mantenido bastante estable a lo largo de los años. Si consideramos el periodo 1981-2022 ha sido del 12%. Calculando este valor para un intervalo menor, 2003-2012, obtenemos el 13%, valor que disminuye un poco (10%) considerando los siguientes 10 años (2013-2022). En el intervalo 2018-2022 se mantiene en el 10%. En el cuarto panel de la figura 1 representamos la evolución anual de este porcentaje a partir del año 2000. Si la contribución de Física al total de la UGR, aunque muy relevante, ha disminuido ligeramente en los últimos años se debe al desarrollo de la investigación también en otras ramas, lo que ha hecho que la investigación en la UGR globalmente adquiera cada vez más relevancia.

EVOLUCIÓN DEL IMPACTO

De forma paralela al crecimiento en producción, también ha aumentado el número de citas recibidas por los trabajos publicados. Esto se puede ver en el panel superior de la figura 2. Pero si observamos el segundo panel, con el promedio de citas por trabajo, vemos que ha sido bastante estable. Las publicaciones realizadas en los primeros años analizados, aunque en número son menos, no así en calidad e impacto científico. Para comparar con el impacto de las publicaciones realizadas en Física en el mundo, tenemos el tercer panel, donde representamos el promedio normalizado, que nos dice lo siguiente: Por ejemplo, si un año el valor es 1.10, sabemos que los trabajos realizados en ese año tienen un 10% más de citas que la media mundial en la especialidad. Como vemos en esta figura, prácticamente todos los valores están por encima del 1, siendo incluso algo mayor que 3 en 2016.

Si consideramos promedios normalizados de citas durante intervalos temporales más amplios, calculamos que es de 1.48 considerando todos los años de los que tenemos los datos de producción (1981-2022) y un valor claramente superior (1.74) si lo hacemos para los últimos diez años (2013-2022).

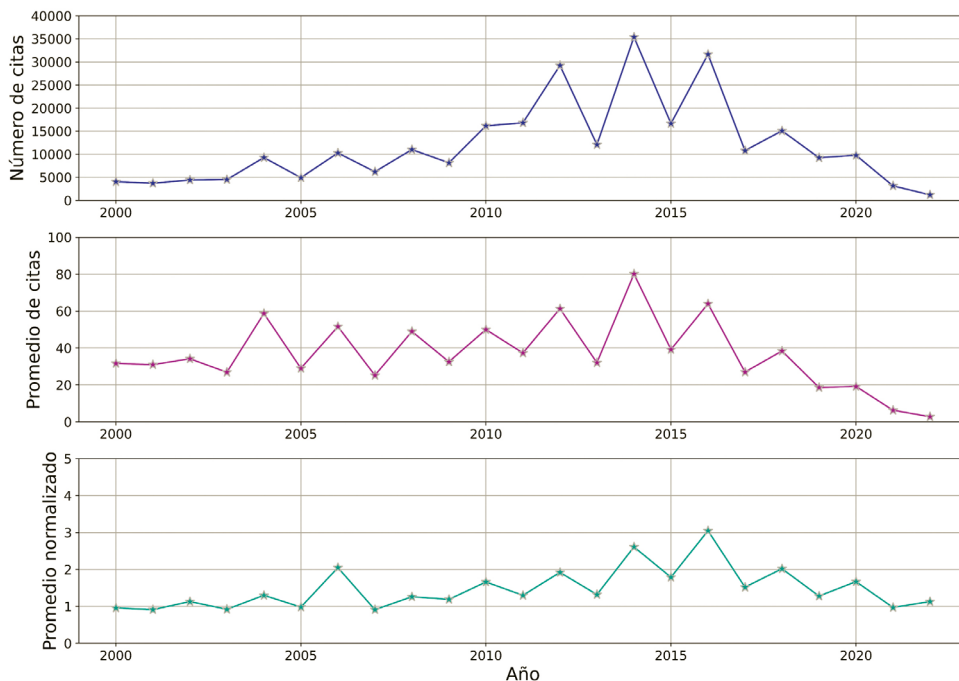


Figura 2. Evolución del impacto científico.

ESTUDIO POR RAMAS

Hasta ahora hemos realizado el análisis de forma global, considerando todas las ramas de la Física. Podemos ir un poco más allá y ver la producción en cada una de ellas durante todo el periodo completo para el cuál tenemos datos (1981-2022, figura 3) o en los últimos cinco años (2018-2022, figura 4). Para el primer caso también tenemos el número de citas recibidas y, por tanto, el promedio de citas por publicación. Vemos cómo la investigación en Física en la UGR ha tenido en todo momento un alto impacto en general.

Categoría Web of Science	Número de documentos Web of Science	Número de citas recibidas	Promedio de citas
PHYSICS, PARTICLES & FIELDS	2134	125566	58,84
ASTRONOMY & ASTROPHYSICS	2031	121853	60,00
PHYSICS, APPLIED	1092	13867	12,70
PHYSICS, MULTIDISCIPLINARY	952	30758	32,31
PHYSICS, NUCLEAR	858	58837	68,57
OPTICS	764	9617	12,59
PHYSICS, MATHEMATICAL	666	11945	17,94
PHYSICS, ATOMIC, MOLECULAR & CHEMICAL	509	9853	19,36
METEOROLOGY & ATMOSPHERIC SCIENCES	509	15933	31,30
BIOPHYSICS	470	11728	24,95
PHYSICS, CONDENSED MATTER	357	5121	14,34
MECHANICS	315	5216	16,56
PHYSICS, FLUIDS & PLASMAS	217	3781	17,42
SPECTROSCOPY	213	2830	13,29
ACOUSTICS	158	2009	12,72
THERMODYNAMICS	146	1818	12,45

Figura 3. Producción e impacto por categorías, considerando el periodo 1981-2022 (figura proporcionada por D. Torres Salinas y C. Huertas).

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA CATEGORÍAS WEB OF SCIENCE 2018-2022	
PHYSICS, PARTICLES & FIELDS	639
ASTRONOMY & ASTROPHYSICS	589
PHYSICS, APPLIED	467
PHYSICS, MULTIDISCIPLINARY	234
PHYSICS, NUCLEAR	209
METEOROLOGY & ATMOSPHERIC SCIENCES	149
PHYSICS, MATHEMATICAL	137
OPTICS	117
PHYSICS, CONDENSED MATTER	110
MECHANICS	95
BIOPHYSICS	95
PHYSICS, ATOMIC, MOLECULAR & CHEMICAL	85
PHYSICS, FLUIDS & PLASMAS	58
SPECTROSCOPY	47
ACOUSTICS	23
THERMODYNAMICS	17

Figura 4. Producción de las categorías, considerando el periodo 2018-2022 (figura proporcionada por D. Torres-Salinas y C. Huertas).

COMPARACIÓN CON UNIVERSIDADES ESPAÑOLAS

A continuación, comparamos entre las diez universidades españolas con mayor producción e impacto en la rama de la Física para analizar dónde está la UGR. Hacemos el estudio considerando periodos de cinco años desde 1981 hasta 2022.

En cuanto a la producción (figura 5), la UGR se ha mantenido entre las posiciones 8 y 10 en todos los periodos, por detrás de las principales universidades de Madrid, Barcelona, Valencia y el País Vasco.

Sin embargo, en la figura 6 vemos cómo ha ido escalando puestos en lo que respecta al impacto de la investigación (promedio normalizado de citas). Ha pasado de ser la décima en los primeros periodos (1981-1990) a ser la segunda (2010-2014) e incluso la primera (2014-2018) en esta clasificación.

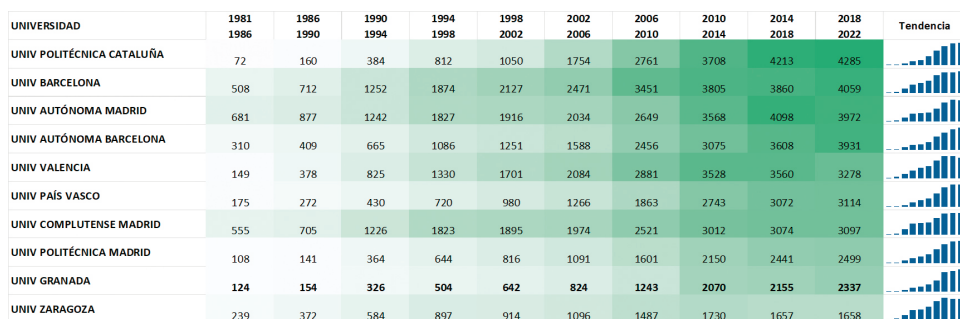


Figura 5. Producción científica en varias universidades españolas (figura proporcionada por D. Torres-Salinas y C. Huertas).

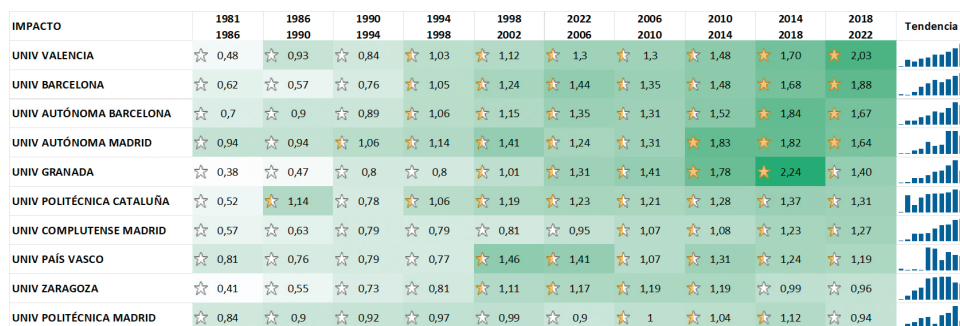


Figura 6. Comparación del impacto en las principales universidades españolas (figura proporcionada por D. Torres-Salinas y C. Huertas).

PRINCIPALES INSTITUCIONES COLABORADORAS

En el periodo que abarca desde el año 1981 al 2022 muchos de los trabajos publicados en Física en la UGR se han realizado en colaboración con otras instituciones, tanto nacionales como internacionales. En total han sido 2247 instituciones, de todos los continentes. En la figura siguiente enumeramos las principales en número de documentos. El listado completo da cuenta de la gran internacionalización de nuestra investigación, no solo en el reconocimiento de los trabajos sino también por la cantidad y calidad de las colaboraciones establecidas con otros centros.



Institución	Número de documentos Web of Science	Número de citas recibidas	Promedio de citas	Citación normalizada CROWN
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)	2558	174380	68,17	★ 2,79
UDICE-French Research Universities	1868	160297	85,81	★ 3,46
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)	1864	151498	81,28	★ 3,36
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)	1731	152461	88,08	★ 3,61
Université Paris Saclay	1579	151155	95,73	★ 3,83
N8 Research Partnership	1563	151664	97,03	★ 3,92
Max Planck Society	1548	152439	98,47	★ 3,91
CNRS - National Institute of Nuclear and Particle Physics (IN2P3)	1498	139418	93,07	★ 3,82
Université Paris Cité	1484	142994	96,36	★ 3,87
CEA	1465	144241	98,46	★ 3,91
United States Department of Energy (DOE)	1463	149034	101,87	★ 4,07
Sorbonne Université	1432	141038	98,49	★ 3,92
University of California System	1413	147387	104,31	★ 4,18
CSIC - Instituto de Física Corpuscular (IFIC)	1406	111463	79,28	★ 3,28
Helmholtz Association	1400	116131	82,95	★ 3,43
Communaute Université Grenoble Alpes	1369	103951	75,93	★ 3,33
Université Grenoble Alpes (UGA)	1361	103846	76,30	★ 3,34
University of Manchester	1343	96909	72,16	★ 3,27
University of Milan	1329	103283	77,71	★ 3,41
Institut National Polytechnique de Grenoble	1327	101693	76,63	★ 3,33
University of Cambridge	1327	133586	100,67	★ 4,06
Polish Academy of Sciences	1323	83991	63,49	★ 2,97
University of London	1317	139977	106,28	★ 4,23
White Rose University Consortium	1314	105713	80,45	★ 3,26
University of Valencia	1308	99295	75,91	★ 3,11
University of Chicago	1306	125380	96,00	★ 3,97
University of Rome Tor Vergata	1306	112763	86,34	★ 3,84

Figura 7. Instituciones con las que ha habido más colaboraciones (en número de publicaciones).
Figura proporcionada por D. Torres-Salinas y C. Huertas.



50 AÑOS DE EVOLUCIÓN INFORMÁTICA

Antonio Miguel LALLENA ROJO

En el principio era el *UNIVAC*. El *UNIVAC del Ministerio* (de Educación y Ciencia, en Madrid) que es como lo conocíamos los que hacíamos uso de él allá por finales de los 70 del siglo pasado. Se trataba de un UNIVAC 1108 y el “acceso” a la máquina estaba en el *Centro de Cálculo*, que así se denominaba entonces el actual CSIRC, ubicado en la Facultad de Derecho desde 1972. Contábamos aquí en Granada con un terminal de control DCT-2000 (figura 1), con un lector de tarjetas perforadas, una impresora, en la que se “recibían” los resultados de las compilaciones, primero, y de los cálculos, después y si todo había ido bien en el primer paso, y dos máquinas perforadoras de tarjetas (figura 2). También había una pantalla terminal que se podía utilizar en contadas ocasiones. El propio UNIVAC no estaba accesible todo el tiempo: a mediados de cada mes, el ordenador debía dedicarse a la realización de todas las nóminas del Ministerio de Educación y Ciencia (maestros, profesores de institutos y universidades, etc.) y durante varios días no estaba operativo. La velocidad de transmisión de datos entre Granada y Madrid era de 2.4 kbps; o dicho de otra forma, un video de 1 minuto de duración de calidad media (1000 kbps) habría tardado unas 7 horas en transmitirse.

Trabajar con aquel ordenador requería de ciertas dosis de tranquilidad y paz interior. Primero tenías que ir a Derecho, seguidamente perforabas las tarjetas con el código del programa (en FORTRAN, figura 3) y el paquete de tarjetas completo lo depositabas en el “cajón de recepción”. Y te volvías a la Facultad hasta el día siguiente cuando, si no había sucedido ningún percance, podías recoger, en el cajón asignado a tu departamento, los resultados de tu cálculo (y el invaluable paquete de tarjetas). Claro, esto ocurría si tu programa no tenía errores en la compilación: usualmente, había que hacer varias iteraciones, sustituyendo las tarjetas incorrectas hasta que todo estaba en orden y el programa lograba ejecutarse. Y, por supuesto, cada iteración costaba ¡un día! Por decirlo de manera más clara: el simple error de no cerrar un paréntesis en una expresión matemática te costaba un día extra sin resultados. Una de las consecuencias fue que todo lo que tenía que ver con la programación se llevaba a cabo con extrema pulcritud: ¡por la cuenta que nos traía!,

claro. Y ni que decir tiene que el paseo desde Ciencias a Derecho con un programa de miles de tarjetas se convertía en un derroche de cuidado extremo para evitar que las cajas que las contenían acabaran en el suelo: reordenarlas era como completar un puzzle de naturaleza de esos en los que la mayor parte de las piezas tienen un insistente color verde de cientos de tonalidades. Tampoco era tarea fácil el almacenamiento de la información para el que, en algunos casos, se utilizaban las cintas (figura 4) cuyo uso imponía un cierto respeto por lo complejo del procedimiento a seguir.



Figura 1. Terminal DCT-2000 del UNIVAC.
Se aprecia el lector de tarjetas a la derecha de la torreta de control.



Figura 2. Máquina perforadora.



Figura 3. Tarjetas perforadas.

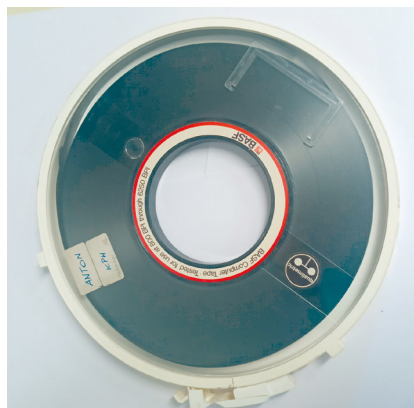


Figura 4. Cinta de almacenamiento.

Pero no había sido el UNIVAC el primer “ordenador” que pudimos utilizar para hacer cálculos. En el Departamento de Física Nuclear había un calculador programable HP9100B (figura 5) que disponía de un lector de tarjetas magnéticas para almacenamiento, de una memoria de ferritas (que no aparece en la fotografía), y de un plóter, que hacía de él una herramienta muy útil. Y el Departamento de Electricidad y Electrónica, algún tiempo más tarde, dispuso de un HP9380A (figura 6), con una impresora HP9866 y una unidad de almacenamiento de casete. A diferencia del anterior, esta máquina admitía programas en BASIC y permitía realizar cálculos matriciales de manera relativamente sencilla.



Figura 5. Calculador Programable HP9100B.
A la izquierda puede verse el plóter.



Figura 6. Calculador programable HP9380A.
La impresora está sobre el ordenador.

También el Commodore CBM 3032 (figura 7), que se pudo utilizar en el Departamento de Física Nuclear a partir de 1980, trabajaba en BASIC. Esta máquina supuso un salto cualitativo puesto que contaba con una unidad de casete, otra de *floppy-disk* de 6.5 pulgadas dual, una impresora de agujas y un plóter de plumillas, algunas de las cuáles adaptó don Miguel Cabrerizo Muñoz con estilógrafos *Rotring*, de manera que era posible hacer figuras directamente en papel vegetal, listas para enviar a las revistas para su publicación.

A principios de los 80, el Centro de Cálculo adquirió un Eclipse S/250 de Data General (figura 8), un “ordenador central” que disponía de 1.5 MB de memoria y permitía manejar programas de hasta 64 kB. Vistas desde hoy día, una de las características más llamativas del compilador de FORTRAN V con el que se trabajaba era que cada subrutina debía estar en un archivo independiente lo que hacía que los *scripts* de compilación fueran bastante largos. El ordenador contaba con una impresora de agujas y se mejoró sustancialmente la periodicidad de un día que daba el UNIVAC para la obtención de resultados.



Figura 7. Commodore CBM 3032. A la izquierda se puede ver la unidad de discos.



Figura 8. Eclipse S/250. Unidad central e impresora (izquierda) y plóter (derecha).

También disponía de un plóter de gran formato en el que las gráficas y figuras se iban distribuyendo sobre toda la superficie del papel, aprovechándolo al máximo. El corte del mismo y el posterior “reparto” de los dibujos entre los usuarios ocurría cuando se había completado una cierta cantidad de papel. No eran inusuales los “errores” en los programas que hacían que las plumillas dibujaran sin control aparente por toda la superficie con el consiguiente deterioro de los *plots* previos que, inevitablemente, debían repetirse.

Pero quizá el cambio cualitativo más importante que supuso el Eclipse fue su capacidad de multiusuario que permitió la disponibilidad de terminales (figura 9) conectados directamente con la unidad central. Estos terminales estaban situados



Figura 9. Terminal conectado a Eclipse.

en una sala del Centro de Cálculo y para utilizarlos había que reservarlos con antelación. Ni que decir tiene que aquella sala resultó desde el principio un lugar de gran animación y continuo encuentro entre los investigadores de los distintos departamentos. Más adelante, fue posible disponer de terminales similares en los locales de los propios departamentos y la “sala de terminales” del Centro de Cálculo acabó desapareciendo.

Además de esta facilidad de computación, algunos departamentos desarrollaron sus propios sistemas de cálculo. El Departamento de Física Nuclear adquirió un PDP-11/23 de Digital. Este ordenador disponía de una unidad doble de discos de 14”: en uno de los discos estaba el sistema operativo y en el otro los directorios de los usuarios. Era posible conectarle varios terminales y durante algún tiempo el departamento mantuvo una “sala de cálculo” con varios de ellos. También fue posible conectarle una máquina de escribir electrónica de “margarita” que se utilizó como terminal de impresión de documentos controlado por un programa de edición de textos, escrito en FORTRAN, que desarrolló el Prof. Guardiola con la ayuda del entonces doctorando Lallena. El programa controlaba el carro de la máquina de escribir y permitía, de manera sencilla, el uso de super- y sub-índices y, además, realizaba la justificación de las líneas de texto. La tesis doctoral del Dr. Lallena fue uno de los primeros documentos de cierto tamaño que se escribió con ese sistema de edición, en 1984.

Al PDP-11/23 lo sustituyó en el Departamento de Física Nuclear un MicroVax II que supuso otro salto cualitativo en lo que a la computación se refiere ya que su capacidad multiusuario permitió disponer de terminales en los despachos de los profesores. La instalación de la correspondiente red RS232 se hizo artesanalmente y hoy día aún queda la reliquia de la canaleta por la que discurría el cableado de un despacho a otro y que se sigue utilizando hoy día para ocultar distintos cables de conexión (figura 10). La potencia de cálculo de esta máquina se completó un tiempo después, en 1993, con una VaxStation Alpha AXP 400S, formando con ambas un *cluster* que permitió también aprovechar notablemente las capacidades gráficas de la nueva máquina.

Desde principios de los 90, en el Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores dispusieron de estaciones de trabajo Sparc, de SUN Microsystems, basadas en la arquitectura RISC y de una Apollo HP-720, que alcanzaba 16 Mflops de velocidad de cálculo.

En el Centro de Cálculo también se mejoró notablemente la capacidad de computación con la adquisición de un MV10000 de Data General. Se pasó al FORTRAN 77 como lenguaje de programación, disponiendo de 8 MB de memoria, dos discos duros de 592 MB cada uno y posibilidad de trabajar con memoria virtual, pudiéndose compilar programas de hasta 2 MB.



Figura 10. Canaleta de la red RS232 del Departamento de Física Moderna.

El uso de estos denominados mini- y micro-ordenadores y de las estaciones de trabajo inició su declive cuando empezaron a aparecer en el mercado los ordenadores personales, los PC, que en aquellos tiempos no eran nada “personales” dados sus precios, casi prohibitivos, que hacían que sólo pudiera disponerse de algunos de ellos en los departamentos, los cuáles, por razones obvias, eran “amigablemente” compartidos por todos los usuarios. Aquellas máquinas se conocieron por el número identificativo del procesador Intel que hacía de CPU; así fueron apareciendo el 8086 (con arquitectura de 16 bits) y 8088 (de 8 bits), a partir de 1980, que eran capaces de realizar la friolera de entre 0.33 y 0.75 MIPS, dependiendo de la frecuencia del reloj interno; el 8286, desde 1983, con 16 bits y hasta 2.66 MIPS; el 80386 con varias versiones, a partir de 1986, de 32 bits y entre 2.5 y 9.9 MIPS; el 80486, desde 1990, una evolución del 80386 que incluía una unidad de coma flotante y que conseguía entre 13 y 54 MIPS, y, finalmente, el Pentium, desde 1994, con 64 bits y con los que se alcanzó el nivel de las 1000 MIPS. Disponer de un Pentium fue durante algún tiempo señal de “nobleza” en lo que a capacidad computacional se refería y fueron objeto de deseo de muchos de los que entonces guerreábamos a diario con el cálculo.

La posibilidad de disponer de uno de estos ordenares personales para uso verdaderamente “personal” produjo un avance más que significativo que se completó con el establecimiento de la “red”, esa estructura con la que hoy día convivimos de manera cotidiana, pero que en sus inicios suponía una puerta casi mágica a la interconexión con otros ordenadores en los que hacer cálculos importantes, masivos o de larga duración y, ¡cómo no!, al uso del correo electrónico, una de las herramientas que revolucionó nuestro trabajo. El acceso al correo electrónico fue, en algunos casos, tortuoso. Por ejemplo, los miembros del grupo de Física Nuclear, en el Departamento de Física Moderna, pudieron disponer, a partir de 1988, de una cuenta “comunitaria” en uno de los ordenadores del IFIC de Valencia, para utilizar el correo electrónico.

En la UGR, la red tardó un poco más en estar disponible. En el documento de la figura 11, fechado el 15/10/1992, el entonces director de los Servicios de Informática, el Prof. Miguel Delgado Calvo-Flores, nos informó de la inminente puesta en marcha de la red informática que iba a dar servicio a todos los centros de la Universidad. En aquel entonces se ofrecían cuatro modos de conexión a la red: con un terminal ASCII o un PC a través de una línea serie, mediante un terminal X-windows compatible (con la ventaja de tener un terminal gráfico), con un PC usando el servicio NFS (que permitía la conexión remota como pantalla virtual a otros ordenadores, transferencia de ficheros, uso de paquetes instalados en servidores remotos, acceso a disco virtual y a impresión remota), y mediante una estación de trabajo (que permitía todos los servicios disponibles en cualquiera de los otros modos de conexión). La conexión a la red tenía un coste de 8000 pesetas, una tarjeta Ethernet, 20700, pesetas y una licencia de NFS, 10000 pesetas. Para el cableado interior de los departamentos, un metro de canaleta instalada costaba 835 pesetas, un metro de cable de conexión instalado 96 pesetas y un conector RJ-45 montado 250 pesetas.

En esta reseña histórica de la evolución informática, merecen una mención especial, por el uso continuo que se hace de ellos, los procesadores de texto. Ya hemos comentado antes que en algunos casos se disponía de una herramienta de este tipo, hecha en casa y con capacidades rudimentarias dadas las posibilidades entonces existentes. Pero en algún momento empezaron a utilizarse los procesadores comerciales. Quizá el primero en aparecer en nuestro ámbito fue WordStar (figura 12), que empezó a comercializarse en 1978 y del que muy pronto, a la vez que los primeros PC disponibles, hubo una versión para MS-DOS, el sistema operativo más extendido entonces en aquellos PC, y para las sucesivas versiones de Windows. Una de las características más relevantes de este procesador de texto era la extensa lista de órdenes que incluía para llevar a cabo casi cualquier procedimiento relativo a la escritura del documento, como cambiar el tipo de letra, ajustar el texto, etc.



UNIVERSIDAD DE GRANADA

SERVICIOS DE INFORMÁTICA

CONEXION A LA RED INFORMATICA DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA

Granada, 15 de Octubre de 1992

Estimado compañero:

En el transcurso de los próximos dos meses esperamos finalizar todas las obras e instalaciones conducentes a tener una red informática en esta Universidad que abarque todos los centros que en ella existen. Conforme estas obras vayan finalizando en cada uno de dichos Centros procederemos a la conexión a la red de todos aquellos profesores que nos lo soliciten. Es por este motivo que nos ponemos en contacto con vosotros.

En la hoja-1 adjunta os explicamos los distintos modos de conexión a la red junto con los servicios que podeis esperar con cada una de ellas. Asimismo, en la hoja-2, os indicamos los costes mínimos que debeis asumir para cada una de las distintas formas de conexión. Todos aquellos Departamentos o Grupos que deseen formalizar sus conexiones deberán mandar, debidamente cumplimentado, el último impreso que se adjunta para autorizar el cargo correspondiente.

Toda la información que nos hagais llegar sobre vuestras necesidades de conexión a la red redundará en una mayor coordinación y eficiencia para vuestras instalaciones. Os rogamos por tanto que nos mandeis un fax al numero 291509 indicandonos las distintas conexiones que quereis hacer (tipo y número), así como el número de tarjetas Ethernet y licencias NFS que quereis adquirir a través de estos Servicios.

En espera de vuestras noticias, recibid un cordial saludo.

Miguel Delgado Calvo-Flores
DIRECTOR

Figura 11. Escrito del Director de los Servicios de Informática anunciando la inminente puesta en marcha de la Red en la Universidad de Granada.

Las versiones fueron haciéndose más “civilizadas” a medida que iban apareciendo y las que corrían en Windows disponían de menús desplegables que facilitaban enormemente la vida del usuario.

WordStar dominó el mercado de los procesadores de texto hasta 1985 cuando empezó el reinado de WordPerfect, cuya primera versión fue escrita para un mini-ordenador de Data General. El programa fue posteriormente adaptado con éxito a MS-DOS (figura 13), pero la primera versión para Windows fracasó por diversos motivos y marcó el principio del fin de su dominio hacia finales de los 80. En aquel momento empezaron a desarrollarse las impresoras láser, se abrió la posibilidad de usar fuentes múltiples e interfaces gráficas y apareció el famoso principio WYSIWYG (*What You See Is What You Get*).

Todo ello lo aprovecharon de lleno dos procesadores, que han perdurado hasta hoy, y que habían aparecido en el mercado años antes: MacWrite, de Apple, que databa de 1983, y Word, de Microsoft, puesto en circulación en 1984. El primero era bastante exótico en nuestro entorno en tanto en cuanto también lo eran entonces los Mac, pero el segundo, con la popularización de los sistemas operativos Windows, se convirtió en el procesador más utilizado, también probablemente hoy día, a pesar de las dificultades que conllevaba la escritura de ecuaciones.

Entre 1986 y 1996 estuvo operativo otro procesador de textos que tuvo un amplio uso en el ámbito científico: ChiWriter. Desarrollado para MS-DOS, fue uno de los primeros editores de texto WYSIWYG capaces de escribir fórmulas y disponía de una interfaz de usuario gráfica propia (figura 14). A su olvido contribuyó

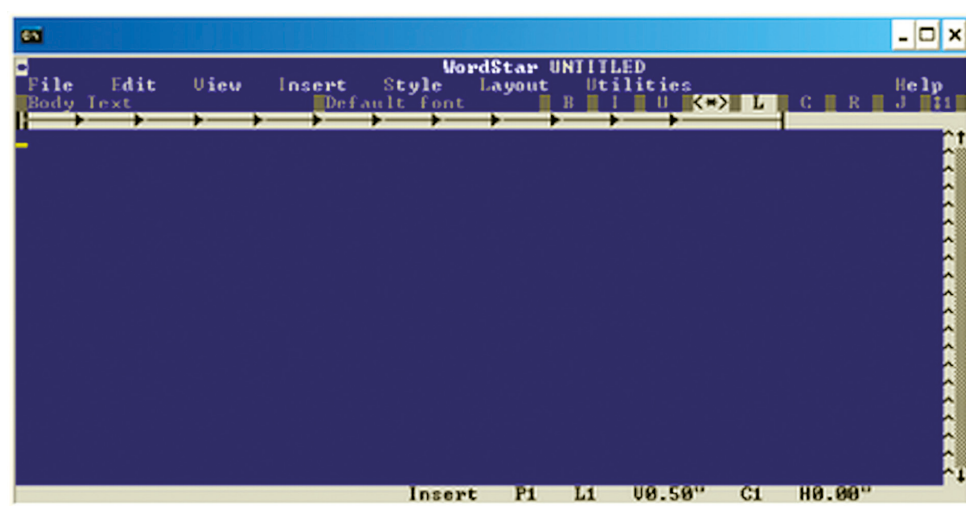


Figura 12. WordStar 7 para Windows XP.

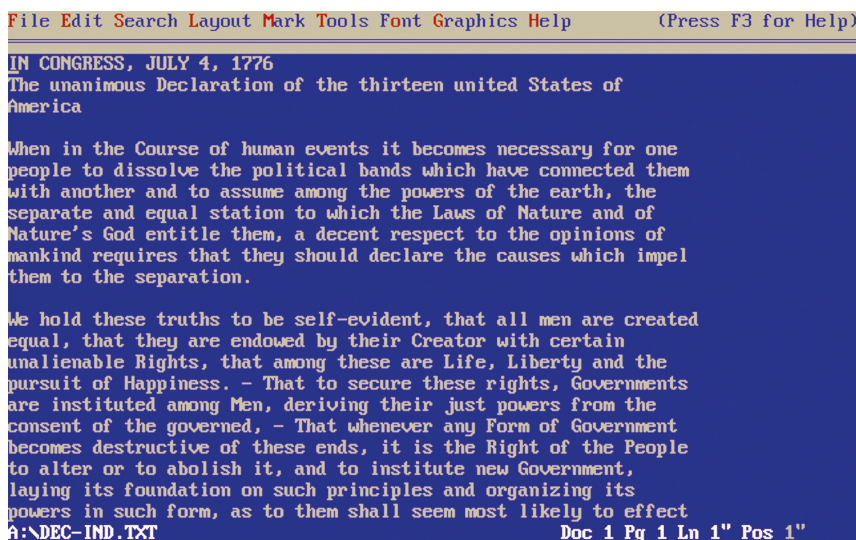


Figura 13. WordPerfect 5.1 para M S-DOS.

3. Electroexcitation of the magnetic high-spin states in ^{208}Pb

In this section we will investigate the influence of the tensor part of the residual interaction on the electroexcitation of the magnetic states we are studying. Using the wavefunctions calculated in the previous section we have evaluated the corresponding form factors in the impulse approximation, i.e. by considering a nuclear electromagnetic current density which only involves the usual one-body convection and spin-magnetization currents

$$\mathbf{j}^{(\text{OB})}(\vec{x}) = \mathbf{j}^{(\text{C})}(\vec{x}) + \mathbf{j}^{(\text{M})}(\vec{x}) \quad (5)$$

In this approximation the transverse form factor is given by

$$F_T(q) = i \frac{\hat{J}}{Z} \sum_{ph} [\hat{x}_J^*(ph) + (-)^{J+1} \hat{y}_J^*(ph)] (-)^1 \hat{\xi}(1_p+1_h+J+1) \hat{j}_p \hat{j}_h \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} j_p & j_h & J \\ -1/2 & -1/2 & 1 \end{bmatrix} \int dx x^2 j_J(qx) G_{ph}^{(\text{OB})}(x)$$

where the nucleonic G-density is

$$G_{ph}^{(\text{OB})}(x) = G_{ph}^{(\text{C})}(x) + G_{ph}^{(\text{M})}(x) \quad (7)$$

with

Figura 14.
Texto escrito con
ChiWriter en 1988.

notablemente la aparición, en 1978, del sistema de composición tipográfica TeX y las distintas aplicaciones de *software* para composición de documentos basadas en él, como LaTeX, que data de 1984. El uso de estos sistemas, dada la calidad de los documentos que puede generar se ha extendido y hoy día resulta un estándar incluso para muchas publicaciones científicas y de otro tipo.

Con el nuevo siglo se han popularizado los procesadores de texto en red basados en navegadores *web*, que permiten la utilización de cualquier tipo de dispositivo (ordenador, tableta, teléfonos inteligentes, etc.), abriendo las puertas al acceso remoto a los archivos y la edición colaborativa en tiempo real. Nada que ver con los viejos tiempos.

Volviendo a la computación, la capacidad de cálculo fue progresando y hoy día todo el mundo dispone de un ordenador de sobremesa, con una o dos pantallas, y un ordenador portátil, ambos con muchísimas más prestaciones y potencia de cálculo que los mini- y micro-ordenadores que se usaron al principio. El abaratamiento de las nuevas máquinas ha hecho posible la aparición de los *clusters* de cálculo de los que tenemos varios disponibles. Así, en el Instituto Carlos I se encuentra PROTEUS, con más de 25 años de historia, que contiene más de 2700 núcleos de CPU, además de tres aceleradoras NVIDIA Tesla, 13TB de RAM y 200TB de disco; en continua renovación, presta a los investigadores la potencia de cálculo necesaria para abordar problemas complejos en los campos de la Astrofísica, Física Estadística, Física Cuántica o Neurociencia. Otros *clusters* más modestos que PROTEUS, son el del grupo de Física Atómica y Nuclear, del Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear, que dispone de 368 núcleos para sus investigaciones en Física Atómica y Molecular; el del grupo de Física Fundamental y Aplicaciones, en el mismo departamento, que tiene en servicio un *cluster* con 712 núcleos para cálculos en Física Médica y Física Nuclear, y los dos *clusters* en funcionamiento en el Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores, con 140 núcleos, perteneciente al Laboratorio de Investigación Avanzada en Electrónica Ubicua, y 124 núcleos, del grupo de Nanoelectrónica, respectivamente,

A nivel institucional, estos *clusters* de cálculo han incrementado enormemente el número de procesadores que incluyen, dando lugar a los denominados *Centros de Supercomputación*. En la UGR, desde 2007, se pudo utilizar UGRGRID, que disponía de 1264 núcleos y que consiguió entrar en la lista TOP500 como uno de los 500 ordenadores más potentes del mundo en su momento. Seis años más tarde entró en funcionamiento ALHAMBRA, un supercomputador de 1808 núcleos, que multiplicó por 10 la potencia del UGRGRID. Finalmente, desde 2022, está disponible ALBAICIN, con 9520 núcleos, 35 TBytes de RAM, 184 TBytes de disco y una potencia pico de 822,5 Tflops, lo que significa unas 200 veces la potencia de UGRGRID y unas 20 veces la de ALHAMBRA.

Hoy día podemos decir sin temor a equivocarnos que quien no calcula es, de verdad, porque no quiere hacerlo.

AGRADECIMIENTOS

Algunos de los datos y detalles que se han incluido en esta reseña histórica se deben a la memoria y los recuerdos de los profesores Alfonso Salinas Extremera, Marta Anguiano Millán, Enrique Buendía Ávila, Luca Donetti, Franciso J. Gálvez Cifuentes, Carmen García Recio, Pedro Luis Garrido Galera, Andrés Godoy Medina, Rafael Guardiola Bárcena, Juan Antonio López Villanueva, Miguel Ángel Muñoz Martínez y Alberto Prieto Espinosa. A todos ellos mi agradecimiento por su inestimable ayuda.



Centros de investigación de Granada relacionados con Física



INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA (IAA) 50 AÑOS DE VIAJE CON LA FACULTAD DE FÍSICAS DE LA UGR, ESTUDIANDO EL UNIVERSO DESDE GRANADA

Antxon ALBERDI

Director IAA-CSIC

Isabel MÁRQUEZ

Directora Científica Proyecto “Severo Ochoa - IAA”

La investigación astrofísica y espacial constituye una parte indispensable de los fundamentos de la ciencia y, en particular de la Física, e impacta en nuestra vida cotidiana y en la sociedad: desde la observación de la Tierra, la investigación del Sol, la comprensión de los agujeros negros o la búsqueda de otros mundos habitables en el Universo, hasta la existencia misma del Cosmos y su patrón fundamental. Hay numerosos ejemplos sobre la influencia del conocimiento astrofísico en nuestras vidas: el impacto de las tormentas solares en la infraestructura espacial y terrestre, la comprensión del peligro de los asteroides cercanos a la Tierra, el desarrollo tecnológico y la actividad económica vinculada al espacio, la medición del tiempo, o los tests experimentales de la física fundamental, entre otros. Las ciencias del espacio sirven además como inspiración para las artes, ayudando a entender nuestro lugar en el Universo.

El Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), con más de 230 miembros, es un centro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) que ocupa una posición sólida y única en la astrofísica e investigación espacial en España, siendo el mayor centro de investigación astrofísica del CSIC. El IAA fue fundado en 1975 con el objetivo de crear un centro de investigación de excelencia en astrofísica, ciencia espacial y sus tecnologías asociadas, a nivel nacional e internacional. La misión general del IAA es expandir el conocimiento sobre el cosmos y nuestro lugar en él a través de la investigación de vanguardia en astrofísica y ciencia espacial, fomentar el progreso tecnológico a través del desarrollo de instrumentación innovadora definida en base a nuestros requerimientos científicos, y difundir nuestra investigación entre la comunidad científica y el público en general a través de extensas actividades de divulgación.

1. INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA (IAA-CSIC). LOS PRIMEROS AÑOS DE SU HISTORIA.

La década de los setenta del siglo XX puede identificarse como el momento en el que comienza el auge de la astronomía moderna en España. Los nuevos telescopios que se estaban fabricando entonces en Europa buscaban lugares excelentes de modo que la observación astronómica se llevara a cabo en óptimas condiciones. La excelente calidad del cielo de algunos emplazamientos en España colocó a nuestro país en una situación de privilegio. El Reino Unido, Alemania, Suecia y Holanda, entre otros países europeos, comenzaron a interesarse por las condiciones astronómicas en nuestro país y, poco más tarde, iniciaron negociaciones con el Gobierno Español para tratar de establecer los correspondientes acuerdos de colaboración en el ámbito de la astronomía.

Algunas zonas de las Islas Canarias y del Sureste de la Península destacaban claramente entre un conjunto muy amplio de lugares potencialmente interesantes, y es en ellas donde comenzaron a instalarse los grandes complejos observacionales europeos del Hemisferio Norte. La Palma, Tenerife, Almería y Granada constituyen las respectivas sedes de los observatorios continentales más importantes de Europa. Sin embargo, la situación de las actividades astronómicas en España era por entonces muy precaria. Tanto en Canarias como en la Península se habían llevado a cabo notables esfuerzos para tratar de revitalizar viejas instalaciones (caso de Granada con el Observatorio de Cartuja), o de reconducir otras más recientes hacia líneas de trabajo más novedosas y competitivas (caso de Canarias con el Observatorio del Teide). De cualquier forma, estas acciones se realizaron en condiciones muy poco favorables y su alcance no llegó a traspasar unos límites modestísimos, que en nada hacían suponer un cambio tan importante como el que se produjo.

Este tipo de razones subyacía en la iniciativa que el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) abordó para la potenciación de la Astrofísica. La existencia de pequeños y activos grupos de investigación en la Universidad de La Laguna y la Universidad de Granada resultó ser un factor decisivo a la hora de que el CSIC decidiese la creación del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA), con sedes en La Laguna (1974) y Granada (1975), respectivamente.

En lo que a Granada se refiere, el CSIC había venido apoyando desde los años sesenta la labor que la Compañía de Jesús realizaba en el Observatorio de Cartuja. Este observatorio, fundado en 1902, disponía en esa época de una estación de montaña situada en Sierra Nevada, en el Mohón del Trigo, a 2.605 m de altitud, que contaba con un pequeño telescopio Cassegrain de 32 cm de apertura, que era utilizado conjuntamente con el Royal Greenwich Observatory (RGO) (Reino Unido) para llevar a cabo estudios de fotometría estelar. Disponía también de un fotómetro automático, propiedad del Max Planck Institut für Aeronomie de Lindau (Alemania), cuya finalidad era la de proporcionar medidas de las emisiones del oxígeno atómico atmosférico para

estudiar los fenómenos de luminiscencia nocturna. Entre 1971 y 1980 se realizaron observaciones de estrellas variables en el Mohón. La Universidad de Granada disponía de un terminal (perforadora y lectora de tarjetas perforadas, clasificadora e impresora) que estaba conectada a un ordenador UNIVAC en Madrid. Gracias a este equipo se pudieron desarrollar programas para la reducción de datos y el análisis de Fourier de las observaciones.

En enero de 1971 se estableció un convenio entre la Compañía de Jesús y la Universidad de Granada, en virtud del cual el Observatorio de Cartuja pasaba a depender de la propia Universidad. Hasta 1975 se habían llevado a cabo en el Observatorio de Cartuja tres tesis doctorales y cuatro de licenciatura. En esa época se había decidido ya la creación del Centro Astronómico Hispano Alemán de Calar Alto (Almería), cuyo instituto de referencia científico es hoy en día el IAA-CSIC, a la vez que habían sido establecidas las bases para la construcción del Observatorio de Pico Veleta y el radiotelescopio milimétrico del Institut de RadioAstronomie Millimétrique (IRAM), en una zona próxima a la estación del Observatorio de Cartuja.

La propuesta de creación del IAA, realizada por el CSIC en Julio de 1975, tomaba en cuenta esta situación. Se decidió que, para que el nuevo Instituto pudiese adquirir una personalidad científica, era necesario disponer de medios propios de observación que, aunque modestos, pudieran permitir la realización de programas intensivos sobre líneas de investigación propias. Ello permitiría formar a los investigadores que, posteriormente, optimizaran el uso de los grandes telescopios accesibles en otros observatorios de cuyas organizaciones formara parte nuestro país.

Siempre que se ha hecho referencia explícita a los primeros momentos del IAA, se ha destacado la dificultad de los primeros pasos de su andadura. Al contrario de lo que sucedía en la Universidad de La Laguna con el IAC, la Universidad de Granada no participó como tal directamente en el proyecto del IAA. En aquellos momentos, el IAA contaba con una mínima dotación económica, con muy escaso personal y sin un lugar físico en el que albergarse. Sin embargo existía una colaboración intensa entre los jóvenes investigadores tanto del IAA-CSIC como de la recién nacida Facultad de Ciencias de la UGR. Con el tiempo, estos jóvenes pioneros siguieron caminos profesionales diferentes. Unos fueron acogidos en el IAA-CSIC, como José María Quintana, Ángel Rolland y Pilar López de Coca, y otros permanecieron en la Universidad, como Eduardo Battaner, formando un grupo que, pasando por departamentos de distintas denominaciones se ubica hoy en el de Física Teórica y del Cosmos. Al grupo del IAA pronto se incorporaron Victor Costa y Rafael Garrido, el primer becario del IAA. Se incorporaron también varios estudiantes colaboradores del departamento de Física para la reducción de los datos de las bandas de airglow y para las observaciones fotométricas: José Juan López Moreno, Nicolás Pérez de la Blanca, Eduardo Pérez “Pericles” y Rafael Rodrigo, entre otros.

Después de múltiples dificultades, en febrero de 1976, el IAA encuentra una sede provisional en el Palacio de la Madraza de Granada, edificio en el que Yusuf I creó en el

siglo XIV la primera "Madraza" árabe, traducción islámica del concepto de universidad al uso en la Europa cristiana. En esta sede provisional el IAA continuó creciendo poco a poco en personal contratado y becario, llevando a cabo un trabajo científico-técnico excelente, a la vez que enormemente generoso. No disponían todavía de instrumental propio para la observación astronómica.

La disponibilidad de instrumentos de observación propios se resolvió por medio de un acuerdo establecido entre la Universidad de Granada y el CSIC, en virtud del cual todos los instrumentos disponibles en el Observatorio de Cartuja quedaron a disposición del IAA sin restricción alguna, a la vez que se habilitó una vía de colaboración científica entre el personal del IAA y el de la Universidad, en concreto de la recién nacida Facultad de Ciencias. Gracias a ello se pudo disponer de medios de observación propios que, aunque modestos, permitieron al IAA superar con éxito la idea de instituto de investigación moderno que se pretendía.



Figura 1. Palacio de la Madraza de Granada.
Sede del IAA entre 1976 y 1978.



Figura 2. Estación Experimental del Zaidín (EEZ).

También se produjo en esa etapa un hecho fundamental: nace un incipiente grupo de instrumentación cuya finalidad era medir *in situ* emisiones de la atmósfera por medio de cohetes de sondeo. Los resultados obtenidos desbordaron las mejores previsiones, iniciándose así tareas que hoy día están plenamente acreditadas en nuestro Instituto y que derivaron en las tareas de instrumentación que actualmente se realizan en el Departamento de Sistema Solar.

En 1978, el IAA se trasladó, también de forma provisional, desde la Madraza a la casa amarilla de uno de los edificios de la Estación Experimental del Zaidín (EEZ), instituto de Ciencias Agrarias del CSIC. Allí el instituto habitó unos años, al tiempo que iba reclutando nuevo personal, proveniente en gran medida de instituciones científicas fuera de Granada. Allí fueron llegando nuevos y nuevas investigadores pre- y postdoctorales, que contribuyeron de forma muy importante al crecimiento del centro.

La necesidad de poseer unas instalaciones observacionales propias se concretó en sendas negociaciones con el Royal Greenwich Observatory (RGO) y el Observatoire de Nice, que finalmente fructificaron en sendos convenios entre el CSIC y el Science & Engineering Research Council (SERC) inglés, por una parte, y el propio CSIC con el Centre Nationale pour la Recherche Scientifique francés, por otra. Así, el CSIC se



Figura 3. Sede actual del IAA.

comprometía a la construcción del Observatorio de Sierra Nevada (OSN) en la falda del Pico Veleta y las instituciones extranjeras en contrapartida cedían sendos telescopios, de 60 y 75 cm respectivamente, para ser instalados en dicho observatorio y ser explotados conjuntamente. En 1982 se inician las observaciones en el telescopio de 60 cm y en 1983 en el telescopio de 75 cm. Esta situación llevaba consigo también el compromiso de que el IAA hubiera de procurarse nueva instrumentación, parte de la cual sería desarrollada dentro del propio Instituto.

Previamente, en 1981 se lanzó el primer cohete de sondeo atmosférico desde la base del Arenosillo en Huelva, con un fotómetro denominado FOCCA, construido por el equipo de instrumentación del IAA.

Al mismo tiempo, se fueron cimentando los esfuerzos ya realizados anteriormente con objeto de que las actividades del IAA pudieran ser llevadas a cabo en instalaciones definitivas en la ciudad de Granada, específicamente adaptadas a las peculiaridades de un instituto de astrofísica, con la vocación de ser referencia internacional hacia el futuro. Así, el CSIC finalmente aprobó la construcción de un edificio en unos terrenos que la propia institución poseía, cerca de la carretera de acceso a Sierra Nevada, especialmente convenientes para facilitar el acceso desde la ciudad de Granada al Observatorio. Este edificio fue inaugurado en 1986 y, desde entonces, ha ampliado ya varias veces sus instalaciones para adaptarse a las nuevas necesidades. Actualmente se dispone de 3 edificios y un cuarto que está en fase de construcción.



Figura 4. Telescopios del OSN.

La instrumentación del OSN, aunque mejor que la que inicialmente se afrontó en el Observatorio de Cartuja, distaba mucho de ser satisfactoria, por lo que también en este campo se trató de conseguir una solución duradera, ya que no definitiva. Se empezó a pensar en disponer de instrumental básico de observación más competitivo que fuese propiedad del Instituto.

La idea tomó cuerpo definitivamente cuando, después de unos contactos iniciales, se pudo precisar un programa en el que el CSIC y la Academia China de las Ciencias se comprometían a colaborar en la construcción de dos telescopios de 0.9 y 1.5 m, respectivamente, y los equipos de control correspondientes, en unas condiciones económicas muy favorables para el CSIC. Firmados los correspondientes acuerdos en 1987, la instalación de los dos telescopios en el OSN comenzó en el verano de 1991.

Con la instalación de los dos nuevos telescopios parece ponerse punto final a una primera fase en la historia del observatorio y del instituto, dotando al OSN de instrumental de carácter básico, colocando al IAA en disposición de afrontar los nuevos retos científicos y técnicos que le son propios.

Desde estas etapas iniciales, en las que el IAA-CSIC estuvo muy conectado a la naciente Facultad de Ciencias de la UGR, el instituto ha evolucionado a lo que es hoy en día, un centro de excelencia científica.

2. EL INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA (IAA-CSIC) EN 2023, UN CENTRO DE EXCELENCIA CIENTÍFICA

El IAA es un centro de referencia nacional e internacional en investigación en Astrofísica, hoy día uno de los mayores centros de investigación del CSIC con más de 230 integrantes. Por su producción científica en el periodo 2017-2021, es el primer centro del CSIC y el segundo en España en el área de Astrofísica y Ciencias del Espacio. En el año 2018, el IAA obtuvo su primera acreditación de excelencia Severo Ochoa. En el año 2022, obtuvo la segunda acreditación Severo Ochoa, en vigor hasta 2027. El impacto de ambas acreditaciones, como reconocen las evaluaciones externas, ha sido muy positivo en la producción de ciencia excelente, el desarrollo de instrumentación de vanguardia y la captación del talento investigador y recursos necesarios. El IAA-CSIC es el único centro andaluz acreditado actualmente con el sello de excelencia Severo Ochoa. Los centros Severo Ochoa y las unidades María de Maeztu son seleccionados por el Ministerio como centros y unidades de excelencia que destacan por estar en la vanguardia de la investigación española, y por la relevancia e impacto, a nivel internacional, de los resultados de su investigación.

En el IAA se investiga actualmente en todas y cada una de las principales áreas de la Astrofísica moderna, desde la gravedad cuántica al Sistema Solar y los planetas extrasolares, pasando por la estructura de nuestra Galaxia, la evolución de las galaxias y la cosmología. Esta investigación se apoya en los tres pilares fundamentales de la Astrofísica

moderna: la observación de fenómenos astrofísicos con los medios más sofisticados, el desarrollo de nueva instrumentación y el estudio teórico y desarrollo de simulaciones numéricas. Gracias a esta amplitud de conocimientos y técnicas, y la interconexión entre ellos, apoyamos proyectos sinérgicos entre diferentes grupos del instituto. Todo ello facilita que el IAA lidere grandes proyectos internacionales de investigación.

2.1. LA INVESTIGACIÓN EN EL IAA

El IAA tiene como objetivo general avanzar en nuestra comprensión del Universo en todas las escalas. La investigación propuesta en nuestro Plan Estratégico Severo Ochoa se centra en el estudio, a escalas progresivamente superiores, de los fenómenos asociados a la formación de estrellas: desde escalas que contemplan sus sistemas planetarios y las atmósferas de los correspondientes exoplanetas, pasando por aquéllas relativas a las de formación de estrellas masivas y su entorno próximo, las escalas de las diferentes componentes de las galaxias y su interrelación (incluyendo el efecto de los núcleos activos), hasta llegar a la gran escala, donde las galaxias se entienden como unidades de construcción de estructuras de orden jerárquico superior.

Nuestro objetivo estratégico declarado es consolidar el IAA como uno de los institutos líderes en astrofísica y ciencia espacial en Europa y garantizar su posición para la explotación de la próxima generación de experimentos avanzados y revolucionarios. Aprovechamos las oportunidades que ofrece nuestra gestión del Observatorio de Calar Alto (CAHA) para ocupar nichos únicos en astronomía observacional y seguir utilizándola como banco de pruebas tecnológico. Asentamos nuestra posición en la participación en misiones espaciales internacionales. Nos centramos en las grandes infraestructuras ESFRI en Astronomía, ya que desempeñarán un papel transformador en la astrofísica. En el camino hacia estos objetivos a largo plazo, haremos hincapié en el trabajo preparatorio con la instrumentación astronómica actualmente disponible.

La investigación de alta calidad del IAA se ha puesto de manifiesto por ejemplo en nuestro co-liderazgo en el descubrimiento de Próxima B, el exoplaneta en Próxima, la estrella más próxima a nosotros, así como en varios otros descubrimientos recientes en los que el IAA también ha participado. Hemos iniciado una nueva línea de investigación para la caracterización multi-longitud de onda de las interacciones estrella-planeta. La contribución de CARMENES, codirigida por el IAA, ha sido primordial, no sólo por su confirmación de más de 59 nuevos exoplanetas, de ellos 43 Tierras y Super-Tierras, sino también porque ha abierto nuevas vías para la detección de especies moleculares y el estudio de la dinámica de las exo-atmósferas de Júpiter calientes, y el escape de gas de exoplanetas gigantes. Igualmente exitosos ha sido la exploración del cometa 67P/ Churyumov-Gerasimenko, el descubrimiento de anillos en planetas enanos, o la contraparte electromagnética de eventos de ondas gravitacionales. Asimismo, merece ser mencionada la participación activa de investigadores del IAA en la obtención de la

primera imagen de un agujero negro supermasivo en el corazón central de M87, y posteriormente del agujero negro supermasivo de la Vía Láctea, que fueron portada de las revistas científicas especializadas y de todos los periódicos de información general del mundo. El proyecto ERC GALACTICNUCLEUS ha comenzado a estudiar la cinemática de las estrellas en el Centro Galáctico, con especial atención a la búsqueda de cúmulos jóvenes desconocidos hasta ahora en esta región. En cuanto a la evolución de galaxias se refiere, el IAA lidera o colidera varios programas científicos galácticos y extragalácticos de los precursores del survey J-PAS, que observará más de 8500 grados cuadrados de cielo. Contribuye igualmente al estudio de los vientos producidos en el corazón de galaxias activas. En la figura 5 se muestran algunos de estos resultados.

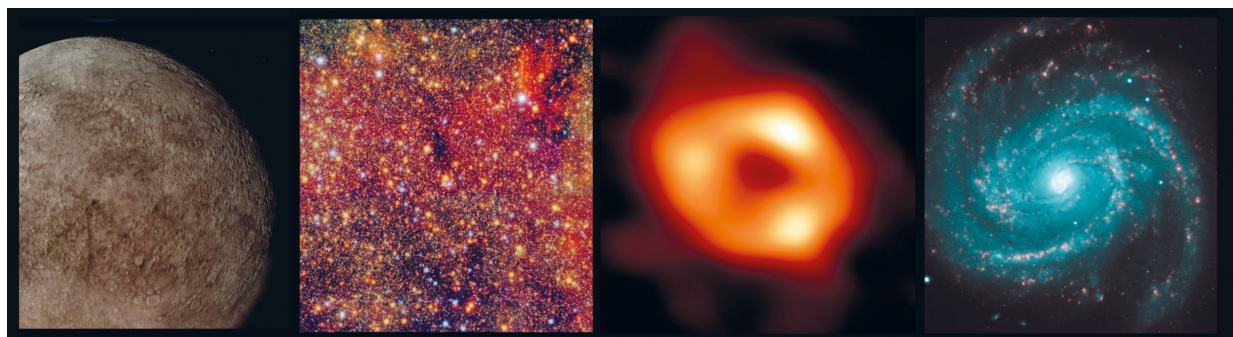


Figura 5. Imágenes de algunos de los proyectos exitosos del IAA. De izquierda a derecha, exoplanetas, la población estelar del centro de Nuestra Galaxia, la sombra del agujero negro de M87, galaxia activa con vientos en su región nuclear.

A lo largo de su historia el IAA ha publicado un total de 6419 publicaciones incluidas en el Science Citation Index (SCI), con 211.627 citaciones y un factor H como instituto de 166. Durante el periodo de 2020 a 2022 se han publicado 954 artículos SCI, de los cuales el 90% pertenecen a revistas del primer cuartil (11% a las del primer decil). En 2022 el IAA ha publicado 386 artículos, 20 de ellos en revistas del máximo impacto (Nature & Science). Nótese el incremento de la producción de 2020 a 2022, gracias al ímpetu del proyecto de excelencia Severo Ochoa del IAA.

Otros aspectos a destacar de la investigación científica del IAA son el liderazgo y la internacionalización de estas publicaciones. Más de un tercio (27%) de las publicaciones del IAA están dirigidas por científicos y científicas del IAA. El IAA es líder en la internacionalización de sus investigaciones. Esto se refleja en el elevado número de publicaciones con autoría internacional respecto al número total de publicaciones del IAA, que es superior al 91% de los artículos publicados.

2.2 LA ACTIVIDAD TECNOLÓGICA EN EL IAA

Desde el punto de vista de las actividades con orientación tecnológica, el IAA lidera desarrollos tecnológicos para el espacio. Destacamos algunos de los últimos lanzamientos, y los instrumentos desarrollados en el IAA, como NOMAD@ExoMars-TGO en 2016, BELA@BepiColombo en 2018, PHI@SolarOrbiter en 2020, instrumento del que somos co-IP, y los instrumentos JANUS y GALA para la misión JUICE que visitará las lunas jovianas, lanzada en abril de 2023. Y sin olvidar la exitosa misión Rosetta, donde el IAA lideró la contribución española a los instrumentos GIADA y OSIRIS. Y en el futuro PLATO, EnVision, Comet Interceptor y Vigil. Nuestra implicación en la mayoría de las grandes misiones espaciales europeas garantiza nuestra participación en la explotación de los datos resultantes. Así mismo el IAA desarrolla instrumentación de vanguardia para telescopios terrestres en los observatorios GTC (MEGARA) y CAHA (CARMENES y PANIC), y co-lidera el proyecto para el nuevo espectrógrafo de campo integral, TARSIS@CAHA. Participamos en los consorcios de ANDES y MOSAIC, instrumentos para el Extremely Large Telescope (ESO), y en la fase preparatoria de la infraestructura ESFRI European Solar Telescope (EST), lo que nos sitúa en una posición única para contribuir significativamente a su fase de construcción. Contribuimos al modelado y desarrollo del archivo de software de CTA, con una fuerte involucración en Gammapy, que fue el paquete finalmente seleccionado para las Herramientas Científicas del CTA. Estamos en posición privilegiada para explotar el excepcional potencial del EHT, en el que el IAA ha reforzado su liderazgo. Además, el IAA coordina desde 2011 la participación científica y tecnológica de España en el Square Kilometre Array Observatory (SKAO).

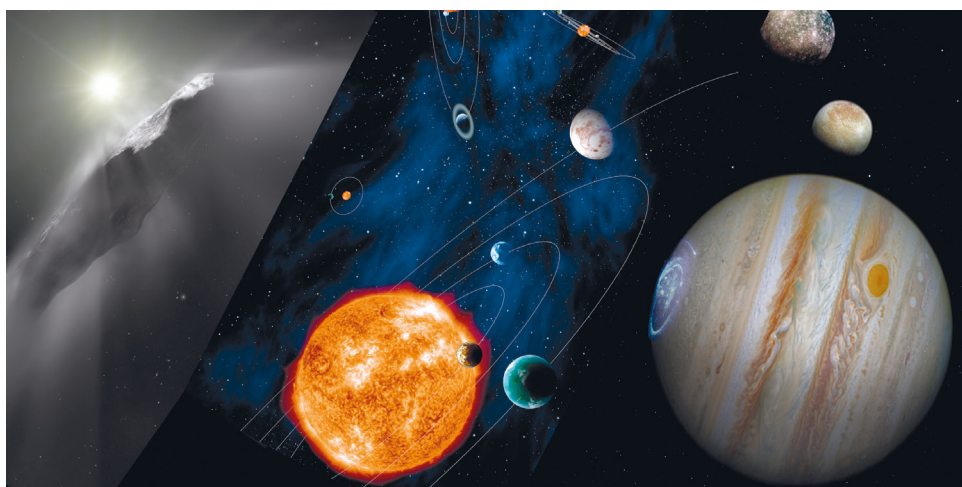


Figura 6. Composición de imágenes ilustrativas de los proyectos instrumentales espaciales con participación del IAA. De izquierda a derecha: Comet Interceptor, PLATO y JUICE.

Por otro lado, el IAA está reforzando su contribución a proyectos con necesidades de utilización de herramientas astrofísicas para datos masivos, abriendo la puerta a eventuales aplicaciones de inteligencia artificial aplicada a la astrofísica y ciencias del espacio y su innegable proyección futura en proyectos internacionales de altísimo impacto, como el legado de telescopio Vera Rubín (antiguo LSST).

2.3. LA DIFUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN EN EL IAA

La difusión de los resultados de la investigación realizada en el IAA sigue, en primer lugar, el cauce correspondiente a su carácter de centro de investigación, es decir, el de las publicaciones científicas. En segundo lugar, hacemos difusión directa al público general a través de nuestra Unidad de Cultura Científica (UCC), e indirecta a través de las páginas web de CAHA o del CSIC, y de los centros con quienes colaboramos (por ejemplo, a través de notas de prensa de difusión internacional como las de ESO, ESA, SKAO o HST). Algunos de estos resultados tienen un fuerte impacto social, como por ejemplo fue el caso en 2019 de la primera imagen de la sombra del agujero negro en M87.

La UCC lidera tres líneas de acción: comunicación, educación y difusión. El impacto de las actividades de comunicación y divulgación científica del IAA en la sociedad es sobresaliente y pareja a la de los grandes centros de investigación internacionales, con numerosas charlas públicas periódicas, visitas de grupos escolares, blogs, documentales, emisiones de radio y su revista “IAA – Información y Actualidad Astronómica”. Realizamos también actividades de difusión de nuestra actividad tecnológica, eminentemente la relacionada con la instrumentación espacial y para telescopios en Tierra, a través de jornadas de transferencia, que nos permiten llegar también al tejido productivo regional y nacional.

2.4. LA ESTRUCTURA DEL IAA-CSIC

La actividad científica del IAA, estructurada en 4 departamentos (Sistema solar, Física estelar, Radioastronomía y estructura galáctica, y Astronomía extragaláctica), está respaldada por la Unidad de Desarrollo Instrumental y Tecnológico (UDIT), la Unidad de Cultura Científica, la unidad de Servicios Generales y el Centro de Cálculo. El IAA cuenta con su Oficina de Calidad del Cielo. Además, desde la consecución de la primera acreditación “Severo Ochoa” contamos con la Oficina Técnica del SO-IAA. Destacamos también las Unidades de Servicios.

2.5. LOS OBSERVATORIOS ASTRONÓMICOS QUE GESTIONA EL IAA

Observatorio de Calar Alto (CAHA). Se encuentra ubicado en la sierra de Los Filabres (Almería) a 2167 metros de altitud. CAHA es operado conjuntamente por el CSIC y la Junta de Andalucía desde 2019, siendo el IAA el centro de referencia para el desarrollo de su estrategia científico-técnica. CAHA cuenta con tres telescopios con aperturas de 1.23m, 2.2m y 3.5m. Las condiciones atmosféricas, ideales para las observaciones astronómicas, y el tamaño de apertura de sus telescopios, convierten a CAHA en el observatorio astronómico más importante en Europa continental.

Los telescopios de CAHA están equipados con instrumentación astronómica de vanguardia que incluye cámaras directas en el visible e infrarrojo cercano y espectrógrafos de dispersión intermedia y alta. El observatorio tiene sus propias instalaciones técnicas: salas limpias, instalaciones electrónicas, mecánicas y de computación, y cámaras y sensores para monitorear la calidad del cielo nocturno. Ofrece, además, servicios de aluminización, con la cámara de aluminización más grande de Europa, que puede albergar espejos con diámetros de hasta 4 m. Actualmente se está en el proceso de construcción de TARSIS, el nuevo instrumento para el telescopio de 3,5m, que mantendrá a CAHA en la élite de la astronomía internacional en el área de la espectroscopía bidimensional de gran campo.

Observatorio de Sierra Nevada (OSN). Ya hemos hablado del OSN en la primera sección de este artículo. El OSN es operado y provisto por el IAA. Los dos telescopios que alberga son especialmente adecuados para proyectos que requieren una respuesta rápida u observaciones de monitoreo durante largos períodos de tiempo. El observatorio realiza asimismo observaciones relacionadas con actividades educativas y divulgativas.

2.6. LIDERAZGO INTERNACIONAL

El IAA destaca como un centro altamente internacionalizado, donde prácticamente todos los grupos forman parte de diferentes colaboraciones internacionales. El porcentaje de investigadores postdoctorales extranjeros y de alto nivel ha aumentado constantemente en los últimos años. Los grupos del IAA mantienen importantes colaboraciones internacionales con instituciones de investigación de referencia y continuamos aumentando nuestra participación en proyectos y consorcios astronómicos internacionales de instrumentación de vanguardia para grandes telescopios.

En cuanto a las actividades de carácter transversal metodológico e instrumental, se centran fundamentalmente en dos campos de trabajo altamente internacionalizados. Por un lado, en la explotación de grandes volúmenes de datos en grandes muestreos galácticos y extragalácticos, con proyectos de referencia como J-PAS o los proyectos de legado asociados a los nuevos instrumentos para el Observatorio de Calar Alto. Por otro lado, uno de los objetivos estratégicos del primer proyecto Severo Ochoa del IAA

fue desarrollar un precursor que permita acreditar al IAA como Regional Center de SKAO. Este proto-SRC ya está dando servicio a los investigadores del IAA. El proyecto del SKAO es un gran proyecto internacional, donde el IAA coordina la participación española. Es importante señalar que, en lo relativo a las actividades de e-Ciencia, Ciencia Abierta y reproducibilidad en el análisis de datos científicos, el IAA es un centro pionero en el desarrollo de metodologías de e-Ciencia para la radioastronomía. El IAA está particularmente comprometido en el área de la Ciencia Abierta para su aplicación a un nodo potencial de la red del Centro Regional SKAO Europeo en el IAA, con un énfasis en la reproducibilidad de la metodología. El IAA representa al CSIC en comisiones europeas de Ciencia Abierta.

El personal del IAA contribuye a numerosos comités internacionales, entre ellos el Consejo de Administración de la revista *Astronomy & Astrophysics*, el Comité Consultivo de Ciencias Espaciales, el Grupo de Trabajo sobre el Sistema Solar y la Academia de Astronáutica de la Agencia Espacial Europea, el SEAC (SKAO External Scientific and Technological Advisory Committee), o el Event Horizon Telescope Council, entre otros.

2.7. FORMACIÓN EN EL IAA

La implicación del personal científico y técnico del IAA en actividades educativas y académicas tiene una larga tradición. Colaboramos estrechamente en programas de máster y doctorado de la Universidad de Granada, así como en un máster conjunto con la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP) y el instituto de investigación IFCA/CSIC. Más recientemente se han firmado nuevos acuerdos de cooperación con las Universidades andaluzas. En todas estas actividades cabe destacar la disponibilidad de las instalaciones telescópicas de CAHA y OSN para la formación de estudiantes y como laboratorios para que las escuelas de ingeniería desarrollen proyectos tecnológicos. En combinación con sus amplias actividades científicas y tecnológicas, el IAA es capaz de ofrecer proyectos de investigación atractivos en la vanguardia de la investigación astrofísica a estudiantes talentosos. Siendo centro de excelencia Severo Ochoa, el IAA ofrece la oportunidad al alumnado que se inscribe en un máster, de iniciarse en la investigación a través del programa anual JAE-intro del CSIC para centros Severo Ochoa y María de Maeztu. Este programa permite además al personal postdoctoral iniciarse en las actividades de formación académica del personal becado en estas convocatorias. El IAA tiene éxito en la atracción de jóvenes investigadores que no sólo proceden de diferentes instituciones de España y la UE, sino también de Estados Unidos, Sudamérica, Asia, entre otros.

Cabe destacar en este sentido, la ingente cantidad de actividades formativas de primerísimo nivel (SO Training Program) que se suman a las habituales del IAA, gracias a la consecución de la acreditación de excelencia Severo Ochoa, y que cubren capítulos

formativos muy importantes que van desde la redacción y presentación de trabajos científicos, el uso de herramientas estadísticas para el análisis de los datos, las técnicas de Big Data y Machine Learning aplicadas a la astrofísica, o cursos temáticos específicos, orientados a la puesta al día, con especialistas internacionales del más alto nivel, de las temáticas científicas objeto de nuestro plan estratégico SO-IAA.

2.8. LA TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO EN EL IAA

La continua actividad del IAA en misiones de ciencia espacial y proyectos de instrumentación astronómica nos ha proporcionado las habilidades y conexiones necesarias para establecer estrechas colaboraciones con empresas privadas del sector de alta tecnología, lo que ha dado lugar a la obtención de varias patentes y a una serie de contratos de I+D+i. Hemos identificado una serie de áreas con gran potencial para que las habilidades de nuestros técnicos e ingenieros sean utilizadas en actividades de diseño, desarrollo y consultoría para empresas privadas o instituciones de investigación. El propio IAA no comercializa aplicaciones, pero puede compartir colaboraciones con empresas y otros grupos de interés capaces de desarrollarlas, siempre con el asesoramiento y la ayuda de la Oficina de Transferencia del CSIC. Nuestra contribución a SKA, la nueva instrumentación para CAHA y los desarrollos instrumentales para exploración espacial, y el cartografiado J-PAS, son un verdadero banco de pruebas para este modelo de producción y transferencia de conocimiento. El desarrollo de metodologías para el almacenamiento y la manipulación de datos producirá más valor añadido.

3. EN RESUMEN

El IAA es el mayor instituto de Astronomía e Investigación Espacial del CSIC. La amplia experiencia de su personal, junto con sus actividades tecnológicas, son únicas en España. Su realidad es el resultado del excelente trabajo de su personal a lo largo de sus casi 50 años de historia. Su investigación abarca desde el Sistema Solar hasta el Universo primitivo. El IAA ha contribuido a casi todas las misiones recientes más importantes de la ESA/NASA/JAXA relacionadas con el Sistema Solar y construye instrumentos de última generación para telescopios terrestres. El IAA es un centro internacional de referencia para la radioastronomía, con una participación significativa en el Telescopio del Horizonte de Sucesos (Event Horizon Telescope) y el compromiso de establecer un Centro Regional SKA. El IAA cuenta con una sólida trayectoria, con un gran número de trabajos de gran impacto en campos diversos de la Astronomía. La nominación como Centro de Excelencia Severo Ochoa ha tenido un impacto transformador en el IAA en términos de atracción de talento internacional, rejuvenecimiento del centro,

aumento de nuestra producción científica, puesta en marcha de un novedoso programa de formación, refuerzo del trabajo en infraestructuras estratégicas, visibilidad internacional y divulgación científica.

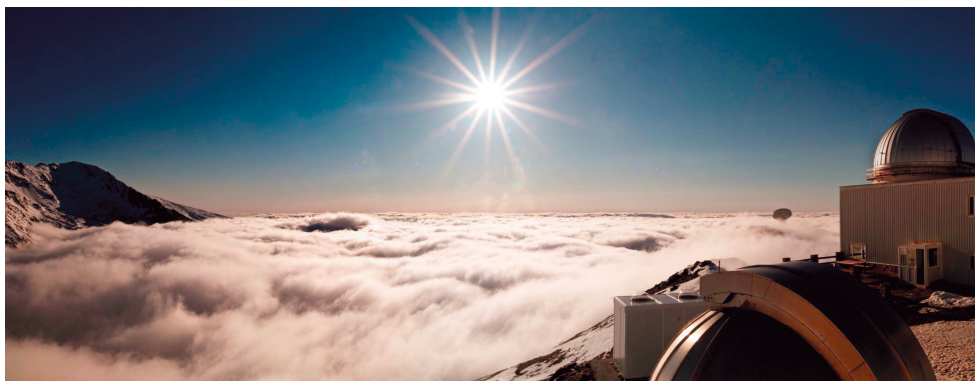


Figura 7. Observatorio de Sierra Nevada (IAA).



INSTITUTO CARLOS I DE FÍSICA TEÓRICA Y COMPUTACIONAL (iC1)

Miguel Ángel MUÑOZ MARTÍNEZ

Director del Instituto

El Instituto Universitario de Investigación Carlos I de Física Teórica y Computacional (iC1) forma parte de la estructura de Institutos y Centros de Investigación de la Universidad de Granada. Su propuesta de creación como Instituto Universitario –promovida principalmente por los profesores Joaquín Marro, Eduardo Battaner y Jesús Sánchez-Dehesa- se presentó en noviembre de 1991 ante los órganos de gobierno de la Universidad de Granada (UGR) y fue aprobado el 13 de Julio de 1993 por el Claustro de la UGR. El iC1 se creó hace pues más de 30 años con la vocación de cons-

tituir un espacio para la articulación de la investigación entre los grupos de investigación y los departamentos. Dentro de las unidades investigadoras creadas en Andalucía tiene como elemento diferenciador su singularidad temática y organizativa, su carácter claramente interdisciplinar o multidisciplinar con un eje común en la física teórica, la matemática, y los diferentes aspectos computacionales que las interconectan.

En el iC1 se desarrolla una investigación de primer nivel internacional centrada en aspectos básicos e interdisciplinarios de la Física, estudiando la naturaleza que nos rodea mediante herramientas computacionales. Para ello el instituto cuenta con una importante infraestructura computacional, el superordenador PROTEUS (<https://proteus.ugr.es>),



Figura 1. Distintas imágenes relacionadas con el Superordenador PROTEUS.

inaugurado en 2008 y en constante ampliación y mejora desde entonces mediante el uso de fondos públicos obtenidos en convocatorias altamente competitivas. PROTEUS proporciona un entorno HPC (*High Performance Computing*) que incorpora las últimas tendencias en computación y está optimizado para cálculos y simulaciones científicos. Está formado por un clúster de nodos de alto rendimiento de arquitectura tipo Beowulf con capacidad de *cloud computing* y *cloud storage*, y gestionado mediante software libre GNU/Linux. En la actualidad consta de 2300 procesadores repartidos en 170 nodos de computación, 90 TeraFlops de potencia de cálculo, 8Tb de memoria principal y 240Tb de almacenamiento, lo que posiciona a PROTEUS como uno de los clústers de computación científica más importantes de la Comunidad Andaluza.

La estructura organizativa del iC1 ha permitido su crecimiento con la incorporación de nuevos grupos de investigación, basándose siempre en la excelencia investigadora de los mismos, algo que ha permitido consolidar una estructura de investigación con un alto nivel de excelencia científica y de internacionalización, que potencia sinergias, competitiva, con un carácter principalmente básico y siempre al servicio de la sociedad.



Figura 2. Fotografía de grupo tomada en uno de los encuentros entre los miembros del iC1, que tuvo lugar en el Palacio de la Madraza (Granada).

En la actualidad está dirigido por el Prof. Miguel A. Muñoz, el Secretario es el Prof. Pablo I. Hurtado, y consta de 5 grupos de investigación consolidados:

- * El Grupo de **Astrofísica**, coordinado por el Prof. Eduardo Battaner, impulsa materias relacionadas con la investigación en el campo de la astrofísica y el desarrollo de instrumentación astronómica. Sus programas científicos abarcan tres grandes áreas de la astrofísica: (a) formación estelar y medio interestelar; (b) estructura, dinámica y evolución galácticas y (c) cosmología.
- * El grupo de **Física estadística y Sistemas Complejos**, coordinado por el Prof. Pedro L. Garrido, estudia cómo surgen los fenómenos macroscópicos emergentes a partir de interacciones microscópicas en sistemas clásicos y cuánticos. Para ello se usan los métodos de la Física teórica y se recurre a la ayuda de ordenadores cuando es necesario, con especial énfasis en las simulaciones computacionales de sistemas complejos. Algunos proyectos actualmente en curso incluyen problemas en mecánica estadística lejos del equilibrio (tanto clásica como cuántica), y otros se centran en extender herramientas y métodos usuales de la física teórica a problemas lejos del ámbito tradicional de la física como son la neurociencia, biología de sistemas, o la ecología teórica.



Figura 3. Miembros del iC1 en el año 2017.

- * El grupo de **Física Cuántica y Física Matemática**, coordinado por la Prof. Rosario González Férrez, lleva a cabo investigaciones interdisciplinarias en física cuántica, física atómica y molecular, matemática aplicada, y física matemática. Estos trabajos de investigación versan sobre sistemas cuánticos, átomos ultrafríos, y moléculas frías y ultrafrías, analizando su estructura, dinámica, control y manipulación por medio de campos electromagnéticos externos. También se explora el uso de sistemas cuánticos en información cuántica, criptografía cuántica y computación cuántica, y se investigan aspectos fundamentales de la física cuántica.
- * El grupo de **Física Hadrónica**, coordinado por el Prof. Enrique Ruiz Arriola, está enfocado a los Hadrones y a la Física Nuclear Teórica. Entre sus líneas de investigación más importantes destacan (a) el análisis del *scattering* entre electrones y neutrinos con núcleos y nucleones utilizando un formalismo puramente relativista, (b) la selección de datos de 8000 reacciones de scattering neutron-proton y proton-proton (Granada-2013 database) utilizada para la determinación de fuerzas nucleares, o (c) el análisis y modelado de reacciones nucleares con experimentos de haces exóticos realizados en laboratorios de prestigio internacional.
- * El grupo de **Nanoestructuras, Propiedades Cuánticas y Sistemas mesoscópicos**, coordinado por el Prof. Juan B. Roldán, estudia propiedades cuánticas y fenómenos críticos desde sistemas nucleares y moleculares, hasta nanoestructuras basadas en nuevos materiales de baja dimensión y sistemas mesoscópicos, con aplicaciones reales y potenciales en el campo de rápido desarrollo de las tecnologías cuánticas: concretamente el diseño y fabricación de nanodispositivos innovadores con propiedades exóticas, un mayor desarrollo de la electrónica y la espintrónica de próxima generación, así como para sus aplicaciones en computación y teoría cuántica de la información.

La **investigación** que se realiza dentro del iC1 goza del más alto prestigio internacional, como lo demuestra el alto impacto de algunos de los trabajos científicos publicados por miembros del instituto. Por ejemplo, miembros del iC1 han coordinado recientemente un estudio publicado en la revista *Nature* (28 de Junio de 2023) que muestra por primera vez de manera observacional que las galaxias en las regiones poco densas del universo evolucionan más despacio que aquellas en zonas muy pobladas. En otro trabajo reciente investigadores del iC1 han descubierto, usando herramientas de la física estadística, que el comportamiento cuasi-universal de la actividad neuronal en ratones tiene su origen en la dinámica crítica del cerebro, que opera al borde de la inestabilidad. El trabajo ha sido publicado en la prestigiosa revista *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* (24 de febrero de 2023). En otro avance importante, investigadores del iC1 ha conseguido integrar por primera vez un material bidimensional aislante sobre microchips que contienen transistores de silicio para formar circuitos matriciales, algo que podría revolucionar la fabricación de semiconductores.

El trabajo, publicado en la revista *Science* (3 de Junio de 2022), ha atraído el interés de algunas de las empresas líderes en el campo de los semiconductores. Otro ejemplo de la relevancia de las investigaciones realizadas en el iC1 es la primera observación experimental, empleando un ión de estroncio atrapado en un campo eléctrico, de lo que sucede durante una medición de un estado cuántico (*Physical Review Letters*, 25 de febrero de 2020). Este trabajo fue considerado como uno de los 10 más relevantes de la Física en 2020 por la revista *Physics World*. O el reciente descubrimiento de nuevas formas de construir cristales del tiempo a partir de fluctuaciones extremas de sistemas difusivos fuera del equilibrio (*Physical Review Letters*, 14 de Octubre de 2020), trabajo con amplia repercusión en los medios. Remitimos a la web del iC1 para ampliar éstas y otras noticias actualizadas sobre investigaciones de alto impacto del iC1.

Como medida de la calidad de la investigación en el iC1, basta mencionar que la Universidad de Stanford (California, Estados Unidos), en su reciente “*Ranking of the World Scientists: World’s Top 2% Scientists*”, que identifica a los investigadores más influyentes del mundo en el período 1996-2021, ha incluido a 5 investigadores del iC1 en su lista.

Entre otras actividades, el IC1 también destaca por su **participación en múltiples redes de investigación** internacionales, nacionales y locales. En particular, el iC1 participa como uno de los nodos centrales de la red *Quantum Spain*, creada para coordinar distintas iniciativas sobre computación cuántica en España. El iC1 también ha contribuido a crear un nodo español del *Centre Européen de Calcul Atomique et Moléculaire* (CECAM), participa de manera activa en diferentes redes científicas dentro de los programas FP7 y H2020 de la Unión Europea, y ha formado parte del *Granada Excellence Network for Innovation Laboratories* (GENIL, dentro del CEI-BIOTIC de la Universidad de Granada). Asimismo, el IC1 impulsa con fuerza y financia diferentes **congresos y workshops internacionales** -entre los que sobresale la organización del congreso bianual *Granada Seminar on Statistical and Computational Physics* (<https://granadaseminar.com>) desde hace más de 30 años, o la escuela internacional *Quantum Matter out of Equilibrium* (<https://granada-summer-school.com/>)- además de multitud de colaboraciones científicas. Otro aspecto reseñable es la difusión de la ciencia en ámbitos nacionales e internacionales, por ejemplo mediante el apoyo a las iniciativas STATPHYS y FISES, y la participación en sociedades científicas (EPS, IUPAP, etc.)

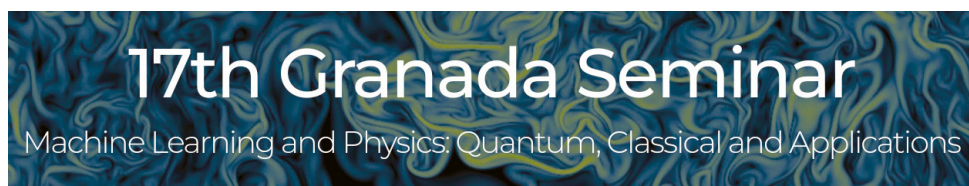


Figura 4. Anuncio de uno de los congresos internacionales organizados por el iC1.

No menos importante, la **docencia tanto de grado como de posgrado** impartida por los miembros del Instituto en la Facultad de Ciencias de la UGR ha contribuido a la formación de muchos jóvenes científicos a lo largo de estos 30 años de existencia. El iC1 también ha participado activamente en la puesta en marcha de títulos de marcado carácter interdisciplinar como el programa ACTO (Aplicaciones Científico Técnicas del Ordenador), el curso Aplicaciones del Ordenador para el Aula de Ciencias en Educación Secundaria o el curso de verano Aspectos Físicos y Matemáticos de la Naturaleza y la Sociedad. Además, participó en la creación del programa de máster y doctorado FISYMAT (Física y Matemáticas).

A nivel de **divulgación científica** el iC1 también realiza una labor destacable. Por ejemplo, promueve el canal online **PROTEUSTv** (<https://proteus.ugr.es/proteustv>) que comprende una colección de charlas, animaciones y breves documentales sobre el mundo de la ciencia y de forma más particular, el mundo de la **física**. También desde el iC1 se viene organizando desde hace más de 10 años el **ciclo de conferencias Fronteras de la Física** (http://ic1.ugr.es/ciclo_conferencias). Este ciclo, orientado a un auditorio de estudiantes de ciencias interesados e investigadores no especialistas, persigue abordar problemas abiertos en distintos campos de la Física y ciencias afines, y sus posibles conexiones con otras disciplinas, con el objetivo de fomentar la discusión interdisciplinar. La labor de divulgación del iC1 también se extiende a los medios de comunicación, con una presencia destacable. Como ejemplo, el programa «ConCien-cia» de Canal Sur Televisión entrevistó recientemente al director del iC1 Miguel Ángel



UNIVERSIDAD DE GRANADA

INSTITUTO CARLOS I
DE FÍSICA TEÓRICA Y COMPUTACIONAL

Memristores

Nuevos dispositivos electrónicos para aplicaciones de memorias no volátiles, criptografía hardware y computación neuromórfica

por el profesor **Juan B. Roldán**
Depto. de Electrónica y Tecnología de Computadores, UGR

Viernes 02/06/2023
12:30, aula F-01

Figura 5. Anuncio de una de las conferencias del ciclo Fronteras de la Física, organizado por el iC1.

Muñoz y su equipo de investigación para conocer sus últimas investigaciones en relación al funcionamiento del cerebro humano.

Por último, queremos mencionar que el iC1 recibió el **Premio del Consejo Social de la UGR** en el año 2018 por distinguirse especialmente en su labor de transferencia de conocimiento o actividades en esta materia realizadas con empresas e instituciones. Los premios del Consejo Social reflejan, desde su primera convocatoria en 2002, su aspiración de hacer partícipe a la sociedad de la actividad y potencial que tiene la Universidad de Granada en la generación y transferencia de conocimiento como uno de sus principales activos. También cabe señalar que el iC1 fue distinguido como **Unidad de Excelencia** por la Universidad de Granada. En la actualidad está en curso el reconocimiento del iC1 como **Instituto de investigación interuniversitario andaluz**, integrando grupos de investigación, además de la UGR, a las universidades de Sevilla, Málaga y Almería.

INSTITUTO ANDALUZ DE GEOFÍSICA Y PREVENCIÓN DE DESASTRES SÍSMICOS (IAGPDS)

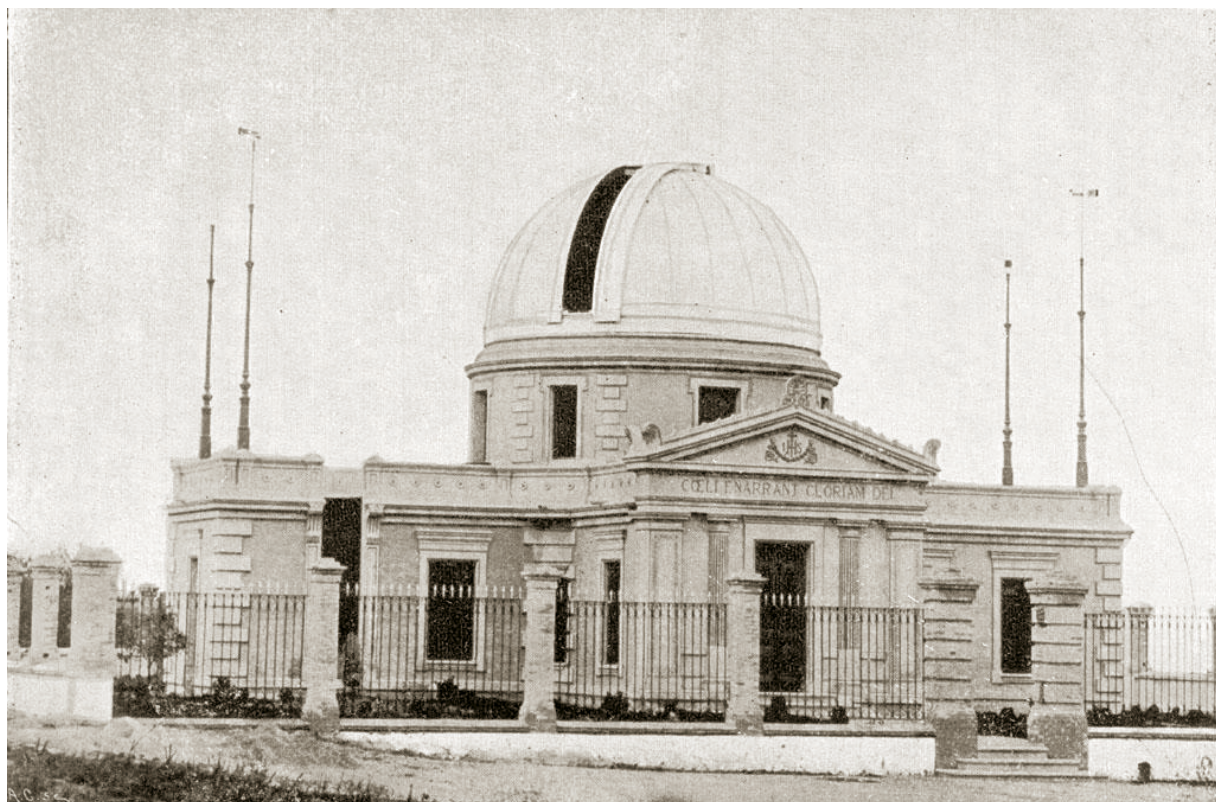
Ángel Gerardo ALGUACIL DE LA BLANCA

Investigador del Instituto

BREVE RESEÑA HISTÓRICA

El Observatorio de Cartuja había sido fundado por la Compañía de Jesús en 1902 y se había cedido su uso a la Universidad de Granada en 1971. El rectorado encomendó su gestión al Decano de la Facultad de Ciencias y éste propuso como director al Prof. D. Luis Esteban Carrasco, catedrático de Geometría y Topología, que había sido ingeniero geógrafo destinado en el Observatorio Geofísico Central de Toledo del Instituto Geográfico y Catastral.

Figura 1. Observatorio de Cartuja.



Como había en el observatorio tres secciones, el nuevo director propuso quedarse como responsable de la de Geofísica y asignar al Prof. Pardo Sánchez la de Astrofísica y al Prof. Infantes Macías la de Meteorología. A finales de los setenta, el Observatorio contaba con tres profesores contratados, Fernando de Miguel (†), Carlos López y Francisco Vidal, que mantienen el único sismógrafo instalado, cedido por el entonces Instituto Geográfico Catastral (hoy Instituto Geográfico Nacional, IGN), un Askania modelo Hiller-Stuttgart de tres componentes y corto periodo, con registro galvanométrico-fotográfico y una amplificación máxima de unas 10^4 veces. A raíz de la serie sísmica ocurrida en Granada en 1979, con decenas de terremotos sentidos por la población y considerable alarma, se pone de manifiesto la insuficiencia de esta instrumentación para un adecuado seguimiento y evaluación de la sismicidad local. Por aquel entonces,



Figura 2. Telescopio Ecuatorial Mailhat. Estuvo en funcionamiento desde 1902.

era necesario contar con las lecturas de tiempos de llegada de las fases sísmicas a los observatorios de Málaga, Almería, Toledo, Alicante, etc., para poder localizar el epicentro. Y esta información llegaba por telegrama o por teléfono a petición urgente.

Tras la marcha del prof. Carlos López a Sudáfrica, se incorporó como prof. ayudante Gerardo Alguacil. Con una pequeña dotación económica de la UGR, se acometió la compra de sismómetros compactos Kinematics Ranger SS-1 y el diseño y la construcción de un prototipo de estación sísmica telemétrica. En pocos años se instalaron cinco de ellas en puntos alrededor de la Cuenca de Granada, con telemetría analógica por radio y registro en papel. Fue la primera red sísmica telemétrica para sismicidad local que operó en España. En 1989 se incorporó el registro digital y se desarrollaron algoritmos de localización hipocentral y proceso de datos adecuados a los medios disponibles. Posteriormente se construyó una red portátil para estudios específicos asimismo con registro digital. Estos desarrollos fueron objeto de tres tesis doctorales, de G. Alguacil, J.M. Guirao y G. Olivares.



Figura 3. Nueva sala de meteorología del Observatorio, realizada antes de 1920, que sustituye a la original de 1903.

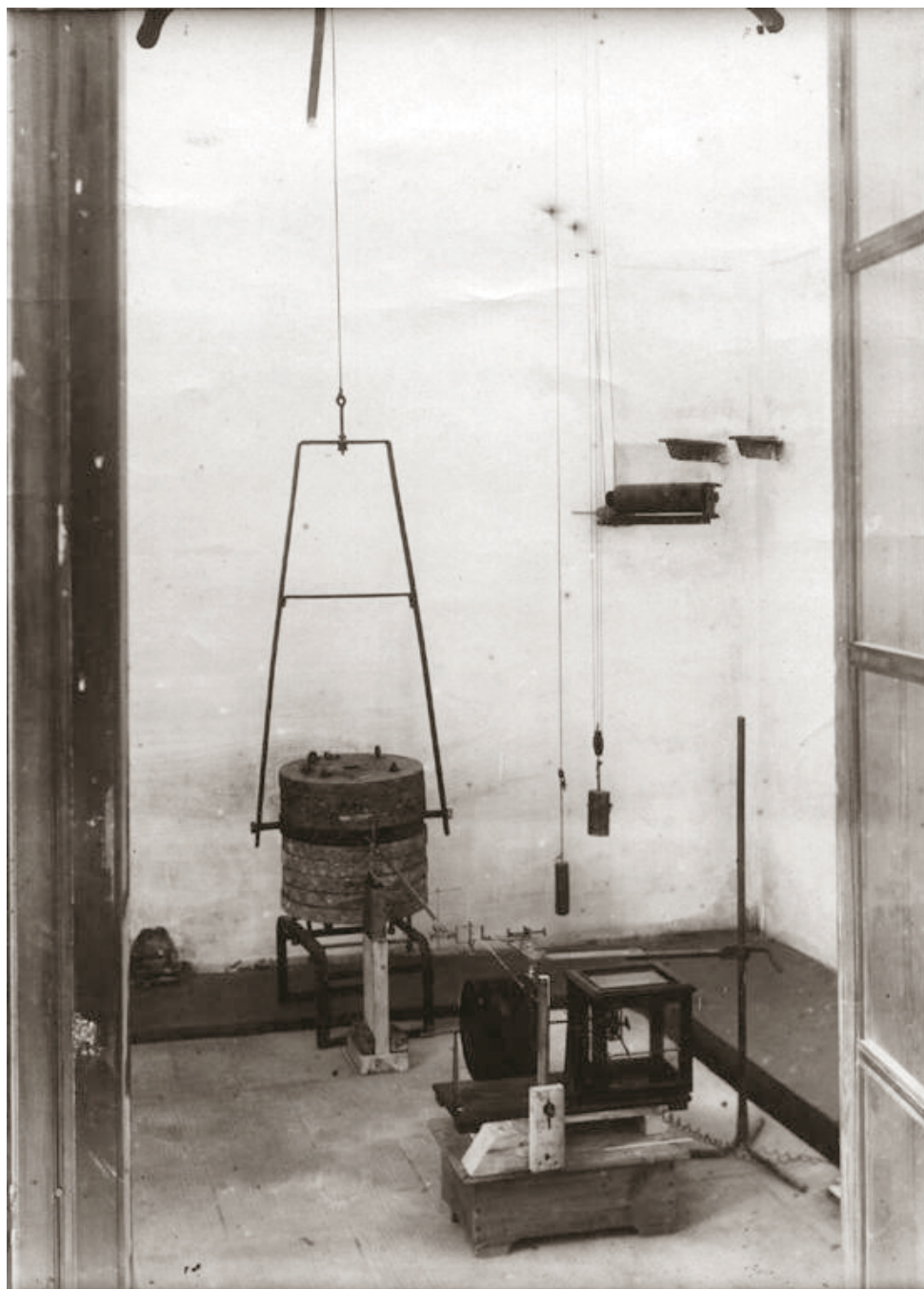


Figura 4. Sismógrafo Cartuja Bifilar.

En 1984 se firmó un convenio marco con la Consejería de Gobernación de la Junta de Andalucía para impulsar la Red Sísmica de Andalucía y los estudios sísmicos en la región, con aplicación a Protección Civil.

En 1989 se aprobó por el Claustro de la UGR y a continuación por el Consejo Social la creación de un Instituto de carácter mixto, con el apoyo de la Consejería de Gobernación, en el que inicialmente se integraron profesores de la UGR de varios departamentos, incluido un grupo del entonces Colegio Universitario de Almería. La separación de la Universidad de Almería y los cambios en la legislación hicieron más tarde que el instituto quedara como uno propio de la UGR.

Actualmente están integrados en el instituto profesores de los departamentos de Física Teórica y del Cosmos, Geodinámica, Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Construcciones Arquitectónicas, Historia Medieval y Didáctica de las Ciencias Experimentales.

El Observatorio de Cartuja, sede inicial del Instituto, cubría a duras penas las necesidades de funcionalidad necesarias y, tras numerosas gestiones, la UGR firmó un acuerdo con la Junta de Andalucía para construir en terrenos de la UGR del Campus de Cartuja un nuevo edificio compartido: un ala para el IAG, otra para el Centro de Coordinación de Emergencias (112) y una zona de uso común. En 2010 la sede se trasladó al nuevo edificio, colindante con el Observatorio de Cartuja.



Figura 5. Sede actual del Instituto, en el Campus de Cartuja.

INFRAESTRUCTURA

El número y la calidad de los instrumentos ha ido creciendo a lo largo de los años con varios proyectos de investigación y dotaciones de infraestructura, que han sido financiados en diferentes convocatorias competitivas. Actualmente el instituto cuenta con una red sísmica permanente compuesta de 20 estaciones digitales de banda ancha triaxiales con respuesta plana para velocidad del suelo entre 0.0083Hz y 40Hz, 7 estaciones radiotelemétricas de corto periodo de componente vertical y alta ganancia rodeando la Cuenca de Granada y la estación triaxial de Cartuja en la sede del IAG, todas conectadas vía internet en tiempo real al instituto. La adquisición más reciente son 52 acelerógrafos triaxiales de amplio margen dinámico, asimismo conectados en tiempo real. Tanto las estaciones de banda ancha como los acelerógrafos están desplegados por el territorio andaluz. Además de esto, el sistema central de registro del instituto recibe 8 acelerógrafos de la Universidad de Almería y otras muchas estaciones del Instituto Geográfico Nacional y de otros organismos. También se dispone de un conjunto de estaciones portátiles para campañas y estudios específicos y antenas (*arrays*) sísmicas de diseño propio para despliegue en campañas, sobre todo en zonas volcánicas (tesis de Miguel Abril).

El sistema central de la Red Sísmica de Andalucía registra todos los datos en continuo y se analizan en forma rutinaria los terremotos locales para asignarles magnitud y determinar su localización hipocentral. En caso de terremotos sentidos por la población, se evalúa la intensidad de la sacudida en diferentes puntos.

Por otra parte, el Área de Geofísica Aplicada del instituto cuenta con un amplio instrumental para exploración superficial. Cuatro equipos de radar de subsuelo cubren frecuencias desde 15Mhz hasta 3GHz, incluido un array de 20 canales. Para prospección magnética, un magnetómetro de protones con dos sensores que permiten operar en modo gradiente, un magnetómetro de bombeo óptico de vapor de potasio con sensibilidad de pT y hasta 20 sps, especialmente indicado para arqueología. Se cuenta con varios equipos de prospección eléctrica y electromagnética. Un sismógrafo de 48 canales con conmutadores de geófonos para su uso en reflexión y en refracción y varios tipos de geófonos permiten un amplio uso de la exploración sísmica. Por último, dos equipos de posicionamiento GPS y GNSS de precisión centimétrica. Todos estos instrumentos se completan con material auxiliar y con programas de procesado tanto comerciales como de desarrollo propio.



Figura 6. Registro reciente de terremoto en las instalaciones del Instituto andaluz de Geofísica y prevención de desastres sísmicos.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El IAG ha estado siempre orientado al conocimiento de la sismicidad y la sismotectónica de la región y de la peligrosidad y prevención de daños sísmicos y se ha ampliado al estudio de otras zonas de interés.

Los primeros estudios que se abordaron en el instituto, además de los desarrollos instrumentales, abordaron la sismicidad y los mecanismos focales en la zona de las Béticas y Mar de Alborán (tesis de Francisco Vidal). La atenuación de ondas sísmicas en la región y los efectos de “sitio” (geología local) en la amplificación sísmica centraron los siguientes temas de trabajo (tesis de Jesús Ibáñez y de José Morales). Siguieron estudios de análisis espacio-temporal de series sísmicas (tesis de Antonio Posadas), métodos numéricos de modelización de propagación de ondas en diversas geometrías (Francisco Luzón), parámetros de fuentes sísmicas (momento sísmico, dimensiones de ruptura), (M.D. Romacho, J.M. García), etc. Uno de los resultados relevantes de esta etapa fue la definición de un modelo de la estructura del basamento en la Cuenca de Granada, basado en perfiles gravimétricos y sísmicos.

En esta etapa se desarrollaron además las primeras relaciones internacionales con investigadores sobre todo de Italia, Japón y México, que abrieron el panorama científico del IAG. Las colaboraciones internacionales se han ido extendiendo con el tiempo a

numerosos centros de investigación de E.E.U.U., Irlanda, Francia, Alemania, Noruega, Argentina, Perú, entre otros.

La investigación del IAG se ha encauzado en numerosos proyectos financiados por el Ministerio, la UE y la Junta de Andalucía, cuyos resultados han dado lugar a las correspondientes publicaciones. Además de la zona de las Béticas, se ha trabajado en Canarias, México, Italia, la Antártida (Isla Decepción y Estrecho de Bransfield), además de otros estudios puntuales.

Se han realizado numerosas tomografías sísmicas para determinar anomalías de velocidad de propagación y de atenuación corticales en varias zonas. Especial relevancia tuvieron las tomografías activas en Isla Decepción (Antártida), volcán Etna, y volcán Teide, con ayuda de buques oceanográficos como el Hespérides o el Sarmiento de Gamboa y grandes despliegues de medios instrumentales y personales.

Una línea de investigación de la litosfera la aporta el estudio de las fases convertidas en las discontinuidades (funciones receptoras), que han permitido modelizar estructuras en diferentes regiones. Junto con funciones receptoras, el conocimiento de la estructura del Interior de la Tierra se aborda mediante el análisis de la birrefringencia sísmica. Esta herramienta proporciona información sobre la estructura anisotrópica de la Tierra, así como de los procesos geodinámicos profundos que la configuran.

Las señales sismo-volcánicas han sido otro campo de trabajo activo, con modelos de reconocimiento y clasificación automáticos. Recientemente se evalúa la potencialidad de la entropía de la señal sísmica como elemento predictor de erupciones en algunos casos.

La respuesta sísmica de sitio se ha analizado en numerosos puntos (Granada, Lorca, México, Italia, Almería, Chile) mediante técnicas pasivas (con ruido sísmico) y en algunos puntos con técnicas activas (perfiles de refracción). También se ha estudiado el comportamiento dinámico de edificios con ruido del suelo para estimar el periodo fundamental de vibración y su amortiguamiento y también su vulnerabilidad sísmica. Uno de los resultados de estos estudios es la elaboración de escenarios de daños (p.e. en Granada o Viña del Mar-Chile).

El estudio y modelado de las fuentes sísmicas se viene realizando como herramienta para determinar algunas de las características principales del terremoto; p.e. la cinemática y los parámetros fundamentales de la falla que origina el terremoto. Para ello y mediante técnicas de inversión utilizando los sismogramas digitales de banda ancha registrados a distancias regionales se obtiene el momento sísmico. El desarrollo y mejora de los códigos y herramientas de procesado ha permitido obtener información de sismos relevantes de principios del siglo XX utilizando los antiguos registros de sismógrafos mecánicos. Esta inversión proporciona también una cuantificación fiable del tamaño real del terremoto. Este análisis ha sido esencial para poder comprender los procesos geodinámicos involucrados en nuestra región y que condicionan su sismicidad. Otro aspecto destacable del estudio de la fuente sísmica viene asociado al estudio de detalle del proceso de directividad en el proceso de ruptura de la falla y que condiciona el



patrón de radiación de las ondas elásticas. Ejemplo fue el caso del terremoto de Lorca de 2011.

La exploración geofísica superficial del Área de Geofísica Aplicada se centra, además de su participación en proyectos de investigación, en numerosos contratos externos para yacimientos arqueológicos, obra pública, cimentaciones, deslizamientos de ladera, geología superficial, minería y similares aplicaciones.



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y DE LAS COMUNICACIONES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA (CITIC-UGR)

Francisco J. GÁMIZ PÉREZ

Director CITIC-UGR

Nuestra estimada Decana, la Profesora María del Carmen Carrión Pérez, me ha confiado la tarea de escribir sobre el Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (CITIC-UGR). Coincide este encargo, además, con un momento trascendental en la historia de nuestra Universidad: el 50º Aniversario de la implantación de los estudios de Ciencias Físicas en la Universidad de Granada, lo que supone una tarea aún más difícil y delicada.

Podría parecer pretencioso por mi parte, tildar como hecho trascendental la conmemoración de los 50 años de los Estudios de Física, en una Institución, la Universidad de Granada, con casi ya 500 años de vida. Pero, estoy seguro de que mis compañeros autores del resto de capítulos de este libro, profesores míos muchos de ellos a los que tengo en gran estima, habrán recordado a lo largo de las páginas de este texto, que, a pesar del tango de Gardel, 50 años de Física dan para mucho, y por lo tanto el apelativo “trascendental” está plenamente justificado.



Figura 1. Entrada principal del Edificio CITIC-UGR en el Campus Aynadamar

Al aceptar este reto, no sólo respondo al llamado de la Sra. Decana, a quien tengo un profundo aprecio y a la que no puedo negar casi nada, sino que lo asumo como una obligación personal debido a mi actual responsabilidad como director del CITIC. Pero es que, además, en un hermoso giro del destino, se da la circunstancia, de que también soy físico de profesión.

A lo largo de estas páginas, les invito a explorar un viaje a través de varias décadas de logros, desafíos y avances en la intersección de la física y las tecnologías de la información y las comunicaciones. Este relato conmemora no solo nuestros logros pasados, sino también pretende trazar un camino hacia el futuro, donde la innovación y la colaboración siguen siendo nuestros pilares.

Espero que disfruten de esta mirada retrospectiva y prospectiva, que celebra nuestro compromiso con la excelencia y la visión conjunta que ha guiado tanto a los estudios de Ciencias Físicas desde su implantación, como al Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones desde su fundación.

En la vida, como en la Ciencia, hay aspectos que son esenciales y aspectos que son circunstanciales. Ser director del Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones de la Universidad de Granada, es, ante todo, un gran privilegio, un honor, y por supuesto, todo un reto y una enorme responsabilidad. Como trataré de argumentar más adelante, el CITIC-UGR es uno de los centros insignia de la INVESTIGACIÓN (con mayúsculas) que se desarrolla en la Universidad de Granada. Reúne a un plantel de excelentes investigadores (no sólo físicos, sino también matemáticos, informáticos, químicos, biotecnólogos, e ingenieros), que son referencia mundial en cada una de sus disciplinas como se pone de manifiesto cada año en los diferentes rankings internacionales. El orgullo y la responsabilidad por la confianza depositada en mí por mis compañeros para “pilotar la nave” son enormes. Y les estoy enormemente agradecido.

Pero dicho esto, no deja de ser algo circunstancial. Hoy, al escribir estas líneas, soy efectivamente director del CITIC, pero quizás mañana, o dentro de un mes, o un año, ya no lo sea. Sin embargo, ser físico, es algo que no puedo dejar de ser, es algo esencial en mí desde el momento que finalicé esos estudios de Física cuyo aniversario ahora conmemoramos. Es por ello, porque no puedo dejar de serlo, por lo que afronto este encargo más como físico que como director. Si por este motivo se dejara ver algún sesgo en esta presentación del centro que orgullosamente dirijo, espero que sepan comprenderlo y disculparme.

LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN.

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) constituyen un conjunto de herramientas, procesos y sistemas que involucran la adquisición, almacenamiento, procesamiento, transmisión y presentación de información. Y como tal, las

TIC han transformado profundamente la forma en que las personas y las organizaciones interactúan, trabajan, se comunican y acceden a la información en nuestra era digital.

Las TIC tienen sus raíces en el desarrollo de las computadoras y las redes de comunicación en el siglo XX. A medida que los ordenadores evolucionaron desde máquinas gigantes de cálculo a dispositivos más pequeños, accesibles, potentes y rápidos, se abrieron nuevas posibilidades para el procesamiento de datos. El surgimiento de Internet en la década de 1960 allanó el camino para la comunicación electrónica a escala global, lo que ha conducido a la revolución de las TIC que vive la sociedad actual.



Figura 2. Laboratorio de robótica.

Es fundamental entender que las tecnologías TIC son el resultado de la simbiosis de varias componentes clave, todas ellas igualmente esenciales, y que sin su participación ninguna aplicación TIC sería posible. Estas componentes comprenden: i) **el hardware** o soporte físico (ordenadores, servidores, dispositivos de red, terminales móviles) utilizados para procesar, almacenar y transmitir información; ii) **el software**, es decir, programas informáticos, sistemas operativos, algoritmos y aplicaciones, que se ejecutan en el hardware para realizar tareas específicas; iii) **las redes de comunicación** (tanto alámbricas como inalámbricas), que permiten la transmisión de datos y la conectividad entre dispositivos y usuarios; iv) **almacenamiento y gestión de datos**, que incluyen los sistemas, técnicas y soluciones para el manejo eficiente de grandes cantidades de datos y v) **la creación de medios y contenidos**, que engloba el conjunto de textos, imágenes, audio y video disponibles, es decir la **información**.

Los investigadores del Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones desarrollan su labor investigadora tratando de resolver aspectos fundamentales alrededor de estos componentes, como detallaremos a continuación.

Las TIC están teniendo un impacto profundo en prácticamente todos los aspectos de la vida moderna, desde la forma en que trabajamos y nos comunicamos hasta cómo accedemos a la información y al entretenimiento. Sin pretender ser exhaustivo, se recogen a continuación algunas facetas de nuestra vida diaria donde las TIC han dejado huella:

- **Comunicación:** Han revolucionado la forma en que las personas se comunican. Las videoconferencias, los mensajes instantáneos, el correo electrónico y las redes sociales han acortado las distancias y facilitado la comunicación a nivel mundial.
- **Negocios y Economía:** Han transformado los modelos de negocio, permitiendo la automatización de procesos, la expansión de los mercados a nivel global y la creación de nuevos sectores económicos basados en la tecnología.
- **Educación:** La educación en línea y el acceso a recursos educativos a través de la web han revolucionado la enseñanza y el aprendizaje. Las TIC permiten la educación a distancia, el aprendizaje personalizado y la disponibilidad de recursos educativos en línea.
- **Salud:** Las TIC han mejorado la atención médica al permitir la gestión de registros médicos electrónicos, la telemedicina y la monitorización remota de pacientes.
- **Entretenimiento:** La industria del entretenimiento se ha transformado con la música y el cine en línea, los videojuegos y el “*streaming*” de contenido multimedia.
- **Gobierno:** Las TIC han facilitado la administración pública y la interacción ciudadana con gobiernos a través de servicios en línea, portales gubernamentales y la votación electrónica.

Por razones fácilmente comprensibles, me detendré un poco más en analizar cómo las TIC han impactado, y están impactando, en la **Investigación y la Ciencia**. Las TIC han tenido un profundo impacto en la investigación científica al cambiar la forma en que se recopilan, analizan y comunican los datos. Esta transformación ha acelerado el ritmo de la investigación y ha permitido avances significativos en una amplia gama de campos. Sirvan de muestra algunos ejemplos: **i) Recopilación de datos y experimentación:** En campos como la astronomía, la física o las ingenierías, se utilizan instrumentos avanzados y sensores que generan grandes cantidades de datos. La computación de altas prestaciones (HPC, High Performance Computing) y la tecnología de sensores permiten analizar estos datos de manera más eficiente utilizando tecnologías de procesamiento masivo. **ii) Simulación y modelado computacional:** La biología, la física, la química, la medicina, la física de materiales, la nanotecnología, la electrónica, o la meteorología se han visto grandemente favorecidas con la posibilidad de realizar

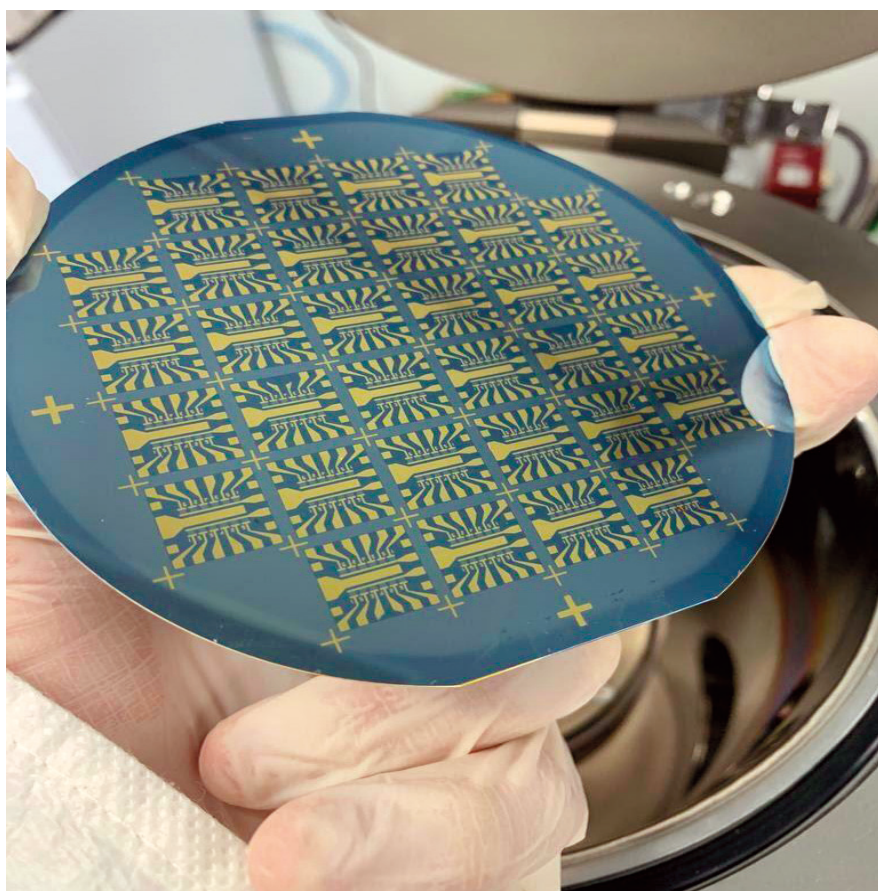


Figura 3. Oblea con transistores FET de MoS₂ fabricados en la sala limpia del CITIC

simulaciones detalladas y procesar grandes volúmenes de datos para comprender mejor los sistemas complejos. **iii) Análisis avanzados de datos:** Las TIC han permitido la aplicación de técnicas de análisis de datos avanzadas, como el aprendizaje automático y la inteligencia artificial en la investigación científica. Estas herramientas son útiles por ejemplo para descubrir patrones y tendencias en conjuntos grandes de datos. **iv) Automatización de experimentos:** La automatización y la robótica son componentes clave en la investigación científica. Los robots y sistemas automatizados pueden realizar experimentos complejos, acelerando la recopilación de datos y reduciendo el error humano. **v) Acceso a recursos y bibliografía:** Internet ha facilitado el acceso a una vasta cantidad de recursos y bibliografía científica. Las bases de datos en línea, revistas científicas electrónicas y repositorios de datos permiten a los investigadores acceder a información valiosa de manera rápida y sencilla. **vi) Comunicación de resultados:** La publicación en línea ha cambiado la forma en que se comunican los resultados de la investigación. Los científicos pueden compartir sus hallazgos con una audiencia global a través de revistas electrónicas y repositorios. Esto acelera la difusión de conocimiento. **vii) “Open data”:** La filosofía de “datos abiertos” ha ganado impulso en la investigación científica. La compartición abierta de datos y resultados fomenta la transparencia y la colaboración, lo que acelera el avance científico. **viii) Comunicación y colaboración global:** Plataformas de videoconferencia, correo electrónico y sistemas de gestión de proyectos online permiten a los científicos la colaboración en tiempo real sin importar su ubicación geográfica.

Todos estos avances aportados por las nuevas tecnologías han impactado significativa y positivamente en la forma en que se lleva a cabo la investigación científica, y en general, en nuestra vida cotidiana. Sin embargo, como en todas las facetas de la vida humana, no todo son beneficios; también existen desafíos y consideraciones éticas relacionadas con las TIC que requieren una regulación específica por parte de las autoridades. Como he tratado de explicar en párrafos anteriores, las TIC han revolucionado la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos. En este contexto, la ética desempeña un papel crucial al guiar el uso y desarrollo de las TIC. La privacidad, la seguridad de los datos y la igualdad de oportunidades en el acceso a la tecnología son aspectos que preocupan a los gobiernos, y especialmente a las universidades. La privacidad en línea o privacidad digital es un tema de suma importancia: es absolutamente indispensable que la información personal que los individuos comparten, almacenan y transmiten a través de la red y plataformas en línea sean estrictamente confidenciales y permanezcan protegidas en todo momento de accesos no autorizados. Los avances en la inteligencia artificial y el aprendizaje automático plantean preguntas éticas sobre la toma de decisiones autónomas por parte de las máquinas y sobre quién debe asumir la responsabilidad cuando surgen errores. La ética también aborda cuestiones de propiedad intelectual y derechos de autor en un mundo digital, así como la difusión de información falsa o engañosa a través de las redes sociales. Además, la brecha digital es una preocupación importante, ya que no todo el mundo tiene igualdad de acceso a las TIC, lo que puede



agrar las ya hoy importantes desigualdades sociales. Los profesionales de las TIC y los desarrolladores de tecnología se enfrentan a decisiones éticas en la creación de sistemas y aplicaciones, como la inclusión de características que respeten la diversidad y la no discriminación. La ética también está relacionada con la ciberseguridad, ya que la creación de tecnologías seguras y la protección de la infraestructura digital son imperativos éticos para evitar el daño y el abuso. Las agencias reguladoras TIC tienen la misión esencial de garantizar que la tecnología se utilice de manera responsable y en beneficio de la sociedad en su conjunto. A medida que las TIC continúan evolucionando, la consideración ética se convierte en un pilar fundamental para garantizar que estos avances tecnológicos mejoren la calidad de vida y protejan los valores humanos fundamentales.

LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TIC) Y SU RELACIÓN CON LA FÍSICA

Una vez analizado qué son las TIC y cómo han condicionado, condicionan y condicionarán nuestra vida, veamos como desde la Física se ha contribuido durante siglos al desarrollo exitoso de estas herramientas mucho antes incluso que éstas existieran o fueran ni tan siquiera meramente imaginadas.

La relación entre las tecnologías de la información y comunicación y la física es profunda y multifacética. La física es la ciencia fundamental que subyace en la tecnología moderna y proporciona las bases teóricas y experimentales para muchas de las innovaciones tecnológicas que utilizamos a diario. Permítanme muy brevemente explorar algunas de las formas en que la física y las TIC están interconectadas:

1. El almacenamiento y procesamiento de la información: la electrónica y los semiconductores

La electrónica es la rama de la Física que más ha facilitado, sin duda alguna, el desarrollo de las Tecnologías de la Información y Comunicación. Ninguna aplicación TIC sería posible sin dispositivos electrónicos y sin semiconductores.

La electrónica es la ciencia que estudia la generación y movimiento de los electrones en sólidos, líquidos y gases. El estudio de las propiedades eléctricas de los materiales es un esfuerzo que viene de muy lejos. Ya Tales de Mileto en el 600 aC comentó la habilidad del ámbar por atraer otros objetos. Algún tiempo posterior, en el año 1600 dC, William Gilbert usó la palabra griega para ámbar, “elektron”, para describir el campo que rodea a un objeto cargado, y de donde derivamos los términos electrón, campo eléctrico o Electrónica. Sin embargo, el conocimiento sistemático de cómo los electrones se comportan dentro de los diferentes materiales y el amplio uso de los fenómenos eléctricos, tuvo que esperar a avances mucho más recientes en la comprensión básica de los campos electromagnéticos y la física de partículas.

Los pioneros en la investigación de la electricidad y el magnetismo en los siglos XVIII y XIX, como Cavendish, Coulomb, Gauss, Oersted, Ampere y Faraday sentaron las bases para la formulación de la teoría clásica del electromagnetismo por parte de Maxwell en 1864. Estos avances condujeron a la identificación del electrón por Thomson en 1897 y a la medición precisa de su carga por Millikan en 1909. Estos logros sentaron las bases para la física del estado sólido y una comprensión más profunda de las propiedades electrónicas de los sólidos, incluyendo la teoría de bandas y las razones por las cuales algunos sólidos conducen la electricidad mientras que otros son aislantes intrínsecos.

Ya los primeros dispositivos electrónicos desempeñaron un papel importante en el desarrollo de las telecomunicaciones durante los siglos XIX y XX, permitiendo avances como la telefonía transoceánica, la transmisión de radio y televisión, así como el desarrollo de la electrónica analógica y los primeros computadores. Sin embargo, estos dispositivos eran relativamente simples y estaban basados en electroimanes y válvulas de vacío, que consistían en electrodos metálicos en una carcasa de vidrio, es decir, los dispositivos electrónicos estaban constituidos en aquella época únicamente por metales o conductores y aislantes. A medida que avanzó el siglo XX, la electrónica experimentó una transformación importante al adoptar a los semiconductores como su tercer material clave: los semiconductores son materiales especiales que, en su estado puro y a temperatura ambiente, no conducen la electricidad como los conductores ni la aíslan por completo como los aislantes. Lo que hace que los semiconductores sean únicos es su capacidad para cambiar significativamente su conductividad mediante factores como la temperatura, la adición de impurezas en concentraciones muy bajas o la exposición a la luz y campos eléctricos o magnéticos. Esto permite la creación de estructuras semiconductoras que pueden amplificar señales o actuar como interruptores, lo que es fundamental para la tecnología digital. Un mismo semiconductor puede representar un estado "0" cuando no conduce la electricidad y un estado "1" cuando lo hace, lo que es esencial para la codificación, el procesamiento y la transmisión de información en forma binaria. La comprensión microscópica de la materia gracias a la física cuántica y los avances en el procesamiento de materiales llevaron a la creación de dispositivos de estado sólido más complejos en la segunda mitad del siglo XX. Estos dispositivos se basaron en el entendimiento de cómo los semiconductores podían ser modificados para amplificar señales, conmutar entre estados conductores y aislantes, y realizar diversas funciones electrónicas. La invención del transistor bipolar en 1947 en los laboratorios Bell, seguido del desarrollo del transistor de efecto campo Metal-Óxido-Semiconductor (MOSFET) en 1959, marcó el comienzo de la era moderna de la electrónica y la tecnología de la información. Los semiconductores y los dispositivos electrónicos construidos a partir de ellos revolucionaron la electrónica y permitieron la creación de dispositivos más rápidos, pequeños, fiables y eficientes en cuanto al consumo de energía. La tecnología de semiconductores ha sido fundamental en la revolución de la información, ya que ha permitido la codificación, el almacenamiento,

el procesamiento y la transmisión de información en una amplia variedad de aplicaciones, desde computadoras hasta dispositivos móviles y mucho más. En resumen, los semiconductores y la teoría física que explica su comportamiento han desempeñado un papel crucial en la evolución de la electrónica y la tecnología de la información, y han transformado nuestra sociedad de manera significativa.



Figura 4. Interior de la sala limpia de Nanoelectrónica.

2. Comunicación a larga distancia: la óptica y la optoelectrónica

La óptica y el electromagnetismo son otras de las ramas de la Física directamente relacionadas con el desarrollo de las TIC, ya que su participación ha sido clave en el desarrollo de técnicas de comunicación a larga distancia.

A lo largo de las últimas décadas, las comunicaciones ópticas han desempeñado un papel central en la mejora de la velocidad, capacidad y eficiencia de las redes de telecomunicaciones y la transmisión de datos, lo que ha permitido la proliferación de las TIC en nuestras vidas cotidianas.

Las comunicaciones ópticas se basan en la transmisión de información a través de señales de luz en lugar de electricidad. Esta tecnología se ha desarrollado a lo largo

del tiempo y ha experimentado varias etapas clave en su evolución. El uso de señales ópticas para transmitir información se remonta a la Antigüedad, con la comunicación visual a través de señales de humo y señales de espejo en diferentes culturas. Sin embargo, la revolución real comenzó con la invención del telégrafo óptico a principios del siglo XVIII, que permitió la transmisión de mensajes a largas distancias utilizando señales visuales a lo largo de una red de torres separadas unas de otras a una distancia tal que un operador en una torre podía distinguir la imagen o señal configurada en la torre anterior, y replicar esa imagen o figura para ser visualizada por la torre siguiente.

Aunque el telégrafo óptico fue un avance importante, la verdadera revolución en las comunicaciones ópticas comenzó en la década de 1970 con el desarrollo de la fibra óptica. La fibra óptica es un medio de transmisión que utiliza cables de vidrio o plástico para transportar señales de luz. La introducción de la fibra óptica permitió la transmisión de datos a velocidades mucho más altas que los cables de cobre tradicionales y con una menor pérdida de señal. A lo largo de las décadas de 1970 y 1980, se produjeron avances significativos en la tecnología de las comunicaciones ópticas. Se desarrollaron láseres y diodos emisores de luz (LED) que podían generar señales de luz coherente

y se mejoraron los sistemas de modulación y demodulación de señales ópticas. Esto permitió la creación de sistemas de comunicaciones ópticas más eficientes y fiables. La década de 1980 marcó el inicio de la era de la fibra óptica, con la implementación de redes de fibra óptica en todo el mundo. Las redes de larga distancia y las redes de área metropolitana comenzaron a utilizar la fibra óptica para la transmisión de voz, datos y video. La tecnología de multiplexación por división de longitud de onda (WDM, Wavelength Division Multiplexing) permitió la transmisión simultánea de múltiples señales en una sola fibra óptica, lo que aumentó significativamente la capacidad de transmisión. La expansión de Internet y el crecimiento exponencial de las TIC en la década de 1990 impulsaron aún más la demanda de comunicaciones ópticas. Las redes de fibra óptica se convirtieron en la columna vertebral de Internet, lo que permitió la transmisión de grandes volúmenes de datos a nivel mundial. Las



Figura 5. Sala de litografía del Laboratorio de Nanoelectrónica.

conexiones de banda ancha y la transmisión de video en tiempo real se volvieron posibles gracias a esta tecnología. Desde entonces, las comunicaciones ópticas han seguido evolucionando con la introducción de tecnologías como la fibra óptica de dispersión desplazada (DSF, Dispersion-Shifted Fiber), la fibra óptica con núcleo hueco y la fibra óptica de cristal fotónico. Estos avances han permitido una mayor capacidad y velocidad de transmisión, lo que ha sido fundamental para el desarrollo de las TIC. Además, el despliegue de redes de fibra óptica de mayor velocidad y la expansión de la fibra óptica a nivel de acceso han acercado la alta velocidad a los hogares y empresas. Las comunicaciones ópticas siguen siendo esenciales en el desarrollo de las TIC. La evolución constante de la tecnología óptica está permitiendo el desarrollo de redes más rápidas y eficientes, así como la exploración de nuevas aplicaciones, como la comunicación cuántica.

3. Las redes móviles: el electromagnetismo

Las redes móviles han experimentado una evolución constante desde los primeros sistemas analógicos de primera generación (1G) en la década de 1980. A medida que se introdujeron nuevas generaciones, como 2G, 3G y 4G, se mejoraron las capacidades de voz y datos, lo que permitió una mayor conectividad y el crecimiento de las TIC.

La quinta generación de redes móviles, 5G, representa un cambio significativo en la tecnología de comunicaciones. Se desarrolló para abordar la creciente demanda de mayor ancho de banda, menor latencia y una mayor capacidad de conexión de dispositivos en un mundo cada vez más conectado. La física juega un papel crucial en la innovación en las redes 5G, ya que implica el estudio y la aplicación de los principios fundamentales del electromagnetismo y la transmisión de señales a través del espacio y la interacción de las ondas con los objetos del entorno.

Las comunicaciones inalámbricas, incluidas las redes 5G, se basan en la propagación de ondas electromagnéticas que se rigen por las leyes del electromagnetismo, que explican cómo se propagan estas ondas a través del espacio y cómo interactúan con los objetos del entorno y los dispositivos. La red 5G utiliza una amplia gama de frecuencias en el espectro electromagnético, desde las bandas de ondas milimétricas de alta frecuencia hasta las bandas sub-6 GHz. La física es fundamental para comprender cómo estas diferentes frecuencias afectan la propagación de las ondas y su capacidad para transportar datos. Las ondas milimétricas, por ejemplo, tienen una menor capacidad de penetración en edificios, pero ofrecen un mayor ancho de banda.

El diseño de antenas juega un papel crucial en las redes 5G, y la física es fundamental, por ejemplo, en el diseño de sistemas de antenas de múltiple entrada y múltiple salida (MIMO) que permiten una mayor eficiencia en la transmisión de datos al utilizar múltiples antenas tanto en la estación base como en el dispositivo del usuario. Esto mejora la capacidad, la velocidad y la fiabilidad de las conexiones. La tecnología 5G también se esfuerza en reducir la latencia, es decir el tiempo que tarda una señal en

viajar desde el emisor hasta el receptor. Aquí la física también juega un papel fundamental, puesto que la velocidad de la luz es un límite físico en la velocidad de transmisión de datos y, por lo tanto, debe ser considerada en el diseño de redes 5G.

Las redes 5G tienen un impacto significativo en las TIC al habilitar una amplia gama de aplicaciones avanzadas. Esto incluye la transmisión de vídeo de ultra alta definición (UHD), la realidad virtual y aumentada, la automatización industrial, el Internet de las cosas (IoT) y la comunicación entre vehículos.

En resumen, la evolución de las redes 5G y su relación con la física son fundamentales para el desarrollo y la implementación de esta tecnología. Las redes 5G no sólo representan una mejora en la velocidad y la capacidad de transmisión inalámbrica, sino que también habilitan una amplia gama de aplicaciones avanzadas que transforman las TIC y nuestra forma de vida. La física desempeña un papel esencial en la comprensión y optimización de estas redes de comunicación móvil.



Figura 6. Interior de la cámara anecoica electromagnética del Laboratorio 5G para caracterización de antenas.

4. Seguridad de la Información: la física cuántica

La física cuántica está desempeñando un papel cada vez más importante en la seguridad de la información, como se ha mencionado anteriormente, uno de los desafíos más importantes a los que se enfrentan las TIC en un futuro cercano. La criptografía cuántica utiliza propiedades fundamentales de la física cuántica como la superposición y el entrelazamiento de estados para proporcionar una seguridad sin precedentes en las comunicaciones, puesto que estos principios físicos hacen que la interceptación de datos durante la transmisión sea extremadamente difícil.

La mecánica cuántica es la teoría fundamental que describe el comportamiento de las partículas subatómicas, como electrones y fotones. A diferencia de la física clásica, la mecánica cuántica se caracteriza por la superposición y el entrelazamiento de estados, lo que significa que una partícula puede estar en múltiples estados al mismo tiempo y puede influenciar instantáneamente a otra partícula incluso a grandes distancias. Uno de los conceptos fundamentales es la generación de claves cuánticas. Supongamos dos nodos de comunicación entre los que se pretende enviar un mensaje seguro. Se utiliza para ello una clave que cifra el mensaje. Una vez cifrado, el mensaje podría enviarse por un canal convencional. El desafío es hacer llegar la clave utilizada por el nodo emisor al receptor por un canal seguro de que garantice sin ningún género de dudas que dicha clave no ha sido copiada ni clonada durante el proceso de envío. La criptografía cuántica utiliza propiedades únicas de partículas cuánticas, como la polarización de fotones entrelazados, para crear claves de cifrado seguras y detectar cualquier intento de interceptación o espionaje. Esta clave cuántica es única y segura, ya que cualquier intento de interceptarla cambiaría el estado de los fotones y alertaría de inmediato a los nodos emisor y receptor de un intento de sabotaje.

El entrelazamiento cuántico es un fenómeno en el que dos partículas cuánticas, como dos fotones, están intrínsecamente relacionadas de manera que cualquier cambio en una de ellas afecta instantáneamente a la otra, sin importar la distancia que las separe. Cualquier intento de interceptación o medición de los fotones utilizados para transmitir la clave alteraría su estado y alertaría instantáneamente a las partes involucradas, que automáticamente desecharían esa clave y procederían a una nueva transmisión. La criptografía cuántica se está utilizando en aplicaciones prácticas, como la comunicación segura a larga distancia, la protección de datos gubernamentales y militares, y la seguridad en las transacciones financieras. También se está explorando su uso en la protección de la integridad de datos en sistemas de votación electrónica y en la creación de redes de comunicación cuántica.

5. La computación cuántica

La física también está impulsando avances en la informática cuántica, una rama emergente de las TIC. Las computadoras cuánticas se basan en los principios de la mecánica cuántica y tienen el potencial de resolver problemas que actualmente son demasiado complejos para las computadoras clásicas. Esto podría revolucionar la forma en que abordamos la simulación de materiales, la optimización y la criptografía, lo que tiene un impacto significativo en la industria de las TIC. A diferencia de los ordenadores convencionales, que utilizan bits (ceros y unos) para procesar información, las computadoras cuánticas utilizan qbits, que pueden representar tanto ceros como unos y cualquier superposición de estos estados. Esto permite por ejemplo explorar un elevado número de posibles soluciones a un problema en paralelo reduciendo exponencialmente el tiempo necesario para resolverlo. Por ejemplo, los ordenadores cuánticos pueden acelerar problemas de optimización complejos como la logística, el diseño de fármacos y la planificación de rutas. Existen no obstante problemas importantes a resolver para que la computación cuántica sea una realidad, y en los que diferentes ramas de la física tienen mucho que decir y aportar.

En resumen, la relación entre las TIC y la física es esencial para comprender y aprovechar al máximo las tecnologías modernas. La colaboración entre estas dos disciplinas sigue siendo fundamental para impulsar el progreso en un mundo cada vez más digitalizado.

EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y DE LAS COMUNICACIONES (CITIC-UGR)

El Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la Universidad de Granada (CITIC-UGR) fue concebido como un centro de referencia a nivel internacional en el ámbito de las TIC, capaz de afrontar relevantes desafíos científico-tecnológicos, transferir conocimiento al sector productivo y formar investigadores que sean motores de crecimiento socio-económico en torno a las nuevas tecnologías.

El centro nace tras la aceptación por el Plan Nacional de I+D de una propuesta de creación del mismo, junto con la financiación con fondos FEDER para la construcción del edificio que alberga su sede central. Dicha propuesta fue presentada por el Prof. Alberto Prieto Espinosa como Coordinador y los profesores Miguel Delgado Calvo-Flores y Francisco Gámiz Pérez como investigadores. Finalmente, la creación del centro fue aprobada por acuerdos del Consejo de Gobierno de la Universidad de Granada en sus reuniones de 17 de septiembre de 2007 y de 13 de marzo de 2009, siendo Rectores Magníficos de la Universidad de Granada los profesores David Aguilar Peña y Francisco González Lodeiro, respectivamente. El primer director del centro, encargado de la

puesta en marcha del mismo, fue el Prof. Alberto Prieto Espinosa que permaneció en el cargo hasta el año 2013, siendo sustituido por el Prof. Ignacio Rojas Ruiz que cesó por fin de mandato en 2021.

Actualmente, el CITIC-UGR agrupa a los principales investigadores en TIC de la UGR, encontrándose ésta entre las 36 mejores Universidades de todo el mundo en Ciencias Informáticas y siendo la primera española en esta área (según el Ranking of Taiwan de 2022). Además, vinculado al centro, se imparte un Programa de Doctorado especializado en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

Las líneas de investigación del centro cubren un amplio espectro dentro de las TIC que pueden incluirse en los siguientes campos: Arquitecturas de Alto Rendimiento, Bioinformática, Biología Computacional, eSalud, Ingeniería del Software, Ingeniería Neural, Minería de Datos, Nanoelectrónica, Redes de Celdas y Sensores, Reconocimiento de Imágenes, Sistemas de Control, Sistemas de Soporte a Decisiones, Optimización, Planificación, Procesamiento de Señales, Realidad Virtual, Soft Computing y Visión Artificial.

El centro se compone actualmente de 32 grupos de investigación reconocidos por la Junta de Andalucía conforme a lo establecido en la Ley Andaluza de la Ciencia y el Conocimiento (Ley 16/2007, de 3 de diciembre) sobre Agentes de Generación del Conocimiento y disposiciones complementarias (Decreto 254/2009, de 26 de mayo y Orden de 15 de marzo de 2010 de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de Andalucía). Estos grupos de estructuran en cuatro unidades temáticas de investigación:



Figura 7. Seminarios de formación para jóvenes investigadores del CITIC.

- A) Advanced Computing Architectures and Smart Embedded Systems
- B) Artificial Intelligence
- C) Electronics and Electromagnetism as key enabling technologies for ICT
- D) Information Processing & Communications

Los recursos humanos del CITIC están constituidos por más de 300 personas que se distribuyen en alguno de los siguientes grupos:

1. Investigadores Doctores pertenecientes a la UGR y adscritos a alguna de las unidades del Centro.
2. Investigadores Vinculados a alguna de las unidades del Centro.
3. Investigadores en Formación o Perfeccionamiento adscritos a la UGR e integrados en una unidad temática.
4. Investigadores Contratados en algún programa, contrato o proyecto del Centro.
5. Personal Técnico Contratado en algún programa, contrato o proyecto del Centro.
6. Personal de Administración y Servicios que tiene encomendado dar apoyo administrativo y técnico a la actividad propia del centro.

En cuanto a equipamiento científico, el centro cuenta con una serie de laboratorios e infraestructuras relacionadas con las TIC tales como: Estación “Juan Antonio Morente” para Medida de Resonancias de Schumann; Laboratorio de Grafeno y Materiales Bidimensionales; Laboratorio de 5G/6G; Laboratorio de Ciberseguridad; Laboratorio de Comunicaciones e Internet de las Cosas (IoT); Laboratorio de Electrónica Sináptica e Interfaces Analógicas; Laboratorio de Hardware y Circuitos Impresos (LHC); Laboratorio de Inteligencia Ambiental; Laboratorio de Interfaces Cerebro-Computador (BCI); Laboratorio de Mecatrónica y Robótica (LMR); Laboratorio de Nanoelectrónica; Laboratorio de Neurorobótica y Robótica Colaborativa; Laboratorio de Realidad Virtual y Videojuegos; Laboratorio de Sensores, Instrumentación y Sistemas Digitales; Laboratorio de Sistemas Complejos y Bioinspirados; Laboratorio de Distribución de Tiempo y Frecuencia; Sala de Servidores y Clústeres de Computadores; Sala Limpia – Nanoelectrónica; Servicio de Mecatrónica y Sistemas Electrónicos; Sala de Clústeres para Supercomputación Científica.

Apoyándose en las aportaciones de sus miembros, el CITIC-UGR amanece cada día con la responsabilidad de ser un centro de referencia en TIC a nivel internacional. Desarrollo de vanguardia, sinergia entre investigadores, interdisciplinariedad y transferencia de conocimiento son nuestras herramientas.

<https://citic.ugr.es>



INSTITUTO INTERUNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA TIERRA EN ANDALUCÍA (IISTA)

Lucas ALADOS ARBOLEDAS

Director del Instituto

El Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía, IISTA, se creó oficialmente en 2011 (BOJA nº148. 29/07/2011. Pags. 8-10) por transformación del Centro Andaluz de Medio Ambiente (CEAMA). Su objetivo fundamental es promover el conocimiento científico y tecnológico, el desarrollo y la innovación en el ámbito del Sistema Tierra: Atmósfera, Hidrosfera y Corteza Terrestre y sus ecosistemas, teniendo en cuenta su implicación en los desarrollos socioeconómico y ambiental, y favorecer su transferencia a las Administraciones Públicas, Organismos y Empresas Públicas y Privadas. El Instituto nació con la vocación de contribuir a la Sociedad del Conocimiento y de integrarse en el Sistema Andaluz del Conocimiento, favoreciendo su interacción con los diferentes agentes, realizando investigación de calidad, promoviendo su transferencia al sector productivo y comprometiéndose con la modernización de los recursos humanos y las herramientas de la administración andaluza. El IISTA cuenta en la actualidad con un reglamento (aprobado por los Consejos de Gobierno y Consejo Social de la UGR: 27/06/2011 y 29/06/2011, y de la UCO: 31/05/2011 y 8/06/2011) y con un plan estratégico (2014-2018) que rigen el funcionamiento del Instituto. Además, ha sido evaluado positivamente por la AGAE (Agencia Andaluza de Evaluación de la Calidad y Acreditación Universitaria), que destaca en su informe el interés de fomentar la investigación de excelencia multidisciplinar en el ámbito del Sistema Tierra.

Desde su creación, el CEAMA fue dirigido por el Profesor Pascual Rivas Carrera. La transformación del CEAMA en el IISTA fue coordinada por el Profesor Miguel Losada Rodríguez, que fue su primer director, contando como secretario con el Dr. Francisco Bonet. El actual equipo de dirección está constituido por el Profesor Lucas Alados Arboledas, como director, y como secretario el Profesor Juan Antonio Bravo Aranda.

El IISTA, como instituto interuniversitario, cuenta con numerosos investigadores que forman parte del personal permanente de las universidades asociadas, incluyendo Profesoras y Profesores Titulares en diferentes áreas. Sus salarios son financiados por las respectivas universidades. Al mismo tiempo, el IISTA cuenta con investigadores de nivel postdoctoral y doctoral financiados por diferentes programas internacionales y nacionales como Marie Curie MSCA-IF, Athenea 3i, Ramón y Cajal, Juan de la

Cierva, María Zambrano y Margarita Salas para los postdoctorados, y FPU y FPI para los doctorandos. Un cierto número de investigadores son contratados a través de proyectos de investigación o contratos de investigación desarrollados en el IISTA.

La sede de IISTA se distribuye en los campus de las Universidades de Granada (UGR), Córdoba (UCO) y Jaén (UJA). La sede central de Granada se encuentra en el edificio del CEAMA (figuras 1 y 2), cuyos servicios de operación, mantenimiento y administración se financian con cargo al presupuesto anual de la UGR. Las instalaciones del IISTA en la UCO y la UJA están ubicadas en el Campus de Rabanales, en los edificios Leonardo da Vinci y Celestino Mutis, y en el Campus de las Lagunillas, respectivamente, y están incluidas en el presupuesto ordinario de mantenimiento y servicio de estas universidades.



Figura 1. Terraza IISTA. Equipos de teledetección de nubes y aerosol. AGORA.
(Fuente: Lucas Alados).

La investigación desarrollada en el IISTA aporta respuestas a cuestiones en la frontera del conocimiento de los procesos del Sistema Tierra. Cuestiones relacionadas con el ciclo hidrológico, el balance de energía del sistema terrestre, ciclos biogeoquímicos y sus implicaciones sobre la biodiversidad y la productividad primaria, con repercusión científica nacional e internacional, así como social en el marco del cambio climático:

- ¿Cómo está cambiando globalmente el Sistema Tierra?
- ¿Qué provoca esos cambios en el Sistema Tierra?
- ¿Cómo se puede mejorar nuestra observación y monitorización del Sistema Tierra?
- ¿Cómo cambiará el Sistema Tierra en el futuro?
- ¿Cómo puede el conocimiento científico del Sistema Tierra beneficiar a la sociedad?

La investigación que se realiza en el IISTA permite elaborar información muy valiosa para los gestores del espacio natural, que les ayudará en la toma de decisiones en el actual contexto de cambio global.

El IISTA potencia las sinergias entre sus integrantes con el fin de fortalecer la capacidad científica del equipo, potenciando el liderazgo internacional de la unidad en el área de Ciencias de la Tierra e incrementando la capacidad de atraer talento y recursos para el desarrollo de la investigación.



Figura 2. Terraza IISTA. Equipos de teledetección de nubes. AGORA.
(Fuente: Lucas Alados).

El IISTA se organiza en torno a las tres siguientes líneas de investigación estratégicas de acuerdo con los ámbitos más relevantes de investigación en el contexto del Sistema Tierra a escala regional, nacional e internacional:

- Observación y monitoreo del Sistema Tierra.
- Simulación del Sistema Tierra y cuantificación de servicios ecosistémicos.
- Sistemas de apoyo a la toma de decisiones ambientales.

El IISTA incluye a un elevado número de investigadores en formación y tiene una gran capacidad para atraer talento a nivel local, regional, nacional e internacional y así formar jóvenes científicos comprometidos con la ciencia en el contexto del Sistema Tierra.

La investigación realizada por el IISTA en el ámbito del Sistema Tierra (atmósfera, hidrosfera y corteza terrestre y sus ecosistemas) tiene una implicación en los desarrollos socioeconómico y ambiental, por lo que es fundamental favorecer su transferencia a las administraciones públicas, organismos y empresas públicas y privadas. En ella, es prioritaria la interacción con los diferentes agentes, realizando investigación de calidad, promoviendo su transferencia al sector productivo y comprometiéndose con la modernización de los recursos humanos y las herramientas de la administración andaluza.

El IISTA se estructura en cuatro áreas de investigación:

- **A1 ATMOSFERA**

Responsables del Área: Prof. Lucas Alados Arboledas, Profa. Gloria Titos (figura 3).

Líneas de Investigación:

- Seguimiento de intercambios de gases de efecto invernadero entre ecosistemas terrestres y la atmósfera.
- Aerosol, nubes y radiación atmosférica.

- **A2 BIOSFERA**

Responsables del Área: Prof. Julio Manuel Alcántara Gámez, Profa. Penélope Serrano Ortiz.

Líneas de investigación:

- Monitoreo, gestión de información y simulación de procesos ecológicos en montañas mediterráneas.
- Evaluación y restauración de socio-ecosistemas.
- Fenología vegetal y aerobiología.
- Ecología, evolución y conservación de la vegetación mediterránea.

- **A3 INTERACCIÓN AGUA-TIERRA**

Responsables del Área: Profa. María Cristina Aguilar Porro, Prof. Manuel Díez Minguito.

Líneas de Investigación:

- Procesos hidrológicos y calidad de aguas en cuencas mediterráneas. Gestión integrada.
- Procesos y evolución de sistemas de plataforma continental y litorales.
- Gestión integral de Infraestructuras y recursos.

- A4 MODELIZACIÓN SISTEMA TIERRA

Responsables del Área: Profa. María Jesús Esteban Parra, Prof. David Pozo Vázquez.

Líneas de investigación:

- Mecánica de fluidos.
- Modelización de la atmósfera y radiación solar.
- Modelización climática.



Figura 3. Grupo de Física de la Atmósfera, IISTA (2023).

El IISTA está involucrado en diferentes programas de observación de la Tierra, tanto a nivel regional como nacional e internacional. Entre estos programas, destacaremos la actividad del IISTA en la redes ERIC (European Research Infrastructure Consortia) del programa ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructure), ICOS (Integrated Carbon Observation System) o LifeWatch (Science and Technology Infrastructure for Biodiversity Data and Observatories), y ACTRIS (European Research Infrastructure for the observation of Aerosol, Clouds, and Trace gases). IISTA desarrolla una actividad investigadora de excelencia y relieve en el ámbito internacional, como la que desarrolla en programas y redes como CLOUDNET, EARLINET, AERONET, LTER, NFAN, CYTED, INARCH, ERANET, EAN, EUMETNET-AERO-POLLEN.

En el marco de ICOS, IISTA coopera con los grupos punteros en estudios de los gases de efecto invernadero empleando la técnica Eddy Covariance. Este es el caso de los grupos del Instituto Max Planck de Biogeoquímica, el Instituto Johann Heinrich von Thünen y la Universidad de Hamburgo, en Alemania, el Centro para la Ecología e Hidrología y la Universidad de Edimburgo, en Gran Bretaña, las Universidades de Amberes y Gembloux en Bélgica, Alterra en Holanda, la Universidad de Tucsia en Italia, el Laboratoire des Science du Climat et de l'Environnement (LSCE, Francia), la Universidad de Helsinki en Finlandia, y Global Change Research Centre (República Checa) entre otros.

Desde 2007, el Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada ha desarrollado un ambicioso proyecto promovido por la Junta de Andalucía con la coordinación científica de la Universidad de Granada, con el fin de llevar a cabo un programa de seguimiento y gestión de la información para valorar el impacto del cambio global sobre los ecosistemas. Esta actividad es coordinada desde el IISTA desde su creación. El diseño del programa de seguimiento se ha inspirado en el marco conceptual y las áreas temáticas propuestas en la iniciativa GLOCHAMORE (Global Change in Mountain Regions, Björnson 2005). Por otro lado, existe una amplia colaboración en proyectos con organismos internacionales tales como GLORIA, GLOCHAMORE, ECOPOTENTIAL, EUBON, ILTER, LTER Europe, CYTED, GBIF, IUCN, etc. Esta colaboración es ahora especialmente relevante con las áreas montañosas de Europa, Norte de África y América del Sur. Toda esta experiencia nos ha permitido liderar el Centro Temático de Ecosistemas de Montaña (Universidad de Granada-Sierra Nevada) enfocado en la Biodiversidad y los procesos de ecosistemas bajo el marco de LIFEWATCH ERIC, coordinando equipos multidisciplinares constituidos por investigadores de la Universidad de Granada (en colaboración con otras instituciones internacionales) que pertenecen a diferentes disciplinas científicas: desde los aspectos más básicos del conocimiento taxonómico de la biodiversidad al uso de las más avanzadas técnicas de cálculo y TIC (Deep learning, Big data, Teledetección y validación de campo, etc.), para proporcionar apoyo y guía a los gestores y ciudadanos en un marco científico. Nuestro reto ahora es promover la transformación del Proyecto Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada en una infraestructura europea bajo el paraguas de LifeWatch ERIC: El Centro Temático de Ecosistemas de Montaña (Universidad de Granada-Sierra Nevada), promoviendo la cooperación y el intercambio de información entre investigadores, gestores y ciudadanos, a escala local y mundial.

IISTA lidera el grupo de trabajo Panta Rhei-Change de la Hydrology and Society, the Scientific Decade 2013-2023 of the International Association of Hydrological Sciences (IAHS), denominado Water and Energy Fluxes in a Changing Environment, co-lidera la IAHS International Commission of Remote Sensing, y forma parte de la International Network of Alpine Research Catchments en un consorcio constituido por instituciones de investigación de la Unión Europea, USA, Sudamérica, y que está

liderado por Canadá. IISTA participa activamente en la iniciativa internacional 23 Unsolved Questions in Hydrology, liderada por el prestigioso hidrólogo Prof. Günter Blöschl de la Technical University of Vienna, un foro de discusión de alto nivel que incluye a los grupos más relevantes de hidrología y gestión de recursos hídricos a nivel mundial. Esta colaboración ha dado lugar a un artículo de alto impacto en 2019, identificando los retos clave en hidrología para la próxima década, del que son coautores investigadores del IISTA. Asimismo, expertos del IISTA han sido invitados a contribuir al Expert Review of the Working Group II contribution to the IPCC Sixth Assessment Report First Order Draft.

En el marco de ACTRIS-ERIC, IISTA contribuye con una de las National Facilities más completas de esta infraestructura distribuida a nivel español. En este sentido es clave AGORA (Andalusian Global ObseRvatory of the Atmosphere), que incluye la estación urbana UGR (37.16° N, 3.60° W, 680 m asl), en la ciudad de Granada, y la Estación de Sierra Nevada, SNS, (37.09° N, 3.38° W, 2550 m asl), estación de alta montaña. La combinación de las estaciones UGR y SNS es uno de los aspectos claves de AGORA, combinando la teledetección desde el valle y las medidas in-situ en la estación de alta montaña, localizada en la misma columna atmosférica. AGORA ha ofrecido Acceso Transnacional (TNA) en el marco del Proyecto Europeo ACTRIS2, recibiendo un buen número de accesos de la comunidad Latinoamericana, especialmente vinculada con LALINET, the Latin American Lidar Network. Los accesos se han enfocado especialmente en la formación de nuevos investigadores, principalmente de Sudamérica. Estos accesos, junto con los de científicos con gran experiencia, verán su continuidad a través de la participación del IISTA en el nuevo proyecto H2020 ATMO-ACCESS, que se inicia en estos días.

IISTA coordina una acción del programa Marie Skłodowska-Curie Research Innovation and Staff Exchange titulada Development of GRASP radiative transfer code for the retrieval of aerosol microphysics vertical-profiles from space measurements and its impact in ACE mission (GRASP-ACE). En esta acción liderada por el IISTA participan instituciones europeas de gran prestigio como Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS - Francia), University of Lille (Francia), Free University of Berlin (Alemania), GRASP.SAS (Francia), Catalyst.Gmb (Austria), Institute of Radioastronomy (Ucrania), Universidad de Valladolid y la Universidad Politécnica de Cataluña. El consorcio también incluye a socios de terceros países como es el caso de NASA Goddard Space Flight Center (USA), University of Maryland Baltimore County (USA), Institute of Remote Sensing and Digital Earth of the Chinese Academy of Sciences (China), Physics Instrumentation Center of Prokhorov General Physics Institute (Rusia), B.I. Stepanov Institute of Physics of the National Academy of Sciences of Belarus (Bielorrusia) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICET - Argentina).

IISTA participa activamente en diferentes acciones COST, en las que miembros de la unidad son parte de los comités de gestión como PROBE, COLOSSAL, WIRE,

ADOPT, HARMONIA. También forma parte de las actividades de EUMETNET tales como e-PROFILE o AutoPollen.

La infraestructura de investigación del IISTA incluye un buen número de estaciones de campo bien equipadas que operan de modo continuo en diferentes ecosistemas y laboratorios para el estudio de los procesos atmosféricos e hidrosféricos. La información detallada se encuentra en <http://www.iista.es/laboratorios/> y los enlaces asociados. Una fortaleza clave del IISTA es la combinación de observaciones exhaustivas y continuas a largo plazo, experimentos de campo y de laboratorio intensivos, uso de datos satelitales y modelos avanzados que conducen a la comprensión teórica y las predicciones cuantitativas de diferentes procesos atmósfera-biosfera-hidrosfera, y al desarrollo de métodos e instrumentos innovadores. A continuación, se incluye una breve descripción de los equipamientos fundamentales, de los que se puede encontrar mayor detalle en <http://www.iista.es>.

OBSERVATORIO GLOBAL DE LA ATMÓSFERA DE ANDALUCÍA
(ANDALUSIAN GLOBAL OBSERVATORY OF THE ATMOSPHERE (AGORA))
LABORATORIO SINGULAR DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA
(<https://atmosphere.ugr.es/informacion/presentacion/agora>)

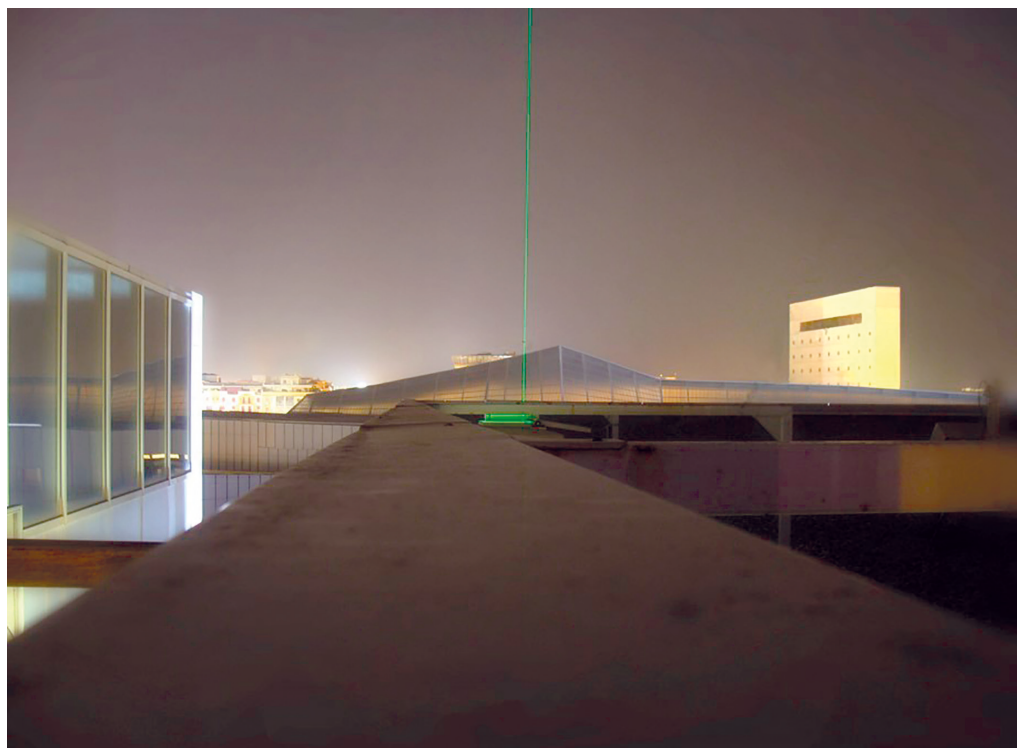
Una infraestructura clave en IISTA es el Observatorio Global de la Atmósfera de Andalucía (AGORA), ubicado en el sur de España y que incluye varios sitios experimentales. AGORA incluye la estación de la UGR (37 ° 9'49.21 "N, 3 ° 36'17.94" W, 680 m s.n.m.), ubicada en Granada. La estación combina la monitorización a largo plazo de la distribución vertical de aerosoles atmosféricos, basada en la teledetección activa y pasiva, con mediciones in situ para la caracterización de partículas de aerosoles, así como la monitorización de la radiación atmosférica y solar en varios rangos espectrales. AGORA incluye instalaciones adicionales en Sierra Nevada, que por su proximidad ofrecen una oportunidad única para combinar el sondeo vertical remoto de la columna atmosférica de la estación de la UGR con mediciones in situ en diferentes elevaciones en las laderas de Sierra Nevada. Así, varios lugares de alta montaña se han utilizado en el marco de diferentes campañas experimentales durante los últimos años, incluido un sitio estacional de AERONET (Cerro Poyos, 37.11 ° N; 3.49 ° W; 1830 m s.n.m.). Estos parajes de montaña incluyen algunas edificaciones que pertenecen a la Universidad de Granada y el acceso a la infraestructura del Parque Nacional de Sierra Nevada (figura 4). En 2016 se instaló una ubicación de alta montaña a 37,09 N; 3,38 W; 2550 m s.n.m. La estación de alta montaña, Estación Sierra Nevada, SNS, permite la caracterización de episodios de transporte regionales y de largo alcance y la validación de algoritmos de inversión utilizados para recuperar propiedades microfísicas de aerosoles y nubes con técnicas LIDAR (figura 5) y RADAR. Los datos de alta calidad están garantizados debido a la inclusión de AGORA en ACTRIS (Aerosols, Clouds

and Trace gases Research infrastructure, <https://www.actris.eu>) y la Red de aerosoles federada de NOAA (NFAN, <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/aero/net/>) y cumple con los requerimientos de operación de estas dos redes y los Global Atmospheric Watch (GAW, WMO 2003). Con respecto al componente de teledetección, AGORA es parte de EARLINET desde 2004 y ahora que esta red está incluida en ACTRIS, AGORA es también un componente CLOUDNET de esta red. Sus datos están disponibles públicamente a través de e-bas (<http://ebas.nilu.no/>).



Figura 4. Observatorio SNS. AGORA. (Fuente: Andy Kowalski).

Figura 5. Lidar Mulhacen. AGORA. (Fuente: Juan Antonio Bravo).



GLOBAL MONITORING SYSTEM-SNOWMED Y RED DE MONITOREO GUADALFEO

Otra instalación relevante en IISTA es la Red de Monitoreo Guadalfeo, que consta de 6 estaciones meteorológicas avanzadas automatizadas (AWS) ubicadas en o cerca de Sierra Nevada. Se han ido instalando progresivamente desde 2004 hasta 2017. Cinco de estas estaciones se encuentran en el Parque Nacional de Sierra Nevada, ubicadas en alturas entre 1600 y 2500 m, siendo pioneras en el seguimiento a largo plazo de la meteorología en la zona nevada de Sierra Nevada. Sus datos están a disposición del público a través del Sistema de Monitoreo Global de la nieve, GMS-Snowmed (www.uco.es/dfh/snowmed), que también proporciona estimaciones casi en tiempo real de los flujos de deshielo y evapostulimación a los embalses aguas abajo y al agua corriente equivalente almacenada en la capa de nieve. Sus datos se envían periódicamente a la red CLIMA de REDIAM (de la Junta de Andalucía) para permitir el acceso público a estos datos ambientales a todo aquel que lo solicite. Los datos de estas estaciones se utilizan para monitorear el clima a medio y largo plazo, para apoyar el monitoreo y estudio de la nieve en Sierra Nevada, para la educación y, en general, como base para la investigación de la distribución espacial y temporal de los impulsores meteorológicos de la dinámica de la nieve y los procesos de hidrología de montaña en Sierra Nevada, e impactos río abajo.

TORRES DE FLUJO

Actualmente, IISTA gestiona seis torres de flujo para medir los flujos de GEI utilizando la técnica de covarianza de remolinos; esta metodología fue seleccionada por el proyecto europeo ICOS para cuantificar los intercambios de GEI entre la atmósfera y diferentes tipos de ecosistemas. Concretamente, IISTA instaló tales torres de flujo en cuatro ecosistemas mediterráneos diferentes (y representativos): (1) dos estaciones de torres de flujo en un olivar (con y sin cubierta de maleza; 37°55'10,13" N, 3°14'24,62" W, Jódar, Andalucía); desde 2012 el sitio se propuso potencialmente para formar parte del proyecto ICOS; (2) dos estaciones de torres de flujo en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar (Balsa Blanca y Amoladeras, matorral / pradera alfa, 36°56'24"N; 2°18'0"W, Almería, Andalucía) desde 2006; (3) una estación torre de flujo en El Llano de los Juanes: (matorral subalpino, 36°55'36,89" N; 2°45'6,84" W, Almería, Andalucía) desde 2004; (4) una estación de torre de flujo en Padul (humedal, 37°0'42,26" N, 3°36'20,65" W, Granada, Andalucía), desde 2012.

LABORATORIO DE DINÁMICA DE FLUIDOS AMBIENTALES (ATRIUM)

ATRIUM es una infraestructura que cuenta con el equipamiento necesario para muy diversas investigaciones multidisciplinares punteras en el ámbito de la dinámica de flujos e hidráulica ambiental. En concreto, este laboratorio permite el estudio experimental de los fenómenos relacionados con viento, oleaje y corrientes marinas y su interacción con el medio natural o infraestructuras artificiales. En su conjunto, ATRIUM lleva operando desde hace más de 10 años, contribuyendo al conocimiento básico y aplicado de procesos ambientales y al modelado, diseño y optimización de infraestructuras concretas en el medio. Dentro de las líneas de investigación que se desarrollan en el Laboratorio ATRIUM se destaca el impacto en tres aspectos fundamentales para la sociedad, como son la gestión y protección de costas, el diseño de obras marítimas y las energías renovables y la sostenibilidad.

Este relevante laboratorio del IISTA contiene las siguientes instalaciones principales: (1) Canal de interacción atmósfera y océano (AIOF), un canal de olas de una sección de trabajo de 15 metros de largo, 1 metro de ancho y una profundidad de agua nominal de 0,7 m. Posee dos generadores de olas instalados en ambos lados del canal, para poder generar olas en ambos sentidos. Está equipado con un túnel de viento capaz de alcanzar una velocidad de viento de 12 m/s. Las corrientes en el canal también se pueden generar hasta 0,75 m/s mediante dos bombas de recirculación; (2) Lavabo 3D Wave, con dimensiones de 21 m de largo x 9 m de ancho y 1 m de profundidad; (3) Canal de corriente de onda 2D, con 23 m de largo x 1 m de profundidad x 0,65 m de ancho. El sistema de generación permite la generación de ondas regulares o irregulares, ondas solitarias, etc. Está equipado con un sistema de absorción de reflexión activa; (4) Túnel de viento de capa límite (BLWT), las dimensiones principales son 26 m de longitud y 2,14x1,8 m de sección. Estas instalaciones están dedicadas al estudio del acoplamiento de procesos entre el océano y la atmósfera, el estudio del comportamiento de estructuras con acción combinada de viento, oleaje y / o corrientes, modelado físico sobre puerto, playas o dispositivos bajo ataque de oleaje oblicuo, el estudio del comportamiento de estructuras o dispositivos bajo el oleaje, las corrientes o la combinación de ambos agentes, y el estudio del comportamiento de la interacción entre el viento y las estructuras dentro de la capa límite atmosférica. El laboratorio está equipado con la instrumentación más actualizada para medir el nivel y la presión del agua, la velocidad del fluido, la fuerza y el par, la humedad y la temperatura, entre otras variables.

En el periodo 2018-2022 el IISTA ha desarrollado 55 proyectos nacionales con una financiación de 19.743.220 € y 13 proyectos internacionales con una financiación de 2.684.000€. Por otro lado, se han llevado a cabo contratos de investigación y asesoramiento por valor de 2.352.474,34€, que liderados por los investigadores del mismo generan conocimiento y ayudan a solucionar problemas científicos que afectan a la sociedad.

La producción científica del IISTA es muy variada y transversal.



Docencia en Física en la UGR



EVOLUCIÓN DE LA DOCENCIA

Estrella FLORIDO NAVÍO

Posiblemente el de profesor universitario sea uno de los trabajos más desconocidos para la sociedad en general. Cuántas veces hemos escuchado preguntas como: Pero, con las pocas clases que impartes ¿qué haces el resto del tiempo? Si no hay estudiantes, tienes ya vacaciones ¿verdad? Si impartes la misma asignatura, no le tienes que dedicar mucho tiempo... Es posible que estas preguntas respondan a algunos casos reales, pero no a lo que he vivido en mis años como profesora de la Facultad.

Cuando celebramos el 40 aniversario de los estudios de Física, los profesores Alberto Prieto y Eduardo Battaner hicieron un breve repaso sobre cómo habían vivido la evolución de la docencia en ese periodo. Lo hicieron a modo de diálogo, que transcribimos a continuación:

EVOLUCIÓN DE LA DOCENCIA EN FÍSICA EN 40 AÑOS

Eduardo BATTANER LÓPEZ y Alberto PRIETO ESPINOSA

17/6/2014

Eduardo. Destaquemos cuatro factores que han influenciado la evolución de la docencia en Física, a lo largo de los 40 años que ha durado esta licenciatura:

- De la tiza a las TIC,
- La irrupción de los “pedagogos”,
- Sobre las oposiciones
- La crisis.

Eduardo.

El método pedagógico tenía su más alta expresión en lo que se llamaba “lección magistral”, en la cual, el profesor desarrollaba la lección, *sin mirar* sus propios apuntes, llenando varias pizarras de fórmulas estrictamente deducidas *in situ* mientras los alumnos escuchaban pasivamente (o bien, aplicaban técnicas muy depuradas para simular atención).

Este método está hoy tachado de antigualla inútil. Y aunque es verdad que tenía grandes defectos intrínsecos, también tenía sus virtudes, por lo que relegarlo a la historia no puede hacerse sino con cierta añoranza. Creemos que debiera ser, en parte, rescatado. “Magistral” viene de la hermosa palabra “maestro”. Cuando un “maestro”, un virtuoso de la Física, teatralizaba su propia obra, creaba en el estudiante una admiración que revertía directamente en la eficacia de la enseñanza (aunque algunas veces no hubiera quien lo aguantara).

Alberto. Yo recuerdo que daba las clases sin papeles, y en julio de 1979 (al final del curso), consulté con varios de mis alumnos acerca de cuál de ellos cogía mejor los apuntes de clase. Todos me indicaron que era Yolanda Castro; con mucho gusto me dejó sus apuntes, que fotocopie y a partir de ese año, convenientemente actualizados, los utilizaba como guía... Era en 4º curso de Física Fundamental, asignatura Electrónica General, y Yolanda es hoy Catedrática de Física Aplicada.

También entre los profesores pioneros de la titulación recuerdo con nostalgia al llorado Pepe Mira¹ (que falleció prematuramente hace unos 6 años). Muchos de vosotros recordareis sus apuntes escritos a mano con una caligrafía casi perfecta que sacaba siempre a tiempo en la multcopista de la Facultad; y la camaradería entre profesores y alumnos de la especialidad de Electrónica que nos llevaba con cierta frecuencia a acabar las largas sesiones de prácticas en el INOCENCIO, afamado bar de la calle Gonzalo Gallas por sus hermosos bocadillos y raciones de jamón. El tener tan sólo del orden de una decena de alumnos facilitaba mucho las cosas... : la foto de la imagen, por ejemplo corresponde a un picnic realizado en 1985 en Cumbres Verdes de forma totalmente improvisada después de un examen en la especialidad de Electrónica (Esther –Univ. Almería- Antonio Garrido -U Castilla La Mancha; Manuel Navarro –Fujitsu- Julio Ortega, Gonzalo Olivares, Paco Pelayo –El Lute- y “Fernando Estes”, Jorge Portí, telefónica...)

Eduardo. Las aulas podían llenarse con alumnos matriculados y con oyentes (“oyente”, otra hermosa palabra). Se siguen recordando las clases magistrales de Boltzmann, Chandrasekhar y muchos otros. ¿Qué no nos hubieran enseñado estos sabios con estas representaciones de su propia física? Boltzmann utilizaba dos pizarras: una la usaba para cálculos auxiliares; en la otra, la principal, destacaba las conclusiones y fórmulas importantes que iba obteniendo. Chandrasekhar usaba tres.

Y, en nuestra tierra, y en nuestro tiempo, todos recordamos algún profesor que nos fascinaba (alguno había que nos alucinaba, más bien).

Siempre que haya maestros habrá lecciones magistrales.

1. En Granada de 1975 a 1981

Lo malo era cuando el profesor no era buen autor o no era buen actor, o no era ninguna de las dos cosas. O si la clase no estaba minuciosamente preparada, y entonces el profesor podía atascarse indefinidamente en una demostración matemática.

Alberto. Recuerdo una anécdota real, en la Complutense, de uno de mis profesores (Felicísimo Ramos) ... En un momento dado dijo “*y sumo...*” y, en ese preciso instante la ficha-chuleta se le cayó por el hueco donde se metían las pizarras cuando se bajaban... Al pobre no le salía la demostración ni podía seguir. Llamó a Antonio, el bedel, quien le ayudo a sacar la cartulina-chuleta y se la dio al profesor Ramos. Éste con cara de felicidad dijo “¡Ah perdón!, “*y su módulo es...*”. Y ya continuó sin problemas; eso sí asiendo en su mano fuertemente su chuleta.

Eduardo. Poco a poco se ha ido arrumbando la lección magistral, según se ha ido también arrumbando la humilde y venerable tiza en favor del colorismo informático, y lo negro de la pizarra en favor de lo blanco de la pantalla.

¡Qué placer perdido el de salir de clase con las manos blancas, la bata blanca, el pelo blanco...!

Alberto. Ahora es la época de las TIC: los pen drives, los ordenadores y los cañones como mínimo. Es sin duda un adelanto². Ya no es necesario dibujar una multiheteroestructura apilada de transistores lógicos, o el trazado de máscaras de un microprocesador, o una galaxia: es mejor proyectarlas y utilizar fotografías. Los desarrollos matemáticos se omiten... um...um... esto puede tener su parte negativa.

Eduardo. (*Mientras habla maneja un puntero láser*) El palo se ha sustituido por el puntero láser. A veces el profesor no apunta con él, sino que, reflejo de su expresividad, hace revolotear caóticamente su haz por la pantalla, lo que no sirve para nada, más que marear a los alumnos. Y a veces, vuelve el haz hacia ellos que ven peligrar sus ojos perseguidos por los caprichos gestuales del profesor. Otros siguen prefiriendo el palo, pero con él, golpea el profesor a veces la pantalla, la cual responde con oscilaciones y zarandeos que impiden su reposada lectura.

Alberto. Al prescindir de las deducciones, la velocidad de la clase se dispara. El alumno se rinde; no puede seguir tan vertiginosa explicación. No importa: ya pedirá las transparencias. Pero las transparencias, sin las palabras del maestro, ay, son frecuentemente indescifrables.

2. “No guardes nunca en la cabeza aquello que te quepa en un bolsillo”. (Einstein), y hoy en un bolsillo cabe un iPhone con 16 GBytes

Eduardo. Cuando se quiere que la pantalla esté más iluminada, hay que apagar las luces próximas. Y entonces... el profesor... desaparece; se convierte en una mancha oscura; se convierte en una voz en off. Pero el alumno quiere ver al profesor; quiere verle porque le admira... Otras veces, es verdad, prefiere no verle.

Internet, páginas web, campus virtual, SWAD, video tutorías, pizarra virtual y un largo etcétera hacen de las TIC un buen complemento, más que un sustituto. Aunque a veces llegamos a condenar a los alumnos a un horizonte cuadrado. Reciben las lecciones en una pantalla, trabajan en una pantalla, se comunican con el profesor con una pantalla y, por fin, cuando llega la hora del descanso, se van a casa a jugar... ¡con una pantalla!

Alberto. Bueno Eduardo, no hay que ponerse tan trágico, la utilización de medios audiovisuales favorece notablemente la adquisición del aprendizaje:

- Motivan para un mejor aprendizaje.
- Enriquece la experiencia sensorial a través de todos los sentidos.
- Ayudan a economizar tiempo y esfuerzo para asimilar conceptos complejos.
- La demostración y la observación de imágenes reales simplifica largas exposiciones del profesor, etc.

No obstante, no hay que abusar del video-proyector; es muy útil, pero no debe cobrar más protagonismo que el ponente, que sólo debe utilizar las imágenes como refuerzo de lo que dice.

Es muy fácil distinguir cuándo alguien ha elaborado su presentación y cuándo se la han prestado limitándose a leer el texto... en cuyo caso la audiencia dejará de hacerle caso.

Hay un síndrome que en USA denominan “**muerte por PowerPoint**”, su origen y efectos son bien conocidos: El proyector escupe como cañonazos las complejas diapositivas, cuyos vastos párrafos el profesor va leyendo lenta y monótonamente creando una extraña sensación en las mentes de las víctimas...

Eduardo. Desde luego, lejos de nuestra intención comparar los métodos antiguos y modernos y menos aún pronunciarme por su calidad y ventajas. Si acaso nos atrevemos a sugerir un método:

Ni TIZA, ni TIC: la TIC-ZA.

La “nueva pedagogía” ha irrumpido en la docencia universitaria con osadía y autoridad. Aunque soy de los que no me gusta esta nueva pedagogía, no puede ser mi cometido aquí censurarla e irritar a aquellos que ven esta innovación como saludable y progresiva. Hay quien dice que “los que saben, enseñan; los que no saben, enseñan a enseñar”. Lo cierto es que los “pedagogos” han impuesto unos nuevos mecanismos de

transmisión de conocimiento... que funcionan incluso cuando no hay conocimientos que transmitir.

Alberto. Otra cosa que ha cambiado es el mecanismo de alcanzar el funcionariado o el puesto de plantilla. Llegamos a sufrir aquellas horrendas oposiciones con siete ejercicios, y a veces tribunales de 7 miembros (¡incluso los legisladores olvidaron que la palabra “tribunal” viene de tres!, aunque luego arreglaron el desaguisado cambiando el término “tribunal” por el de “comisión”). El profesor aspirante debía abandonar o, al menos, descuidar su docencia para “preparar oposiciones”. A esto se añadía la carga económica que nos suponía a los opositores tenernos que desplazar a Madrid, con frecuencia más de una semana y más de un viaje.

Existía todo un ritual acerca de cómo realizar los ejercicios que con frecuencia obligaban al opositor a tener incluso más destrezas de actor teatral que conocimientos en su asignatura.

Otra aberración era que hasta en la última época de las oposiciones estaban **prohibidos** los medios audiovisuales, y había que adquirir maña en hacer complejas figuras en la pizarra como las bandas y niveles de energía en una unión semiconductora p-n ... o dibujar una galaxia. Esto era absurdo ya que en esa época ya estaba muy extendido el uso de las transparencias de acetato...

Eduardo. Corría un refrán entre los aspirantes: “La tarea principal, es nombrar al Tribunal; y si el tiempo no te apura, te estudias la asignatura”. Eso se decía, y así lo reflejamos, pero era una broma injusta. Los tribunales tenían la deficiencia que la ciencia española tenía por entonces. Pero eran honrados.

En un tribunal participamos en el que uno de sus miembros puntuaba negativamente las publicaciones internacionales. Pero de eso hace mucho y era un caso muy particular.

Luego vinieron unas oposiciones más humanizadas, cuya preparación no exigía casi nada de tiempo y no tenía por qué distraer al aspirante de su labor docente e investigadora. Pero, poco a poco, no sé por qué, las oposiciones y el funcionariado han sido objeto creciente de burlas en la sociedad y en la universidad en particular. No sé por qué, digo, pues España se ha desarrollado científicamente en los últimos veinte años de una forma encomiable. Nuestra “velocidad” de producción científica es ya muy alta, pero en lo que somos número uno es en la “aceleración” de esta producción. Hemos pasado en poco más de estos 40 años del cero absoluto a la posición octava en el “ranking” mundial. Pues bien: que no olviden los responsables de implantar nuevas reglas que esto se ha logrado con el denostado sistema de funcionariado.

El Ministerio están en el proceso de búsqueda del método ideal de reclutamiento de nuevo profesorado, hoy muy cambiante y errático, de palos de ciego. Este es otro rasgo de la evolución de la enseñanza de la física en estos 40 años: hemos pasado de algo que “sabemos que no” a algo que “no sabemos qué”. Sí; ya sé que exageramos.

Alberto.

Las *habilitaciones* y las **acreditaciones** han humanizado el sistema de selección del profesorado, y antes hemos caricaturizado las antiguas oposiciones; pero con los nuevos procedimientos se corre el riesgo de no evaluar adecuadamente las dotes de los candidatos en cuanto a enseñantes, cosa que sí se hacía antes; porque, como ya decía Cicerón³ **“una cosa es saber y otra saber enseñar”**, y que tan bien recoge el refranero popular **“no es mejor maestro el que sabe más, sino el que mejor enseña”**. Los profesores debemos disponer de las destrezas necesarias para transmitir curiosidad, conocimiento y sabiduría.

Con los nuevos procedimientos, que en cierta medida suponen la obtención de la categoría de profesor “off-line, a través de la web” se evalúan muy razonablemente el saber (los conocimientos) del candidato tanto sobre la materia de su especialización como de tipo pedagógico, pero es cuestionable que así se haga sobre sus destrezas como enseñante. Algo de razón tenía Gail Godwin cuando decía: *“La buena enseñanza se compone de una cuarta parte de preparación y tres cuartas partes de teatro”*. Por “correspondencia” es prácticamente imposible valorar esta última componente.

Eduardo. Y luego, la crisis bate sus alas negras también sobre la Universidad. Hemos pasado de que los ministros se preguntaban cómo debían seleccionar al profesorado a que se pregunten cómo echarlo.

Sea como sea, con pedagogías viejas o nuevas, siempre existirá ese diálogo entrañable y cálido entre profesor y alumno. La relación entre enseñante y enseñado es de las más hermosas relaciones humanas desde tiempos inmemoriales.

Desde tiempos tan inmemoriales en los que todavía no había nada que enseñar.

Alberto.

Me gustaría concluir este diálogo con una reflexión, y creo hablar en nombre de muchos de los profesores que se encuentran aquí.

A la universidad, incluso como profesores, **hemos venido más a aprender que a enseñar**; y así lo hemos hecho. Los profesores, en general, dedicamos más horas a estudiar que a enseñar, somos estudiantes que nunca crecemos, personas que deseamos ser estudiantes toda la vida⁴. En nuestros estatutos y reglamentos se utiliza el término **estudiantes** para referirse a los **alumnos**. Yo prefiero el término alumno, porque tan estudiantes somos los profesores como los alumnos⁵, ¡o más!

3. (en el siglo I a d C)

4. Tomado de la frase: *Los académicos son estudiantes que nunca crecieron, personas que desean ser estudiantes toda la vida* Henry Rosovsky. Líder de la reforma curricular de Harvard en los años 70

5. Alumno, según la RAE, es una persona que aprende bajo la dirección de otro (maestro o profesor).

En fin, que aunque enseñar es **dejar una huella en las vidas para siempre**, como decía Aristóteles: *Enseñar no es una función vital, porque no tiene el fin en sí misma; la función vital es aprender*. Y en la universidad aprendemos a través del estudio y unos de otros: los alumnos de los profesores y los profesores de los alumnos.

En estos últimos diez años hemos tenido unos cambios muy significativos. Tenemos un sistema de seguimiento de la actividad académica con un riguroso control de asistencia a cada clase, debiendo informar de las posibles cancelaciones y recuperaciones posteriores. Hemos pasado de elaborar un 'Programa o Temario' de cada asignatura, quizás con alguna escueta información adicional a discreción de cada enseñante, a la realización de una 'Guía docente', con formato y contenidos definidos y reglados, donde se especifica detalladamente el contenido de esta, pero también la metodología que se va a emplear y, de forma muy concreta, cómo se va a realizar la evaluación en cada una de las convocatorias. Estas guías docentes pasan por un proceso de validación en cada departamento y se hacen públicas antes de que comience el periodo de matriculación.

Un cambio que ha configurado la forma de afrontar los estudios es el cambio de calendario. Hemos pasado de asignaturas anuales con exámenes finales en junio-julio y recuperación de los mismos en septiembre, al actual de semestres cerrados, en el que convocatoria ordinaria y extraordinaria están separadas por apenas un par de semana, y tienen lugar dos veces en cada curso, en los meses de enero-febrero y junio-julio.

Por lo que respecta a la evaluación, la UGR en su afán por favorecer la evaluación continua, estableció unos criterios sobre la ponderación máxima que puede tener cada prueba en la nota final de la asignatura. Estas y otras cuestiones se recogen en la Normativa de evaluación y calificación de los estudiantes de la UGR. Atrás quedaron los exámenes que duraban todo el día y en los que te jugabas la evaluación completa de una asignatura anual.

Ésta, al igual que otras normativas, intentan establecer unos criterios que permitan el desarrollo de la docencia y evaluación de forma razonable. Pero también es cierto que los grados y estudios que se imparten en la UGR son muy variados, y homogeneizar unos criterios para todos puede conducir a situaciones no siempre deseables y lógicas.

Aun así, la implicación del profesorado de Física ha sido extraordinaria, haciendo suya cada situación de la mejor forma posible.

Como prueba tenemos la implicación del profesorado de Física en la adaptación de la docencia a los estudiantes que lo necesitan (NEAE), además de la respuesta ante la pandemia que hemos vivido en los últimos años. El desarrollo de la docencia durante el COVID fue ejemplar: la adaptación de profesorado y estudiantes a las nuevas tecnologías, los procedimientos de evaluación, la contemplación de casos individuales, la responsabilidad ante el periodo de semipresencialidad...no se puede hablar más que de compromiso y buen hacer.

Y ahora asoma un cambio de ley universitaria, ante la que estamos expectantes...



PLANES DE ESTUDIO DE FÍSICA EN LA UGR

Ramón MORENO SALAMANCA

Estrella FLORIDO NAVÍO

Como hemos visto en los apartados históricos, los estudios de Física en la UGR han pasado por distintas fases y planes para tener en cuenta la cambiante normativa relacionada con los estudios universitarios.

A continuación realizamos un esquema de estos planes, con sus características principales y las asignaturas que se cursan en cada uno de ellos.

La mayoría de estas asignaturas han sido y siguen siendo impartidas por departamentos de Física, en sus distintas denominaciones históricas; pero debemos mencionar también la importancia de la docencia impartida por otros departamentos de la Facultad de Ciencias, especialmente de Matemáticas y Química, con los que siempre ha existido una gran interacción.

En las tablas de este capítulo, las asignaturas impartidas completamente por estos departamentos, aparecen en verde.

En las siguientes páginas mostramos un esquema de los sucesivos planes de estudios que hemos tenido, terminando con el acuerdo de compatibilización de planes de estudios para la obtención de los títulos Graduado en Física y Matemáticas. Se listan junto a sus correspondientes horas de docencia (en los planes anteriores al Grado) o número de créditos ECTS (a partir del Grado). Un crédito ECTS en la Universidad de Granada equivale a 25 horas, incluyendo tanto la docencia presencial (10 horas) como el trabajo personal individual del estudiante.

A continuación, hacemos un listado de los planes de estudios, indicando la fecha del Boletín Oficial del Estado en el que se publicó:

- ❖ Plan de estudios del primer ciclo de la división de Física (BOE 9 de enero de 1974).
- ❖ Modificación del Plan de estudios del primer ciclo de la división de Física (BOE 6 de noviembre de 1975).
- ❖ Plan de estudios del segundo ciclo: especialidades “Fundamental” y “Electricidad y Electrónica” (BOE 15 de julio de 1977).
- ❖ Plan de Estudios de segundo ciclo de la Sección de Físicas: especialidades “Física Fundamental”, “Electrónica” y “Física Teórica” (BOE 8 de julio de 1983).



- ❖ Plan de Estudios de la Licenciatura de Física (BOE 26 de noviembre de 1997).
- ❖ Plan de estudios de Graduado o Graduada en Física (BOE 19 de febrero de 2011).
- ❖ Modificación del Plan de estudios de Graduado o Graduada en Física (BOE 12 de noviembre de 2020).

A los que debemos añadir el acuerdo de compatibilización de planes de estudios para la obtención de los títulos Graduado en Física y en Matemáticas, aprobado en 2016.

Completaremos este capítulo mencionando la docencia de los departamentos de Física en otras titulaciones.

PRIMERA ETAPA: LICENCIATURA

En esta primera etapa, se dividen los estudios de Física en dos ciclos. En enero de 1974, el mismo en el que comienzan los estudios, se publica en el BOE el primer plan de estudios, correspondiente únicamente al Primer Ciclo, que comprende tres cursos. Con muy pocas asignaturas por curso, este Primer Ciclo discurre de forma estricta entre los pilares de la Física, sin desviarse de sus ramas fundamentales y sin ofrecer ningún tipo de optatividad. En 1975 se modifica con pequeños cambios.

Más adelante, en 1977, se publica el Plan de Estudios correspondiente al Segundo Ciclo, de dos cursos de duración. Aquí se distingue por primera vez entre especialidades: Fundamental y Electricidad y Electrónica.



Plan de Estudios del primer ciclo de la División de Física BOE 9 de enero de 1974		
Asignatura	Horas semanales	
	Teoría	Prácticas y seminarios
Primer curso		
Física General	6	3
Álgebra	3	1
Análisis Matemático	5	2
Química General	3	3
Segundo curso		
Métodos matemáticos de la Física I	5	1
Mecánica y Ondas	3	1
Termología	4	4
Mecánica Estadística	3	1
Tercer curso		
Electricidad y Magnetismo	4	4
Mecánica Cuántica	4	1
Óptica y Estructura de la Materia	4	4
Métodos Matemáticos de la Física II	4	2
<i>Antes de pasar al segundo ciclo, los estudiantes deberán demostrar su suficiencia en el conocimiento del idioma moderno que establezca la Facultad para esta división.</i>		

Modificación Plan de Estudios del primer ciclo de la División de Física BOE 6 de noviembre de 1975		
Asignatura	Horas semanales	
	Teoría	Prácticas y seminarios
Primer curso		
Física General I	6	3
Álgebra lineal y Geometría	6	-
Análisis Matemático I	6	-
Química General	4	2
Segundo curso		
Métodos matemáticos de la Física I	5	1
Mecánica y Ondas	5	-
Termología	5	-
Análisis Matemático II	5	-
Física General II (Técnicas experimentales I)	1	4
Tercer curso		
Electricidad y Magnetismo	5	-
Física Cuántica	5	-
Óptica	5	-
Métodos Matemáticos de la Física II	5	-
Física General III (Técnicas experimentales II)	1	4



Plan de Estudios del segundo ciclo de Facultad de Ciencias (Sección de Físicas) BOE 15 de julio de 1977		
Asignatura	Horas semanales	
	Teoría	Prácticas y seminarios
<i>Especialidad Fundamental</i>		
Cuarto curso		
Física del Estado Sólido	3	2
Mecánica Estadística	3	2
Electromagnetismo	3	2
Electrónica General	3	4
Quinto curso		
Física Atómica y Nuclear	4	4
<i>Asignaturas optativas</i>		
<i>Dos asignaturas a elegir entre</i>		
Física de los Medios Continuos	3	2
Ampliación de Mecánica Cuántica	3	2
Fenómenos de Transporte	3	2
Ampliación de Óptica	3	2
<i>Una asignatura a elegir entre:</i>		
Física de la Atmósfera	2	2
Historia de la Física y Filosofía de la Ciencia	2	2
Geofísica	2	2
Biofísica	2	2
Espectroscopía	2	2
<i>Especialidad de Electricidad y Electrónica</i>		
Cuarto curso		
Electromagnetismo I	3	2
Electrónica I	3	4
Física del Estado Sólido	3	4
Mecánica Estadística	3	2
Teoría de sistemas (semestral)	3	2
Quinto curso		
Electromagnetismo II (semestral)	3	4
Electrónica II	3	4
Física Atómica y Nuclear	4	4
Propiedades Eléctricas y Magnéticas de la Materia	3	4
Teoría de Sistemas II (semestral)	3	2
<i>Para el paso al tercer ciclo se podrá realizar la Reválida de licenciatura en la doble modalidad de examen o Tesina.</i>		



En 1983 se modifica el Plan de Estudios del Segundo Ciclo, redefiniendo las especialidades existentes, y añadiendo una nueva, Física Teórica. Es con las especialidades donde el gran abanico de todas las ramas y aplicaciones de la Física se abre para los estudiantes de la Universidad de Granada.

Plan de Estudios del segundo ciclo de la Sección de Físicas BOE 8 de julio de 1983		
Asignatura	Horas semanales	
	Teoría	Prácticas y seminarios
<i>Especialidad de Física Fundamental</i>		
Cuarto curso		
Física del Estado Sólido	4	2
Mecánica Estadística	4	-
Electromagnetismo	4	2
Electrónica General	4	2
Quinto curso		
Física Atómica y Nuclear	4	2
<i>Asignaturas optativas</i>		
<i>Dos asignaturas a elegir entre</i>		
Ampliación de Mecánica Cuántica	4	-
Fenómenos de Transporte	4	-
Ampliación de Óptica	4	1
Propiedades Eléctricas y Magnéticas de la Materia y Física de Plasmas	4	1
<i>Una asignatura a elegir entre</i>		
Historia de la Física y Filosofía de la Ciencia	3	-
Geofísica	3	1
Biofísica	3	-
Espectroscopía	3	1
Ciencias del Medio Ambiente	3	1
Astrofísica	3	1
<i>Especialidad de Electrónica</i>		
Cuarto curso		
Teoría de Circuitos	3	-
Electromagnetismo I	4	2
Electrónica I	3	3
Mecánica Estadística	3	-
Física del Estado Sólido	3	2
Teoría de la Conmutación	3	-



Quinto curso		
Física de Dispositivos Electrónicos	4	2
Electrónica II	4	3
Física Atómica y Nuclear	3	2
Asignaturas optativas		
<i>Tres asignaturas a elegir entre</i>		
Ordenadores	3	2
Electromagnetismo II	3	2
Teoría de Señales y de la Comunicación	3	-
Automática	3	2
Especialidad de Física Teórica		
Cuarto curso		
Mecánica Estadística	4	-
Mecánica Cuántica	4	-
Teoría Clásica de Campos y Relatividad	4	-
Física Atómica y Nuclear	4	2
Métodos Matemáticos de la Física III	3	-
Quinto curso		
Física del Estado Sólido	3	1
Ampliación de Física Nuclear	4	2
Teoría Cuántica de Campos y Partículas Elementales	4	-
Astrofísica	4	1

En 1997 se publica un nuevo Plan de Estudios, que conlleva una reforma integral de la estructura tanto del Primer Ciclo como del Segundo Ciclo. Aparecen por primera vez descritos los créditos que supone superar cada asignatura (si bien aún no son créditos ECTS), y se distingue entre Materias Troncales, Materias Obligatorias y Materias Optativas, clasificación que, con algún cambio de nombre, se mantiene aún hoy en día.

Distribución de créditos ECTS en la Licenciatura en Física				
Ciclo	Materias troncales	Asignaturas obligatorias	Asignaturas optativas	Asignaturas libre configuración
Primer ciclo	103.5	24	37.5	15.0
Segundo Ciclo	55.5	0	49.5	15.0
Total	159.0	24.0	87.0	30.0

Es en esta etapa donde los estudios en Física de la Universidad de Granada asisten a su mayor diversidad y multidisciplinariedad, con una enorme selección de asignaturas optativas para el Segundo Ciclo, si bien el primero continúa siendo general y transversal. A esta multidisciplinariedad contribuyen las asignaturas de Libre Configuración, que permitan cursar estudios de carácter complementario en un amplio rango de materias.

Plan de Estudios conducentes al título de Licenciado en Física BOE 26 de noviembre de 1997		
Asignatura Teoría de Circuitos	Créditos	
	Teoría	Prácticas
Primer Ciclo		
<i>Materias Troncales</i>		
Electromagnetismo	7	3.5
Física cuántica	7	3.5
Mecánica y Ondas	7	3.5
Métodos Matemáticos de la Física I	4	2
Métodos Matemáticos de la Física II	8	4
Métodos Matemáticos de la Física III	4	2
Métodos matemáticos de la Física IV	6	3
Óptica	7	3.5
<i>Materias Obligatorias</i>		
Fundamentos de Física I	5	2.5
Fundamentos de Física II	3	1.5
Técnicas Experimentales en Física I (Mecánica y Ondas)	1.5	6
Técnicas Experimentales en Física II (Electromagnetismo, Óptica y Cuántica)	1.5	9
Termodinámica	7	3.5
Segundo Ciclo		
<i>Materias Troncales</i>		
Electrodinámica clásica	5	2.5
Electrónica I	4	2
Electrónica II	2	4
Física del Estado Sólido	5	2.5
Física Estadística	5	2.5
Física Nuclear y de Partículas	5	2.5
Mecánica Cuántica I	5	2.5
Mecánica Teórica	4	2
Introducción a los Métodos Numéricos en Física	4	2
Técnicas Experimentales Básicas	2	4



<i>Asignaturas Optativas</i>		
Astrofísica Estelar	3	1.5
Astrofísica Galáctica	4	2
Biofísica	3	1.5
Circuitos de Microondas	3	1.5
Cosmología	3	1.5
Dinámica de la Atmósfera	4	2
Dispositivos de alta velocidad y optoelectrónicos	4	2
Electrónica Física	4	2
Estructura Nuclear	4	2
Física Atómica y Molecular	5	2.5
Física Computacional	4	2
Física de Coloides	4	2
Física de Dispositivos Electrónicos	3	3
Física de Fluidos	4	2
Física de la Visión	3	1.5
Física de Materiales	5	2.5
Física de Partículas	4	2
Física de Plasmas	4	2
Física del Medio Ambiente	4	2
Física Matemática (Ecuaciones en derivadas parciales e integrales)	4	2
Física Matemática (Espacios de Hilbert y Op. Lineal)	4	2
Física Matemática (Geometría diferencial y variedades)	4	2
Física Matemática (Teoría de Grupos)	4	2
Física no lineal	3	1.5
Formación y procesado óptico de imágenes	4	2
Fundamentos formales del conocimiento científico	5	1
Geofísica	4	2
Introducción a la Astrofísica	4	2
Láseres y óptica no lineal	4	2
Mecánica Cuántica II	4	2
Mecánica Estadística	5	2.5
Meteorología Física	3	1.5
Propagación y radiación de ondas electromagnéticas	3	1.5
Radioactividad y aplicaciones	3	1.5
Reacciones nucleares y tecnología nuclear	3	3
Reacciones químicas	4	2
Relatividad general	3	1.5
Teoría cuántica de campos	5	2.5
Termodinámica del no equilibrio	3	1.5



SEGUNDA ETAPA: GRADO

El modelo unificado del Grado es el que se sigue en la actualidad. Con él desaparece la división por ciclos. Ahora, el Grado es un programa continuo y completo que dura cuatro cursos. La diferencia de créditos es suplida por el programa de máster. También se instauro el uso de créditos ECTS, y los estudiantes de Grado deben superar 240:

Distribución de créditos ECTS en el Grado en Física				
Asignaturas de Formación Básica	Asignaturas Obligatorias	Asignaturas Optativas	Trabajo Fin de Grado	Total
60	114	60	6	240

Con el Grado, las asignaturas se reparten equitativamente entre el Primer Cuatrimestre y el Segundo Cuatrimestre de cada curso. La mayoría de ellas conceden 6 créditos ECTS, aunque algunas asignaturas son anuales, de 12 créditos. Ahora, los estudios son más homogéneos que nunca, mezclando en casi todos los cursos asignaturas sobre temas centrales de la Física con una buena selección de optativas variadas.

El plan actual se publicó en 2020, recogiendo algunas modificaciones en cuanto a la estructura del Grado con respecto al original de 2011, pero no en cuanto a su contenido. Algunas asignaturas anuales se sustituyen por dos cuatrimestrales, y ciertas optativas cambian el cuatrimestre en el que se imparten. Es el Plan de Estudios actual el que se recoge a continuación. Nótese que los estudiantes pueden matricularse de las asignaturas optativas en cualquier curso; aquí se listan según el orden recomendado y que se sigue habitualmente:



Plan de Estudios del Título de Graduado o Graduada en Física BOE 19 de febrero de 2011 Modificación en BOE 12 de noviembre de 2020			
Primer Cuatrimestre		Segundo Cuatrimestre	
Asignatura	Créditos ECTS	Asignatura	Créditos ECTS
Primer curso			
Física General I	6	Física General II	6
Álgebra Lineal y Geometría I	6	Álgebra Lineal y Geometría II	6
Análisis Matemático I	6	Análisis Matemático II	6
Química General	6	Técnicas Experimentales Básicas	6
Programación	6	Métodos Numéricos y Simulación	6
Segundo curso			
Termodinámica (anual)			12
Mecánica y Ondas (anual)			12
Métodos Matemáticos I	6	Métodos Matemáticos III	6
Métodos Matemáticos II	6		
Circuitos Eléctricos: Teoría e Instrumentación	6		
<i>Asignaturas optativas</i>			
		<i>Dos asignaturas a elegir entre</i>	
		Fundamentos de Astrofísica	6
		Física del Medio Ambiente	6
		Física de la Atmósfera	6
Tercer curso			
Electromagnetismo (anual)			12
Física Cuántica (anual)			12
Óptica I	6	Óptica II	6
		Física Estadística	6
<i>Asignaturas optativas</i>			
<i>Dos asignaturas a elegir entre</i>		<i>Una asignatura a elegir entre</i>	
Mecánica Analítica y de los Medios Continuos	6	Física Computacional	6
Geofísica	6	Radiactividad y Aplicaciones	6
Biofísica	6		
Física Matemática	6		
Cuarto curso			
Mecánica Cuántica	6	Electrónica Física	6
Física Nuclear y de Partículas	6	Trabajo Fin de Grado	6
Física del Estado Sólido	6		
<i>Asignaturas optativas</i>			
<i>Dos asignaturas a elegir entre</i>		<i>Tres asignaturas a elegir entre</i>	
Física Atómica y Molecular	6	Nanoelectrónica	6
Electrodinámica	6	Astrofísica	6



Relatividad General	6	Información Cuántica y Aplicaciones	6
Física de Fluidos	6	Teoría de Campos y de Partículas	6
Proyectos	6	Estructura y Reacciones Nucleares	6
		Física de los Sistemas Complejos	6

Nota: En el plan de estudios inicial (2011), Álgebra Lineal y Geometría y Óptica eran anuales (12 ECTS).

DOBLE GRADO EN FÍSICA Y MATEMÁTICAS

Además, en 2016 se realiza el Acuerdo de Compatibilización de planes de estudio para la obtención de dos títulos de Grado, en el caso que nos ocupa, de los Grados en Física y Matemáticas. Se trata de una planificación para obtener los dos títulos en cinco cursos, realizando una asignatura más por cuatrimestre. La doble titulación se obtiene cursando un total de 360 créditos ECTS:

Distribución de créditos ECTS en el Doble Grado en Física y Matemáticas					
	Asignaturas de Formación Básica	Asignaturas Obligatorias	Asignaturas Optativas	Trabajo Fin de Grado	Total
Matemáticas	36	102	60	12	360
Física	36	108			

Los estudiantes de esta doble titulación comparten todas sus asignaturas con los de cada Grado individual, de forma que cursan la mayoría de las asignaturas básicas y obligatorias del Grado en Física, y pueden elegir entre sus optativas. Se recoge aquí, más esquematizado, el Plan de Estudios actual del mencionado Doble Grado, tal y como se establece en su correspondiente Acuerdo de Compatibilidad:



C U R S O	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO
P R I M E R S E M E S T R E	Álgebra I	Análisis Matemático I	Álgebra II	Circuitos Eléctricos: Teoría e Instrumentación	Física del Estado Sólido
	Cálculo I	Estadística Descriptiva e Introducción a la Probabilidad	Análisis Funcional	Ecuaciones Diferenciales II	Física Nuclear y de Partículas
	Física General I	Mecánica y Ondas	Electromagnetismo	Inferencia Estadística	Optativa
	Geometría I	Métodos Matemáticos I o Variable Compleja I	Física Cuántica	Mecánica Cuántica	Optativa
	Programación	Métodos Matemáticos II	Geometría III	Modelos Matemáticos I	Optativa
	Química General	Termodinámica	Topología I	Óptica	TFG
S E G U N D O	Cálculo II	Análisis Matemático II	Curvas y Superficies	Álgebra III	Electrónica Física
	Física General II	Ecuaciones Diferenciales I	Electromagnetismo	Modelos Matemáticos II	Optativa
	Geometría II	Mecánica y Ondas	Física Cuántica	Óptica	Optativa
	Métodos Numéricos I	Métodos Matemáticos III	Física Estadística	Topología II	Optativa
S E M E S T R E	Métodos Numéricos y Simulación	Probabilidad	Métodos Numéricos II	Optativa	Optativa
	Técnicas Experimentales Básicas	Termodinámica	Optativa	Optativa	TFG

PARTICIPACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS DE FÍSICA EN OTRAS TITULACIONES

Por último, podemos resaltar también la docencia de los departamentos de Física en otros estudios, algunos de los cuales ya se han mencionado en las notas históricas. Como muestra, mencionamos aquí las titulaciones de los planes de estudio actuales en las que imparten docencia y participan los departamentos de Física.

- **Grados:**
 - Ciencias Ambientales
 - Biología



- Bioquímica
- Biotecnología
- Ciencia y Tecnología de los Alimentos
- Edificación
- Estudios de Arquitectura
- Geología
- Historia y Ciencias de la Música
- Ingeniería Civil
- Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación
- Ingeniería Electrónica Industrial
- Ingeniería Informática (en Granada y en Ceuta)
- Ingeniería Química
- Matemáticas
- Óptica y Optometría
- Química

El R.D. 1393/2007, de 29 de octubre, estructura la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales que conducen a la obtención de títulos oficiales y válidos en todo el territorio nacional en tres ciclos: Grado, Máster Universitario y Doctorado. En particular, los departamentos de Física están implicados /o son responsables de los siguientes Másteres y Programas de Doctorado:

• **Másteres:**

- Máster en Profesorado de Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas
- Máster universitario en Ciencia y Tecnología en Patrimonio Arquitectónico
- Máster universitario en Electrónica Industrial
- Máster universitario en Estructuras
- Máster universitario en Física Nuclear
- Máster universitario en Física: Radiaciones, Nanotecnología, Partículas y Astrofísica
- Máster universitario en Física y Matemáticas (FisyMat)
- Máster universitario en Geología aplicada a los recursos minerales y energéticos (GEOREC)
- Máster universitario en Ingeniería Acústica
- Máster universitario en Ingeniería de Estructuras

- Máster universitario en Ingeniería de Telecomunicación
 - Máster universitario en Investigación Traslacional y Medicina Personalizada
 - Máster universitario de Geofísica y Meteorología (GEOMET)
 - Máster universitario en Optometría y Óptica visual
 - Máster universitario Erasmus Mundus en Ciencia y Tecnología del color / Color in Science and Industry
-
- **Programas de Doctorado:**
 - Física y Ciencias del Espacio
 - Física y Matemáticas
 - Ciencias de la Tierra
 - Tecnologías de la Información y la Comunicación



Anexos

50 AÑOS DE TESIS DOCTORALES

Estrella FLORIDO NAVÍO¹

Cuando decidimos hacer este libro, nos pareció interesante recopilar un listado de las tesis leídas en la UGR, dirigidas por profesorado de los departamentos de Física. Nos llevamos la sorpresa de estar celebrando no solo los 50 años de estudios de Física, sino también y de forma simultánea los 50 años de tesis de Física en la UGR. Sorpresa que no debería serlo, porque en nuestra Facultad docencia e investigación siempre han ido de la mano. Aquel grupo de profesores que comenzaron a impartir asignaturas especializadas, con encargos docentes atrevidos y numerosos, realizaban de forma simultánea una investigación que comenzaba su andadura internacional.

A continuación aparece un listado que, no siendo completo, nos hace vislumbrar la cantidad de temas que se ha abarcado. Son muchas las colaboraciones también entre departamentos e instituciones.

Enumeramos las primeras con la fecha exacta, ya que aparecen en el primer libro de actas. Curiosamente, en este libro no se hace mención a los directores de tesis. A partir del año 1977 aparecen ordenadas alfabéticamente.

En la figura 1 se puede ver la evolución del número de tesis presentadas, tanto por hombres como por mujeres. Si bien el promedio es de unas 10 tesis doctorales por año, notamos un claro incremento a partir de 1992-1994.

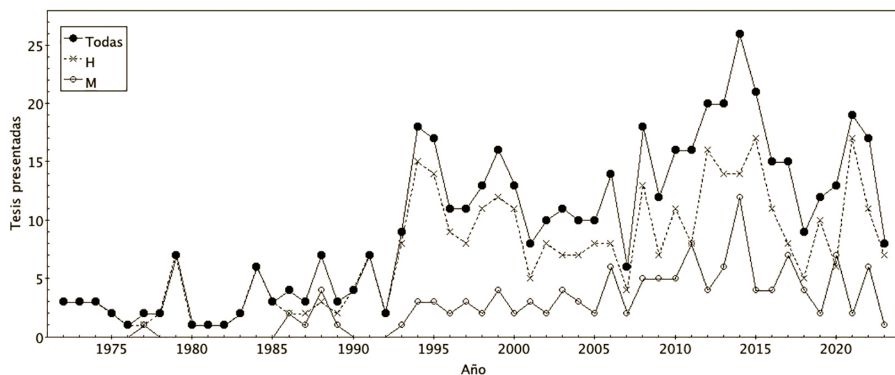


Figura 1. Evolución del número de tesis de física leídas en la UGR hasta julio de 2023. El número total, para cada año, está representado con círculos relleno. También aparecen por separado las presentadas por mujeres (círculos vacíos) y hombres (cruces) en estos años.

1. Este documento ha sido elaborado por la autora a partir de los datos recogidos por los miembros de la comisión en sus respectivos departamentos. Debido a la dificultad de esta recopilación, posiblemente no aparezcan todas las tesis presentadas. Pedimos disculpas por las posibles omisiones.

1. Eduardo Battaner López, Estudio sobre las emisiones del oxígeno atómico atmosférico, 21/04/1972, dirigida por Gerardo Pardo Sánchez.
2. Ramón Román Roldán, Espectrómetro multicanal por conversión en tiempo a doble pendiente, 27/06/1972, Gerardo Pardo Sánchez.
3. Eugenio Fernández Durán, Estudio de la resistividad eléctrica, densidad y porosidad de los productos obtenidos en el proceso de oxidación en frío del grafito ultrapuro, 30/09/1972, Juan de Dios López García, Gerardo Pardo Sánchez y Agustín Martín Rodríguez.
4. Alfonso Montarde García, Determinación mediante el arco eléctrico de coeficientes de transporte en el plasma, 4/10/1973.

UNIVERSIDAD DE GRANADA

ACTA DEL GRADO DE DOCTOR EN Ciencias (Sección Físicas)

Curso de 1971 a 1972 Folio 2 Número 67

Reunido en el día de la fecha el Tribunal nombrado para el Grado de Doctor de D. Ramón Roldán, el aspirante leyó un discurso sobre el siguiente tema, que libremente había elegido: Espectrometría ultravioleta por conversión en tiempo a doble pendiente

Terminada la lectura y contestadas las objeciones formuladas por los Jueces del Tribunal, éste le calificó de: Sobresaliente Cum Laude

Granada 22 de Junio de 1972

El Presidente.
José María Díaz

El Vocal.
Fernando Sáenz Pérez

El Vocal.
Germán Pardo Sánchez

Firma del Graduado
[Firma]

UNIVERSIDAD DE GRANADA

ACTA DEL GRADO DE DOCTOR EN Química Física

Curso de 19 73 a 19 74 Folio 3 Número 95

Reunido en el día de la fecha el Tribunal nombrado para el Grado de Doctor de D. Alfonso
Montreño García, el aspirante leyó un discurso sobre el siguiente
tema, que libremente había elegido: Determinación mediante el arco eléctrico
de coeficientes de transporte en el plasma

Terminada la lectura y contestadas las objeciones formuladas por los Jueces del Tribunal, éste le
calificó de sobresaliente "Cum laude".

Granada 4 de Octubre de 19 73

El Secretario del Tribunal,
B. García
D. José María García Alvarado

El Presidente,
J. Montreño García
D. Alfonso Montreño García

El Vocal,
D. Francisco Rodríguez

El Vocal,
D. Francisco José Viera

El Vocal,
D. Francisco José Viera

5. Eduardo Moreno Piquero, Generador periódico y sincrónico de funciones programables, 7/12/1973, Bernardo García Olmedo.
6. Rafael Gómez Martín, Dispositivo para almacenamiento en funciones de memoria y generación de función de función, 7/12/1973, Bernardo García Olmedo.
7. Fernando González Caballero, Estudio sobre los potenciales de flujo y sedimentación. Aplicación a las propiedades electrocinéticas del Cuarzo y la Fluorita de Sierra Alborán, 22/06/1974, Gerardo Pardo Sánchez.
8. José María Quintana González, Estudio de las emisiones del OI atmosférico en 6300 A y 5577 A sobre la estación de Sierra Nevada, 22/06/1974, Gerardo Pardo Sánchez.

UNIVERSIDAD DE GRANADA

ACTA DEL GRADO DE DOCTOR EN Ciencias Físicas

Curso de 19 72 a 19 74 Folio 3 Número 97

Reunido en el día de la fecha el Tribunal nombrado para el Grado de Doctor de D. Eduardo Moreno Piquero, el aspirante leyó un discurso sobre el siguiente tema, que libremente había elegido: Generador periódico y sincrónico de funciones programables.

Terminada la lectura y contestadas las objeciones formuladas por los Jueces del Tribunal, éste le calificó de: Sobresaliente "cum laude".

Granada 7 de Diciembre de 19 73

El PRESIDENTE. [Firma]
 El Vocal. [Firma]
 El Vocal. [Firma]
 El Vocal. [Firma]
 El Vocal. [Firma]
 El Vocal. [Firma]

UNIVERSIDAD DE GRANADA

ACTA DEL GRADO DE DOCTOR EN Ciencias Físicas

Curso de 19 72 a 19 74 Folio 3 Número 98

Reunido en el día de la fecha el Tribunal nombrado para el Grado de Doctor de D. Rafael Gómez Martín, el aspirante leyó un discurso sobre el siguiente tema, que libremente había elegido: Dispositivo para almacenamiento de función en memoria y generación de función de función.

Terminada la lectura y contestadas las objeciones formuladas por los Jueces del Tribunal, éste le calificó de: Sobresaliente "cum laude".

Granada 7 de Diciembre de 19 73

El PRESIDENTE. [Firma]
 El Vocal. [Firma]
 El Vocal. [Firma]
 El Vocal. [Firma]
 El Vocal. [Firma]
 El Vocal. [Firma]

En el día de la fecha se ha conferido a D.

UNIVERSIDAD DE GRANADA

ACTA DEL GRADO DE DOCTOR EN Ciencias Físicas

Curso de 19 73 a 19 74 Folio 3 Número 104

Reunido en el día de la fecha el Tribunal nombrado para el Grado de Doctor de D. Fernando González Caballero, el aspirante leyó un discurso sobre el siguiente tema, que libremente había elegido: Estudio sobre los potenciales de flujo y sedimentación. Aplicación a las propiedades electrocinéticas del Cuarzo y la Fluorita de Sierra Alborán.

Terminada la lectura y contestadas las objeciones formuladas por los Jueces del Tribunal, éste le calificó de: Sobresaliente "cum laude".

Granada 22 de junio de 19 74

El PRESIDENTE. [Firma]
 El Vocal. [Firma]
 El Vocal. [Firma]
 El Vocal. [Firma]
 El Vocal. [Firma]
 El Vocal. [Firma]

UNIVERSIDAD DE GRANADA

ACTA DEL GRADO DE DOCTOR EN Ciencias Físicas

Curso de 19 73 a 19 74 Folio 3 Número 103

Reunido en el día de la fecha el Tribunal nombrado para el Grado de Doctor de D. José María Quintana González, el aspirante leyó un discurso sobre el siguiente tema, que libremente había elegido: Estudio de las emisiones del OI atmosférico en 6300 Å y 5577 Å sobre la estación de Sierra Nevada.

Terminada la lectura y contestadas las objeciones formuladas por los Jueces del Tribunal, éste le calificó de: Sobresaliente "cum laude".

Granada 22 de junio de 19 74

El PRESIDENTE. [Firma]
 El Vocal. [Firma]
 El Vocal. [Firma]
 El Vocal. [Firma]
 El Vocal. [Firma]
 El Vocal. [Firma]



9. Esteban Feriche Reinoso, Homogeneidad en carácter de las ecuaciones físicas, 22/06/1974, Gerardo Pardo Sánchez.
10. Enrique Hita Villaverde, Influencia de las condiciones experimentales en los umbrales diferenciales de color, 23/06/1975, Gerardo Pardo Sánchez y Manuel Álvarez-Claro Irisarri.
11. Carlos F. González Fernández, La región ionosférica F2 y la emisión en 6300 Å OI 23/06/1975, Eduardo Battaner López y Gerardo Pardo Sánchez.
12. Alberto Prieto Espinosa, Concepción, diseño y realización de un microordenador para operar con señales analógicas, 14/05/1976, Bernardo García Olmedo.

UNIVERSIDAD DE GRANADA

ACTA DEL GRADO DE DOCTOR EN Ciencias Físicas

Curso de 1974 a 1975 Folio 3 Número 103

Reunido en el día de la fecha el Tribunal nombrado para el Grado de Doctor de D. ESTEBAN FERICHE REINOSO, el aspirante leyó un discurso sobre el siguiente tema, que libremente había elegido: HOMOGENEIDAD EN CARÁCTER DE LAS ECUACIONES FÍSICAS.

Terminada la lectura y contestadas las objeciones formuladas por los Jueces del Tribunal, éste le calificó de Sobresaliente Cum Laude.

Granada 22 de Junio de 1974

EL PRESIDENTE, Gerardo Pardo Sánchez
D. Juan de la Cruz Gualpala, El Vocal, D. Manuel Pardo Sánchez, El Vocal, D. Manuel Tello León, El Vocal, D. Eduardo Battaner López, El Vocal, D. Gerardo Pardo Sánchez, El Vocal, D. Bernardo García Olmedo, El Vocal.

UNIVERSIDAD DE GRANADA

ACTA DEL GRADO DE DOCTOR EN Ciencias (Físicas)

Curso de 1974 a 1975 Folio Número 138

Reunido en el día de la fecha el Tribunal nombrado para el Grado de Doctor de D. ENRIQUE HITA VILLARDE, el aspirante leyó un discurso sobre el siguiente tema, que libremente había elegido: Influencia de las condiciones experimentales en los umbrales diferenciales de color.

Terminada la lectura y contestadas las objeciones formuladas por los Jueces del Tribunal, éste le calificó de Sobresaliente Cum Laude.

Granada 23 de Junio de 1975

EL PRESIDENTE, Gerardo Pardo Sánchez
D. Juan de la Cruz Gualpala, El Vocal, D. Manuel Pardo Sánchez, El Vocal, D. Manuel Tello León, El Vocal, D. Eduardo Battaner López, El Vocal, D. Gerardo Pardo Sánchez, El Vocal, D. Bernardo García Olmedo, El Vocal.

UNIVERSIDAD DE GRANADA

ACTA DEL GRADO DE DOCTOR EN Ciencias (Físicas)

Curso de 1974 a 1975 Folio Número 139

Reunido en el día de la fecha el Tribunal nombrado para el Grado de Doctor de D. CARLOS F. GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, el aspirante leyó un discurso sobre el siguiente tema, que libremente había elegido: La región ionosférica F2 y la emisión en 6300 Å OI.

Terminada la lectura y contestadas las objeciones formuladas por los Jueces del Tribunal, éste le calificó de Sobresaliente Cum Laude.

Granada 23 de Junio de 1975

EL PRESIDENTE, Gerardo Pardo Sánchez
D. Juan de la Cruz Gualpala, El Vocal, D. Manuel Pardo Sánchez, El Vocal, D. Manuel Tello León, El Vocal, D. Eduardo Battaner López, El Vocal, D. Gerardo Pardo Sánchez, El Vocal, D. Bernardo García Olmedo, El Vocal.

UNIVERSIDAD DE GRANADA

ACTA DEL GRADO DE DOCTOR EN Física

Curso de 1975 a 1976 Folio 4 Número 170

Reunido en el día de la fecha el Tribunal nombrado para el Grado de Doctor de D. ALBERTO PRIETO ESPINOSA, el aspirante leyó un discurso sobre el siguiente tema, que libremente había elegido: CONCEPCIÓN, DISEÑO Y REALIZACIÓN DE UN MICROORDENADOR PARA OPERAR CON SEÑALES ANALÓGICAS.

Terminada la lectura y contestadas las objeciones formuladas por los Jueces del Tribunal, éste le calificó de Sobresaliente "Cum Laude".

Granada 14 de Mayo de 1976

EL PRESIDENTE, Gerardo Pardo Sánchez
D. Juan de la Cruz Gualpala, El Vocal, D. Manuel Pardo Sánchez, El Vocal, D. Manuel Tello León, El Vocal, D. Eduardo Battaner López, El Vocal, D. Gerardo Pardo Sánchez, El Vocal, D. Bernardo García Olmedo, El Vocal.

13. José Morales Bruque, Estudio sobre las propiedades de interfase del sistema fluorita-disolución acuosa y su aplicación a la flotación, 1977, Fernando González Caballero y Gerardo Pardo Sánchez.
14. María Luisa Sánchez Saavedra, Contribución al estudio de los parámetros de membranas semipermeables de acetato de celulosa para desalación de aguas por ósmosis inversa, 1977, Gerardo Pardo Sánchez y Antonio Echarri Sáenz de Santamaría.
15. Antonio José Rubio Ayuso, Transformador de Walsh para funciones de periodo variable, 1978, Ramón Román Roldán y Bernardo García Olmedo.
16. José Ramón Ramos Barrado, Determinación de las velocidades de desplazamiento de un arco eléctrico sometido a un campo magnético transversal, 1978, Gerardo Pardo Sánchez.
17. Antonio Molina Cuevas, Propiedades de las ondas atmosféricas de gravedad deducidas de la emisión en 557,7 nm, 1979, Eduardo Battaner López y Gerardo Pardo Sánchez.
18. Daniel Serrano Laborda, Homoqueratolastia penetrante experimental: patrones biomicroscópicos de reyección inmunológica y diferenciación de otras causas de fracaso precoz, 1979, José Jordano Pérez.
19. Enrique Jiménez Gómez, Discriminación cromática en igualaciones isómeras, 1979, Gerardo Pardo Sánchez y Enrique Hita Villaverde.
20. Javier Perales Palacios, Las pruebas pseudoisocromáticas en el estudio de las anomalías en la visión del color, 1979, Enrique Fernando Hita Villaverde.
21. José Juan López Moreno, Modelo para el estudio de las emisiones atmosféricas del O₂(1Dg) y del OH entre 60 y 120 km, 1979, Eduardo Battaner López.
22. Rafael Rodrigo Montero, Modelo no estacionario de la mesosfera y baja termosfera no estratificadas en alta latitud, 1979, Eduardo Battaner López.
23. Roque Hidalgo Álvarez, Aplicación de la termodinámica del no-equilibrio al estudio de los fenómenos electrocinéticos en sistemas de diferente conformación, 1979, Fernando González Caballero.
24. Artur Polls Martí, Teoría FHNC de materia nuclear: reglas de suma y conmutadores, 1980, Rafael Guardiola Bárcena.
25. Rafael Perea Carpio, Estudio de la adsorción de tensioactivos iónicos en las interfases fluorita-disolución y aire-disolución, 1981, Fernando González Caballero, Gerardo Pardo Sánchez y José Morales Bruque.
26. Manuel López Puertas, Emisiones del CO₂ en 4.26 y 15 μ m en las emisiones de los Planetas interiores, 1982, Eduardo Battaner López.
27. Enrique Buendía Ávila, Estudio de correlaciones de corto alcance en núcleos ligeros deformados, 1983, Rafael Guardiola Bárcena.
28. F. Javier de las Nieves López, Aplicación de la teoría general del flujo electrocinético a los procesos de transporte en membranas heterogéneas cambiadoras de iones. Determinación de coeficientes fenomenológicos, 1983, Roque Hidalgo Álvarez.
29. Ángel Delgado Mora, Estudio de las propiedades electroforéticas y de conductancia eléctrica de suspensiones de montmorillonita y poliestireno monodisperso, 1984, Gerardo Pardo Sánchez y Fernando González Caballero.
30. Antonio Miguel Lallena Rojo, Influencia de las corrientes mesónicas de intercambio en la difusión magnética de electrones por núcleos de capa cerrada, 1984, Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid.



31. Javier Romero Mora, Discriminación cromática por comparación sucesiva de estímulos, 1984, Enrique Fernando Hita Villaverde.
32. Luis Miguel Jiménez del Barco Jaldo Colorimetría diferencial en igualaciones metámeras, 1984, Enrique Fernando Hita Villaverde.
33. Manuel Espinosa Jiménez, Propiedades electrocinéticas de sustratos fibrosos. Aplicación a los procesos de tintado de fibras celulósicas, 1984, Fernando González Caballero.
34. Miguel Vega López, Estudio de procesos de colisión en 12C a través de una descripción deformada y correlacionada, 1984, Rafael Guardiola Bárcena.
35. Cristóbal Perán, Acreción estacionaria radial-simétrica en agujeros negros de Kerr. Caso de gas opaco, 1985 Eduardo Battaner López.
36. Francisco Javier Gálvez Cifuentes, Estudio de propiedades medias o globales de sistemas atómicos y nucleares, 1985, Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid.
37. Juan Antonio Morente Chiquero, Estudio de la radiación y dispersión de pulsos electromagnéticos (EMP) en el dominio del tiempo, 1985, Rafael Gómez Martín.
38. Agustín Cervantes Madrid, Adaptación cromática en comparaciones sucesivas de color, 1986, Enrique Fernando Hita Villaverde.
39. María Cruz Boscá Díaz Pintado, Descripción de núcleos ligeros mediante una base de funciones correlacionadas, 1986, Rafael Guardiola Bárcena.
40. María del Carmen Carrión Pérez, Análisis espectral por modelación paramétrica de señales electrónicas dispersadas por blancos radar, 1986, Rafael Gómez Martín.
41. Miguel A. Cabrerizo Vílchez, Propiedades electrocinéticas y de adsorción de tensioactivos iónicos sobre celestina (So_4Sr) y su aplicación a la flotación, 1986, Fernando González Caballero y José Morales Bruque.
42. José Horno Montijano, Modelos de procesos de transporte en membranas artificiales mediante termodinámica de redes: simulación, 1987, Fernando González Caballero y Carlos F. González Fernández.
43. Lucas Alados Arboledas, Radiación Térmica Atmosférica. Un estudio de sus características y de su estimación mediante modelos, 1987, Juan Ignacio Jiménez Jiménez.
44. Visitación Gallardo Lara, Estudio sobre las propiedades electroforéticas y de estabilidad en suspensiones de nitrofurantoína, 1987, Ángel V. Delgado Mora y Gerardo Pardo Sánchez.
45. Amelia Rubio Bretones, Dotig1 un programa para el estudio en el dominio del tiempo de la interacción de ondas electromagnéticas con estructuras de hilo, 1988, Rafael Gómez Martín.
46. Juan Salcedo Salcedo, Fenómenos eléctricos en la interfase sólido/líquido. Aplicación al sistema colesterol/disolución acuosa de componentes biliares, 1988, Ángel V. Delgado Mora, Fernando González Caballero y Gerardo Pardo Sánchez.
47. María Dolores Romacho Romero, Mecánica de las fuentes sísmicas: estudio espectral de fases corticales de terremotos norte-africanos, 1988, Fernando de Miguel Martínez y Fernando González Caballero.
48. María José Gálvez Ruiz, Termodinámica de los cambios de fase en monocapas simples y mixtas de colesterol- $\text{L}\alpha$ -fosfatidilcolina-ácidos biliares, 1988, José Morales Bruque.
49. Gonzalo Olivares Ruiz, Automatización de una Central de Registro de Microterremotos para Redes Sísmicas Locales, 1988, Gerardo Alguacil y Alberto Prieto Espinosa.



50. Pedro Luis Garrido Galera, Cambios de fase en sistemas reticulares fuera del equilibrio en régimen estacionario, 1988, Joaquín Marro Borau.
51. Yolanda Castro Díez, Determinación y Estudio de las Características de la Radiación Solar: una Contribución a su Predicción Climatológica mediante Modelos, 1988, Juan Ignacio Jiménez Jiménez.
52. Estrella Florido Navío, Influencia de los campos magnéticos en la morfología de las galaxias espirales, 1989, Eduardo Battaner López.
53. Francisco Jose Pelayo Valle, Contribución al Diseño de Circuitos Integrados Multiumbrales y Multivaluados, 1989, Alberto Prieto Espinosa y Antonio Lloris Ruiz.
54. Manuel Melgosa Latorre, Estudio comparativo de datos colorimétricos con observaciones en modo de apertura y objeto, 1989, Enrique Fernando Hita Villaverde y Francisco Javier Romero Mora.
55. Antonio Manuel Rubiño López, Nuevo instrumento para la evaluación de ambientes luminosos, 1990, Antonio De La Cruz Castillo.
56. Francisco Javier Bermúdez Rodríguez, Estudio clínico y patológico de 79 casos de queratocono: aportaciones a su patogénesis, 1990, Francisco Nogales Fernández.
57. Juan Antonio López Villanueva, Análisis de la degradación del sistema Si-SiO₂ producida por inyección Fowler-Nordheim, 1990, Juan Enrique Carceller Beltrán.
58. Julio Ortega Lopera, Test de Circuitos Digitales Mediante Técnicas Espectrales Basadas en una nueva transformación, 1990, Alberto Prieto Espinosa y Antonio Lloris Ruiz.
59. Alfonso Salinas Extremera, Nuevas aportaciones a la interacción de ondas electromagnéticas transitorias con estructuras conductoras, 1991, Amelia Rubio Bretones y Rafael Gómez Martín.
60. Francisco J. Olmo Reyes, Análisis y Modelización de la Distribución Angular de la Radiancia del Cielo y de la Irradiancia Global, 1991, Juan Ignacio Jiménez Jiménez.
61. Francisco J. Rubio Hernández, Comportamiento electrocinético y estabilidad coloidal de dispersiones de poliestireno en mezclas alcohol agua, 1991, Roque Hidalgo Álvarez y José Callejas Fernández.
62. José Antonio García García, Determinación experimental de diferencias de color: normalización colorimétrica y modelos de visión, 1991, Enrique Fernando Hita Villaverde y Francisco Javier Romero Mora.
63. José Callejas Fernández, Propiedades de interfases de microcristales de oxalato cálcico mono- y dihidrato en medios inhibidores y/o promotores de la agregación, 1991, Roque Hidalgo Álvarez y F. Javier de las Nieves López.
64. José Carlos Segura Luna, Modelos de Markov con Cuantización Dependiente para Reconocimiento de Voz, 1991, Antonio J. Rubio Ayuso.
65. Juan Antonio Jiménez Tejada, Influencia de las concentraciones de centros profundos en las propiedades eléctricas de uniones P-N no abruptas. Aplicación al sistema Si:Pt, 1991, Juan Enrique Carceller Beltrán.
66. Francisco Galisteo González, Adsorción de proteínas sobre modelos coloidales, 1992, Roque Hidalgo Álvarez.
67. Pablo Martínez Cobo, Estudio temporal de los canales cromáticos oponentes con dispositivos TRC-Color, 1992, Luis Miguel Jiménez del Barco Jaldo.



68. Antonio Martín Rodríguez, Síntesis, Caracterización y Aplicaciones de Coloides Poliméricos Funcionalizados, 1993, Roque Hidalgo Álvarez y F. Javier de las Nieves López.
69. Fernando Arias de Saavedra Alías, Aproximación variacional del estado fundamental del líquido ^3He con polarización arbitraria, 1993, Enrique Buendía Ávila.
70. Jorge Andrés Portí Durán, Contribución al estudio del nudo simétrico condensado en el método numérico TLM, 1993, Juan Antonio Morente Chiquero y M^a. Carmen Carrión Pérez.
71. José Enrique Amaro Soriano, Efecto de los grados subnucleares de libertad en la respuesta cuasielástica nuclear, 1993, Antonio Miguel Lallena Rojo.
72. José Ignacio Porras Sánchez, Relaciones entre propiedades globales de sistemas fermiónicos. Aplicaciones a átomos y núcleos, 1993, Francisco Javier Gálvez Cifuentes.
73. José Luis Garrido Pestaña, Sobre el campo magnético en la periferia de discos galácticos, 1993, Eduardo Battaner López.
74. Juan Carlos Angulo Ibáñez, Propiedades estructurales de los sistemas atómicos y monotonía de las densidades de carga, de momento y de pares electrónicos, 1993, Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid.
75. Margarita Bolívar de las Heras, Estudio de las interacciones interfaciales en suspensiones de nitrofurantoína en presencia de aminoácidos. Aplicación a sus propiedades de estabilidad, 1993, Ángel V. Delgado Mora y Visitación Gallardo Lara.
76. Mohamed Larbi Kerkeb, Interacciones interfaciales en sistemas de baja energía superficial. Aplicación a sistemas biliares modelo, 1993, Fernando González Caballero.
77. Antonio Miguel Peinado Herreros, Selección y estimación de parámetros en sistemas de reconocimiento de voz basados en modelos ocultos de Markov, 1994, José Carlos Segura Luna y Antonio José Rubio Ayuso.
78. Carlos Garcia Puntonet, Nuevos Algoritmos para Separación de Fuentes, 1994, Julio Ortega Lopera y Alberto Prieto Espinosa.
79. Eloisa Jiménez Martín, El color y su expresión gráfica: estudio de la mezcla de pinturas acrílicas de forma cubriente y homogénea, 1994, Francisco Javier Romero Mora.
80. Fernando Sánchez Rodrigo, Cambio Climático Natural. La Pequeña Edad de Hielo en Andalucía. Reconstrucción del Clima Histórico a Partir de Fuentes Documentales, 1994, Yolanda Castro Díez.
81. Francisco Gómez Mula, Spiral: un sistema de telecontrol distribuido, 1994, Gonzalo Olivares Ruiz y Alberto Prieto Espinosa.
82. Francisco Jesús Gámiz Pérez, Estudio de las propiedades de transporte de electrones en láminas de inversión semiconductoras por el método de Monte Carlo, 1994, Juan Antonio López Villanueva.
83. Ignacio Sánchez García, Dotig3: programa para el estudio de la interacción de ondas electromagnéticas con estructuras conductoras modeladas por hilos, 1994, Amelia Rubio Bretones y Alfonso Salinas Extremera.
84. Jesús Banqueri Ozáez, Estudio Experimental de la Movilidad de los Electrones en Transistores Metal-Oxido-Semiconductor, 1994, Juan Antonio López Villanueva.

85. Jesús Fornieles Callejón, Resolución de las ecuaciones integrales MFIE y EFIE en el dominio del tiempo para superficies conductoras modeladas por parches planos, 1994, Alfonso Salinas Extremera y Rafael Gómez Martín.
86. José Ramón Jiménez Cuesta, Estudio experimental de la influencia del color en los fenómenos de estereopsis con estereogramas de diferentes configuraciones espaciales, 1994, Luis Miguel Jiménez del Barco Jaldo y Antonio Manuel Rubiño López.
87. Josefa Velasco Cabrera, Estudio de la fisiología, patología y microbiología de las estructuras oculares anteriores en portadores de lentes de contacto, 1994, Luis Miguel Jiménez del Barco Jaldo y Francisco Javier Bermúdez Rodríguez.
88. Juan de Dios García López-Durán, Síntesis y caracterización de partículas coloidales esféricas de sulfuro de zinc, 1994, Ángel V. Delgado Mora y Fernando González Caballero.
89. Juan Julián Merelo Guervós, Estudio, Aplicaciones y Optimización de Algoritmos Neuronales de Cuantización, 1994, Julio Ortega Lopera y Alberto Prieto Espinosa.
90. María del Mar Pérez Gómez, Determinación experimental de umbrales de discriminación cromática bajo distintos modos de presentación. Adecuación a recientes fórmulas de diferencia de color, 1994, Enrique Fernando Hita Villaverde y Manuel Melgosa Latorre.
91. Miguel Ángel Muñoz Martínez, Ecuaciones de Fokker-Planck y teoría de campos fuera de equilibrio, 1994, Pedro Luis Garrido Galera.
92. Mohsine Khalladi, El método numérico TLM en problemas de radiación y scattering, 1994, Juan Antonio Morente Chiquero y Jorge Portí Durán.
93. Pedro Vera Sánchez, Estudio de propiedades electrocinéticas y de adsorción del latex Aquacoat: efecto de electrolitos inorgánicos, aminoácidos y fármacos, 1994, Ángel V. Delgado Mora y Juan Salcedo Salcedo.
94. Salvador González García, Contribuciones al método de las diferencias finitas para la resolución de las ecuaciones de Maxwell en el dominio del tiempo, 1994, Bernardo García Olmedo y Rafael Gómez Martín.
95. Alberto José Palma López, Análisis experimental y modelización por el método de Monte Carlo de la captura térmica de electrones por imperfecciones en semiconductores, 1995, Juan Antonio Jiménez Tejada.
96. Alejandro Zarzo Altarejos, Ecuaciones diferenciales de tipo hipergeométrico. Propiedades algebraicas y espectrales de sus soluciones. Aplicaciones mecano-cuánticas, 1995, Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid.
97. Antonio García Beltrán, Modelos de reflexión: bases lineales de representación de reflectancias en el análisis de color, 1995, Francisco Javier Romero Mora.
98. Arturo Quirantes Sierra, Estudio de la Dispersión de Luz en Suspensiones Coloidales. Aplicación a la Determinación de Tamaño de Partículas Esféricas y Elipsoidales, 1995, Ángel Delgado Mora.
99. Francisco J. Batllés Garrido, Caracterización y Modelización de la Irradiancia Solar Difusa, 1995, Lucas Alados Arboledas.
100. Francisco J. Batllés Garrido, Caracterización y Modelización de la Irradiancia Solar Difusa, 1995, Lucas Alados Arboledas.
101. Iris Miraballes Martínez, Desarrollo y utilización de inmunorreactivos de aglutinación de látex en turbidimetría, 1995, Roque Hidalgo Álvarez y F. Javier de las Nieves López.
102. Jesús Esteban Díaz Verdejo, Reconocimiento de voz continua mediante una aproximación híbrida basada en SLHMM, 1995, José Carlos Segura Luna y Antonio José Rubio Ayuso.



103. José Ignacio Illana Calero, Estudio de las propiedades electromagnéticas del bosón W y el leptón tau en procesos de dos fotones, 1995, Fernando Cornet.
104. José Luis Olivares Jiménez, Aproximación a un modelo de refracción ocular según medidas de parámetros biométricos directos y calculados, 1995, Francisco Javier Romero Mora y Daniel Serrano Laborda.
105. José Manuel Peula García, Mecanismos de estabilidad en fluidos coloidales sensibilizados, 1995, Roque Hidalgo Álvarez y F. Javier de las Nieves López.
106. Juan Antonio Martínez Ferrer, Estudio de la influencia de las funciones de mezcla sobre la determinación de diferencias de color, 1995, Manuel Melgosa Latorre y Enrique Fernando Hita Villaverde.
107. Juan José Durbán Fornieles, Estudio microbiológico de las soluciones para lentes de contacto, 1995, Alberto Ramos Cormenzana.
108. Juan Luis Ortega Vinuesa, Estabilidad coloidal de interfases estructuradas: Aplicación a inmunosensores, 1995, Roque Hidalgo Álvarez y María José Gálvez Ruiz.
109. Juan Manuel López Soler, Aproximación Experimental al Mejor Compromiso R-D para la Codificación de la Voz a Muy Bajo Bit-Rate, 1995, Antonio J. Rubio Ayuso.
110. María Jesús Esteban Parra, Contribución al Estudio de la Evolución del Clima de España en el Periodo Instrumental, 1995, Yolanda Castro Díez.
111. Victoria Eugenia Sánchez Calle, Codificación con bajo retardo de la señal de voz en banda ancha, 1995, Antonio J. Rubio Ayuso.
112. Andrew S. Kowalski, Occult Cloudwater Deposition to a Forest in Complex Terrain: Measurement and Interpretation, 1996, Richard Vong.
113. Francisco de Asís Pérez Ocón, Discriminación cromática: funciones de mezcla, 1996, Enrique Fernando Hita Villaverde y Luis M. Jiménez Del Barco Jaldo.
114. Ignacio Rojas Ruiz, Desarrollo e Implementación Electrónica de Sistemas Difusos, 1996, Julio Ortega Lopera y Francisco J. Pelayo Valle.
115. Inmaculada Foyo Moreno, Caracterización y Modelización de la Distribución Angular de la Radiancia del Cielo en Presencia de Nubes, 1996, Lucas Alados Arboledas.
116. Jerónimo Vida Manzano, Contribución al Estudio de la Radiación Difusa del Cielo sobre Superficies con Cualquier Orientación e Inclinación, 1996, Lucas Alados Arboledas.
117. Joaquín Tovar Pescador, Variabilidad Espacio-Temporal de la Radiación Solar, 1996, Lucas Alados Arboledas y Francisco J. Olmo Reyes.
118. José Caro Ramón, Desarrollos semiclásicos en física nuclear relativista, 1996, Enrique Ruiz Arriola y Lorenzo Luis Salcedo Moreno.
119. Juan Luis Nieves Gómez, Evaluación experimental de la constancia del color bajo fondos adaptantes complejos, 1996, Francisco Javier Romero Mora.
120. Mancia Anguita López, Implementación de Arquitecturas VLSI para Redes Neuronales Celular, 1996, Francisco J. Pelayo Valle y Alberto Prieto Espinosa.
121. Pedro García Teodoro, Reconocimiento de voz mediante técnicas MVQHMM, 1996, José Carlos Segura Luna y Antonio José Rubio Ayuso.
122. Rafael José Yáñez García, Entropía de información, polinomios ortogonales y sistemas multielectrónicos, 1996, Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid.
123. Ana María Yebra Rodríguez, Evaluación de umbrales de discriminación en mecanismos de visión del color, 1997, José Antonio García García y Francisco Javier Romero Mora.



124. Crisanto Porcel, Estudio del alabeo de la Vía Láctea en el infrarrojo cercano, 1997, Eduardo Battaner López.
125. Eduardo Ros Vidal, Implementación VISI de Estructuras Neuronales Inspiradas en la Biología, 1997, Francisco J. Pelayo Valle y Alberto Prieto Espinosa.
126. Fernando Ontiveros Ortega, Adhesión de partículas coloidales sobre superficies sólidas de interés tecnológico. Aspectos cinéticos y predicciones termodinámicas, 1997, Fernando González Caballero y Juan de Dios García López-Durán.
127. Ignacio Melchor Ferrer, Estudio de sistemas electrónicos en potenciales unidimensionales. Aplicación a la estructura Metal-Aislante-Semiconductor, 1997, Juan Antonio López Villanueva y Juan Enrique Carceller Beltrán.
128. Inmaculada Alados Arboledas, Estudio de la Modelización de la Radiación Fotosintéticamente Activa, 1997, Lucas Alados Arboledas.
129. Juan Bautista Roldán Aranda, Simulación mediante el método de Monte Carlo y modelado del transporte electrónico en transistores MOS de canal corto, 1997, Francisco Jesús Gámiz Pérez y Juan Antonio López Villanueva.
130. Luis Parrilla Roure, Un nuevo procedimiento para la minimización AND-EXOR y su paralelización en sistemas de memoria distribuida, 1997, Julio Ortega Lopera y Antonio Lloris Ruiz.
131. M. del Carmen Guindo Olalla, Síntesis y caracterización superficial de partículas coloidales de sulfuros de cadmio y zinc/cadmio, 1997, Juan de Dios García López-Durán y Fernando González Caballero.
132. Manuel Pérez García, Medida, Caracterización y Modelización de Irradiancia Térmica Atmosférica, 1997, Lucas Alados Arboledas.
133. Pedro Jesús Martín Smith, Un Nuevo Modelo de Red Neuronal con Aprendizaje Competitivo, 1997, Francisco J. Pelayo Valle y Alberto Prieto Espinosa.
134. Adrián Velázquez Campoy, Microcalorímetro isotérmico de valoración de alta sensibilidad. Aplicación al estudio de la adsorción de proteínas sobre coloides poliméricos, 1998, Miguel Cabrerizo Vílchez y Obdulio López Mayorga.
135. Andrés Godoy Medina, Estudio del ruido de baja frecuencia en transistores de efecto campo, 1998, Alberto José Palma López y Juan Antonio Jiménez Tejada.
136. Antonio Sarsa Rubio, Correlaciones en átomos: propiedades medias, 1998, Enrique Buendía Ávila y Francisco Javier Gálvez Cifuentes.
137. Cristóbal Carnero Ruiz, Caracterización fotofísica de las propiedades microambientales y de agregación de coloides de asociación, 1998, Roque Hidalgo Álvarez.
138. Elvira Romera Gutiérrez, Estudio de las densidades electrónicas de carga, de momento y de pares en sistemas atómicos, 1998, Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid.
139. Francisco J. Arroyo Roldán, Propiedades dieléctricas de suspensiones coloidales. Datos experimentales y predicciones teóricas, 1998, Ángel V. Delgado Mora.
140. Isidro Villó Pérez, Aportaciones al método FDTD para la solución numérica de las ecuaciones de Maxwell, 1998, Bernardo García Olmedo y Salvador González García.
141. Jorge Jiménez Vicente, Algunos aspectos de la morfología y cinemática de galaxias espirales, 1998, Eduardo Battaner López.
142. José Juan López García, Estudio de fenómenos electrocinéticos en suspensiones coloidales mediante el método de redes, 1998, Ángel V. Delgado Mora y José Horno Montijano.

143. Manuel Pérez-Victoria Moreno de Barreda, Renormalización diferencial de teorías simétricas, 1998, Francisco del Águila Giménez.
144. María del Carmen Benítez Ortúzar, Reconocimiento de palabras clave en sistemas independientes de la tarea, 1998, Antonio J. Rubio Ayuso.
145. Omar El Gholabzouri, Estudio de la composición del medio líquido sobre las propiedades electrocinéticas de los sistemas coloidales modelo, 1998, Roque Hidalgo Álvarez y Miguel Á. Cabrerizo Vélchez.
146. Ricardo Ángel Paredes Díaz, Diseño de un ATPG para circuitos secuenciales asíncronos mediante un método algebraico, 1998, Antonio Lloris Ruiz.
147. Ahmed El Moraghi, Estudio de umbrales de discriminación de color obtenidos mediante un monitor CRT, 1999, María Del Mar Pérez Gómez y Manuel Melgosa Latorre.
148. Ángel de la Torre Vega, Técnicas de Mejora de la Representación en los Sistemas de Reconocimiento Automático de Voz, 1999, Antonio M. Peinado Herreros y Antonio J. Rubio Ayuso.
149. Asma Cheddadi, Caracterización sísmica del subsuelo de la ciudad de Granada mediante análisis espectral del ruido de fondo sísmico y la exploración de ondas de cizalla horizontales, 1999, Francisco de Asís Vidal Sánchez.
150. Antonio García Ríos, Procesamiento digital de señales de altas prestaciones utilizando el sistema numérico de residuos, 1999, Antonio Lloris Ruiz.
151. Beatriz Benjumea Morano, Prospección sísmica de alta resolución: aplicaciones a estudios geológicos superficiales y yacimientos arqueológicos, 1999, José Antonio Peña Ruano y Antonio Miguel Posadas Chinchilla.
152. David Megías Alguacil, Propiedades reológicas de suspensiones coloidales. Influencia de la doble capa eléctrica, 1999, Ángel V. Delgado Mora y Fernando González Caballero.
153. Francisco Javier Almendros González, Análisis de señales sismo-volcánicas mediante técnicas de array, 1999, Ángel Gerardo Alguacil de la Blanca y Jesús Miguel Ibáñez Godoy.
154. Inmaculada Serrano Bermejo, Distribución espacial de la sismicidad en las Cordilleras Béticas-Mar de Alborán, 1999, José Morales Soto y Francisco de Asís Vidal Sánchez.
155. José Antonio Díaz Navas, Estudio de los efectos de la integración espacio-temporal en los fenómenos de detección cromática en visión central y periférica, 1999, Luis Miguel Jiménez del Barco Jaldo.
156. José Antonio Molina Bolívar, Mecanismos de estabilidad coloidal. Teoría y aplicación a inmunoensayos, 1999, Francisco Galisteo González y Roque Hidalgo Álvarez.
157. José Sánchez González, Investigación del comportamiento interfacial de lípidos y proteínas. Formación y caracterización de películas monomoleculares, 1999, María José Gálvez Ruiz y Miguel Cabrerizo Vélchez.
158. Manuel Quesada Pérez, Estructuras en líquidos coloidales: interacción entre partículas y carga efectiva, 1999, Roque Hidalgo Álvarez y José Callejas Fernández.
159. Mohamed Azimane, Test de las memorias de acceso-aleatorio RAM, 1999, Antonio Lloris Ruiz.
160. Ramón López-Cózar Delgado, Análisis, diseño, implementación y evaluación de sistemas automáticos de diálogo. Desarrollo de un sistema experimental, 1999, Antonio J. Rubio Ayuso.
161. Rosario C. Plaza Aguilera, Síntesis y caracterización de partículas coloidales mixtas hematita/óxido de itrio, 1999, Ángel V. Delgado Mora.



162. Salvador Rodríguez Bolívar, Estudio de las propiedades eléctricas de un gas bidimensional de huecos en estructuras de Si y SiGe, 1999, Juan Enrique Carceller Beltrán.
163. Antonio David Pozo Vázquez, Causas Físicas de la Variabilidad Espacio-Temporal del Clima de la Península Ibérica en Escalas interanual a decadal: Nao y enso, 2000, Yolanda Castro Díez.
164. Artur Schmitt, Escalado temporal en procesos de agregación de biocoloides, 2000, Roque Hidalgo Álvarez, Miguel Á. Cabrerizo Vílchez y Antonio Fernández Barbero.
165. Eva María Valero Benito, Mecanismos de visión del color en tareas de detección espacial: CSF cromática y aplicaciones, 2000, José Antonio García García y Juan Luis Nieves Gómez.
166. Francisco Martínez López, Estructura fractal de los agregados coloidales en 2-D, 2000, Roque Hidalgo Álvarez y Miguel Á. Cabrerizo Vílchez.
167. Gerardo Odriozola, Agregación reversible de sistemas coloidales en medios binarios, 2000, Artur Schmitt, José Callejas Fernández y Rafael Martínez García.
168. Javier Hernández-Andrés, Características espectrales y colorimétricas de la luz-día y luz-cielo en Granada, 2000, Francisco Javier Romero Mora.
169. José Luis Pérez Córdoba, Estudio sobre la codificación conjunta canal-Fuente en canales continuos, 2000, Antonio J. Rubio Ayuso.
170. José Manuel Delgado Calvo-Flores, Desarrollo de un inmunoensayo óptico de aglutinación coloidal. Estudio cinético y morfológico, 2000, José Callejas Fernández, Josep Puig i Oriol y Manuel Toledano Pérez.
171. M. Carmen Sánchez Oliveros, Estimación de las Propiedades Ópticas de los Aerosoles a Partir de Medidas de Radiancia Espectral del Cielo, 2000, Lucas Alados Arboledas y Francisco J. Olmo Reyes.
172. Mustapha Zarrouk, Caracterización de superficies poliméricas mediante la técnica de ángulo de contacto. Aplicación al látex de poliestireno como sistema modelo, 2000, Miguel Cabrerizo Vílchez, María José Gálvez Ruiz y Manuel Toledano Pérez.
173. Pedro Cartujo Cassinello, Simulación y modelado de transistores MOS de doble puerta, 2000, Francisco Jesús Gámiz Pérez y Juan Antonio López Villanueva.
174. Pedro García Fernández, Arquitecturas eficientes para la transformada discreta coseno utilizando el sistema numérico de residuos, 2000, Luis Parrilla Roure y Antonio Lloris Ruiz.
175. Raimundo Jiménez Rodríguez, Evolución del estado refractivo según edad y factores ambientales en una población escolar, 2000, Daniel Serrano Laborda.
176. Arturo Moncho Jordá, Estudio Cinético, Topológico y Estructural de la Agregación Coloidal en 2D, 2001, Roque Hidalgo Álvarez y Francisco Martínez López.
177. David Blanco Navarro, Métodos paramétricos de estimación triespectral: aplicaciones a la técnica e-pulso de identificación de blancos de radar, 2001, M^a. Carmen Carrión Pérez y Diego Pablo Ruiz Padillo.
178. Javier Ramírez Pérez de Inestrosa, Nuevas estructuras rns para la síntesis VLSI de sistemas de procesamiento digital de señales, 2001, Antonio García Ríos y Antonio Lloris Ruiz.
179. Luis Borque de Larrea, Inmunoanálisis de partículas basado en la tecnología avidina-biotina. Aplicación a la medida de ferritina en suero, 2001, Francisco Galisteo González, Fernando Escanero Marcén y Artur Schmitt.



180. María del Mar Ramos Tejada, Propiedades electrocinéticas y reológicas de suspensiones coloidales de arcillas. Efecto de la adsorción de sustancias húmicas, 2001, Fernando González Caballero y Juan de Dios García López-Durán.
181. María Tirado Miranda, Agregación de sistemas coloidales modificados superficialmente, 2001, José Callejas Fernández, Artur Schmitt y Antonio Fernández Barbero.
182. Mario Fernández Pantoja, Programa Dotig5 para el análisis, en el dominio del tiempo, de estructuras conductoras formadas por superficies continuas e hilos delgados, 2001, Jesús Fornieles Callejón y Amelia Rubio Bretones.
183. Rosario González Pérez, Espectroscopía atómica en campos eléctricos y magnéticos intensos, 2001, Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid y Wolfgang Schweizer.
184. Francisco Jiménez Molinos, Simulación de MOSFETS: Corriente túnel de puerta, dispersión culombiana y autocalentamiento, 2002, Alberto José Palma López y Francisco Jesús Gámiz Pérez.
185. Hartmut Alexander Wege, Interacciones físicas en interfases de interés biológico. Estudio termodinámico y cinético, 2002, Miguel Cabrerizo Vílchez y María José Gálvez Ruiz.
186. Hassan Lyamani, Estudio de las Propiedades de los Aerosoles Atmosféricos en Armilla (Granada), 2002, Lucas Alados Arboledas y Francisco J. Olmo Reyes.
187. José Manuel Medina Ruiz, Estudio de las propiedades y modelos del tiempo de reacción binocular simple con relación al color, 2002, José Ramón Jiménez Cuesta y Luis Miguel Jiménez Del Barco Jaldo.
188. José Santiago Pérez, Mezcla de fermiones en modelos con dimensiones extra, 2002, Francisco del Águila Giménez.
189. Juan de Vicente Álvarez-Manzaneda, Estudio sobre las propiedades reológicas y la estabilidad de fluidos magnetorreológicos, 2002, Georges Bossis, Juan de Dios García López-Durán y Fernando González Caballero.
190. María del Mar Lázaro Suárez, Incidencia de las anomalías visuales en niños de edad escolar, 2002, José Antonio García García y Enrique Fernando Hita Villaverde.
191. Miguel Ángel Fernández Valverde, Caracterización Interfacial de la Adhesión de Emulsiones de Interés Tecnológico, 2002, Miguel Cabrerizo Vílchez, Roque Hidalgo Álvarez y Antonio Páez Dueñas.
192. Pedro López Artés, Potenciales logarítmicos y entropías de información de polinomios ortogonales, 2002, Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid y Andrei Martínez Finkelshtein.
193. Rosario González Añera, Asfericidad corneal y calidad de imagen retiniana en cirugía refractiva, 2002, Luis Miguel Jiménez del Barco Jaldo y José Ramón Jiménez Cuesta.
194. Alberto Martín Molina, Estabilidad coloidal en sistemas coloidales modelo, 2003, Francisco Galisteo González, Manuel Quesada Pérez y Roque Hidalgo Álvarez.
195. Ana Belén Jódar Reyes, Aplicación de la termodinámica estadística a la adsorción de copolímeros en la interfase sólido/líquido. Comparación con resultados experimentales, 2003, Antonio Martín Rodríguez y Juan Luis Ortega Vinuesa.
196. Daniel Stich, Inversión del tensor momento sísmico para terremotos de la región ibero-magrebí, 2003, José Morales.
197. Diego H. Milone, Información acentual para el reconocimiento automático del habla, 2003, Antonio J. Rubio Ayuso.

198. Enrique Alameda Hernández, Algoritmos adaptativos con estadística de alto orden: Identificación ciega de canales, 2003, M^a. Carmen Carrión Pérez y Diego Pablo Ruiz Padillo.
199. Feras Mohamed Oqlad Al-Dweri, Estudio Monte Carlo de la dosimetría del Gamma Knife, 2003, Antonio Miguel Lallena Rojo.
200. José Luis Arias Mediano, Evaluación de nanopartículas de poli(etil-2-cianoacrilato) con núcleo magnético como sistema de liberación controlada del antineoplásico 5-fluorouracilo, 2003, Ángel V. Delgado Mora y Visitación Gallardo Lara.
201. María Luisa Jiménez Olivares, Propiedades dieléctricas de suspensiones coloidales. Efecto de la geometría de la partícula, 2003, Ángel V. Delgado Mora.
202. Rosa María García Monlleó, Caracterización, análisis topográfico y tratamiento óptico del queratocono, 2003, Francisco Javier Bermúdez Rodríguez, Daniel Serrano Laborda y Manuel Melgosa Latorre.
203. Salvador A. Gómez Lopera, Síntesis y caracterización de portadores magnéticos coloidales. Aplicaciones al diseño de sistemas de liberación de fármacos, 2003, Ángel V. Delgado Mora.
204. Sonia Raquel Gámiz Fortis, Variabilidad climática en la región del Atlántico norte: predictibilidad a partir de las temperaturas de la superficie del mar mediante el Análisis Singular Espectral, 2003, Yolanda Castro Díez y Antonio David Pozo Vázquez.
205. Antonio Javier Praena Rodríguez, Correlaciones dependientes del estado en aproximaciones modelo para núcleos ligeros y medios, 2004, Enrique Buendía Ávila y Francisco Javier Gálvez Cifuentes.
206. Eva Leticia Rojas Calderón, Dosimetría Monte Carlo en geometrías simples con interfases: aplicaciones en radioterapia, 2004, Antonio Miguel Lallena Rojo.
207. Juan Manuel Estévez Tapiador, Detección de intrusiones en redes basada en anomalías mediante técnicas de modelado de protocolos, 2004, Jesús Esteban Díaz Verdejo y Pedro García Teodoro.
208. Juan José Valle Delgado, Fuerzas estructurales en sistemas hidrófilos, 2004, Francisco Galisteo González, María José Gálvez Ruiz y José Antonio Molina Bolívar.
209. Matthias Staudt, Detección de cambios térmicos en la Península Ibérica con datos homogéneos regionales, 2004, Yolanda Castro Díez y María Jesús Esteban Parra.
210. Nadine Bououd, Étude de la couleur de l'huile d'olive de la zone méditerranéenne hispano-marrocaïne. Relation avec les paramètres de qualité, 2004, María del Mar Pérez Gómez, Addel Asselman y Ana María Yebra Rodríguez.
211. Rafael Godoy Rubio, Métodos de diferencias finitas incondicionalmente estables para la resolución de las ecuaciones de Maxwell en el dominio del tiempo, 2004, Mario Fernández Pantoja y Amelia Rubio Bretones.
212. Rafael Huertas Roa, Diferencias de color en muestras con textura simulada, 2004, Manuel Melgosa Latorre, María del Mar Pérez Gómez y Enrique Fernando Hita Villaverde.
213. Ramón Mújica Garai, Humectabilidad de superficies reales. Factores que influyen en la impermeabilización de tableros de aglomerado por emulsiones de parafina, 2004, Roque Hidalgo Álvarez, Ignacio Covián Sánchez y Miguel Á. Cabrerizo Vílchez.



214. África Castillo Morales, *Galaxies, clusters of galaxies and the magnetic field interchange*, 2004, Eduardo Battaner López y Sabine Schindler (Univ. Innsbruck).
215. Alberto Martínez de la Ossa, *Study Of Accelerator Neutrino Interactions in a Liquid Argon TPC*, 2005, Francisco del Águila Giménez y Antonio Bueno.
216. Antonio López Medina, *Influencia de la contaminación de electrones en la dosimetría de haces de fotones de uso clínico*, 2005, M^a. Carmen Carrión Pérez y Diego Pablo Ruiz Padillo.
217. Carmen Martínez Arévalo, *Estructura superficial de atenuación de ondas internas P y S. Aplicación a los volcanes isla Decepción (Antártida) y Etna (Italia)*, 2005, Jesús M. Ibáñez y Javier Almendros.
218. Catalina E. Haro Pérez, *Nanoestructuras tridimensionales formadas por liposomas: Propiedades Estáticas y dinámicas*, 2005, Roque Hidalgo Álvarez, Manuel Quesada Pérez y José Callejas Fernández.
219. Conrado Albertus Torres, *Estudio de propiedades estáticas y dinámicas de sistemas hadrónicos de tres cuerpos*, 2005, Juan Miguel Nieves Pamplona.
220. Francisco Javier García Ruíz, *Nuevos diseños de antenas pequeñas de hilo mediante algoritmos genéticos y geometría prefractal*, 2005, Amelia Rubio Bretones y Mario Fernández Pantoja.
221. J.A. Aguilar Mendoza, *Caracterización superficial y evaluación de la eficacia de los adhesivos autograbadores en dentina*, 2005, Miguel Cabrerizo Vélchez, Miguel Ángel Rodríguez Valverde y Juan de Vicente Álvarez-Manzaneda.
222. Manuel J. Espín Milla, *Propiedades reológicas y dieléctricas de fluidos electrorreológicos*, 2005, Ángel V. Delgado Mora y Juan de Dios García López-Durán.
223. Modesto T. López López, *Estudio de suspensiones magnetorreológicas en medios no-acuosos*, 2005, Fernando González Caballero, Juan de Dios García López-Durán y Juan de Vicente Álvarez-Manzaneda.
224. Pedro Manuel Gea Jódar, *Mojado en condiciones de no-equilibrio sobre superficies reales*, 2005, Miguel Cabrerizo Vélchez y Miguel Ángel Rodríguez Valverde.
225. Arafa Saleh, *Influencia de la fuente de fotoactivación, y del espesor sobre la variación del color y la translucidez de nuevos composites dentales*, 2006, María del Mar Pérez Gómez, Rosa María Pulgar Encinas y Adel Asselman.
226. Carlos Sampetro Matarín, *Estudio, caracterización y simulación de transistores con modulación de la velocidad en silicio*, 2006, Andrés Godoy Medina y Francisco Jesús Gámiz Pérez.
227. Eugenio Megías Fernández, *Efectos de temperatura finita y curvatura en QCD y modelos de quarks quirales*, 2006, Enrique Ruiz Arriola y Lorenzo Luis Salcedo Moreno.
228. Flor de Lis Macilla Pérez, *Leyes de escalado del movimiento sísmico del suelo en el Sur de España*, 2006, José Morales Soto.
229. Francisco Manuel Gómez Campos, *Implicaciones de la no parabolicidad y la anisotropía de la banda de valencia en el comportamiento de los huecos en semiconductores y estructura de semiconductores*, 2006, Salvador Rodríguez Bolívar y Juan Enrique Carceller Beltrán.
230. Giuseppe Maria Marco Mazzaglia, *Evaluación de la humectabilidad y de la rugosidad de superficies de titanio con diferentes tratamientos y su relación con la adhesión celular*, 2006, Juan Ignacio Rosales Leal y Miguel Cabrerizo Vélchez.

231. José Manuel López López, Electrostatic Heteroaggregation processes arising in two-component colloidal dispersions, 2006, Artur Schmitt, Arturo Moncho Jordá y Roque Hidalgo Álvarez.
232. Julia Maldonado Valderrama, Caracterización interfacial de proteínas y tensioactivos: aplicación a dispersiones alimentarias, 2006, Miguel Cabrerizo Vílchez, María José Gálvez Ruiz y Antonio Martín Rodríguez.
233. Julián López-Viota Gallardo, Fluidos magnetorreológicos en medio acuoso, 2006, Ángel V. Delgado Mora y Juan de Dios García López-Durán.
234. M^a. Isabel Tienda Luna, Técnicas bayesianas aplicadas al procesado de señal en comunicaciones y genómica, 2006, M^a. Carmen Carrión Pérez, Diego Pablo Ruiz Padillo y Yufei Huang.
235. Manuel Díez Minguito, Instabilities, nucleation, and critical behavior in nonequilibrium driven fluids. Theory and simulation, 2006, Joaquín Marro Borau.
236. Manuel Pavón Valderrama, La interacción nucleón-nucleón en teorías efectivas, 2006, Enrique Ruiz Arriola.
237. Teresa López León, Efectos Hofmeister en Sistemas Coloidales, 2006, Juan Luis Ortega Vinuesa y Delfina Bastos González.
238. Yanet Claret Simancas Pereira, Influencia de la humectabilidad, la técnica de aplicación y el envejecimiento de varios selladores de fisuras en la capacidad de sellado, 2006, Encarnación Vallejo Bolaños, Juan Ignacio Rosales Leal y Miguel Cabrerizo Vílchez.
239. Ana Carrasco Sanz, Generación de frecuencias de referencia para la calibración de sistemas WDM en comunicaciones ópticas, 2007, Pedro Corredera Guillén y Sonia Martín López.
240. Daria Zandomenighi, Passive and active seismic tomography of volcanic islands: Sao Miguel (Portugal) and Deception (Antarctica), 2007, Jesús M. Ibáñez y Javier Almendros.
241. Fermín Fernández Ibáñez, Sismicidad, reología y estructura térmica de la corteza en el arco de Gibraltar, 2007, José Morales Soto y Juan Ignacio Soto Hermoso.
242. Fernando Linares Molinero, Estudio de partículas coloidales constituidas por un núcleo magnético y un recubrimiento polimérico biodegradable como sistemas de liberación de antineoplásicos, 2007, Ángel V. Delgado Mora y José L. Arias Mediano.
243. Manuel Valverde Hermosilla, Interacción neutrino-núcleo a energías intermedias, 2007, José Enrique Amaro Soriano y Juan Miguel Nieves Pamplona.
244. Miguel Ángel López Álvarez, Diseño de un sistema multispectral para adquisición de imágenes de luz-cielo, 2007, Javier Hernández Andrés y Francisco Javier Romero Mora.
245. Antonio Jesús Melgarejo, Liquid Argon Detectors for Rare Event Searches, 2008, Antonio Bueno Villar y Sergio Navas.
246. Antonio Manuel Peña García, Nuevo modelo de fibras ópticas: Guías de ondas planas en rotación, 2008, Francisco De Asís Pérez Ocón y José Ramón Jiménez Cuesta.
247. Antonio Manuel Pozo Molina, Caracterización óptica de dispositivos CCD y aplicaciones, 2008, Antonio Manuel Rubiño López.
248. Carlos Moreno de Jong, Diseño optimizado de antenas mediante algoritmos genéticos, 2008, Rafael Gómez Martín y Mario Fernández Pantoja.
249. Cecilia Galindo González, Fluidos magnéticos compuestos por partículas submicrométricas, ferri y paramagnéticas, 2008, Modesto T. López López y Juan de Dios García López-Durán.



250. Diego Salas González, Modelos de mezcla de distribuciones [alfa]-estables. Aplicación a micromatrices de expresión genética, 2008, Diego Pablo Ruiz Padillo, M^a. Carmen Carrión Pérez y Erkan Engin Kuruoglu.
251. Encarnación Castillo Morales, Protección de la propiedad intelectual de circuitos digitales para la síntesis de descripciones de alto nivel, 2008, Luis Parrilla Roure, Antonio García Ríos y Antonio Lloris Ruiz.
252. Fernando Martínez Pedrero, Colloidal aggregation induced by an uniaxial magnetic field, 2008, José Callejas Fernández, María Tirado Miranda y Artur Schmitt.
253. Guillermo R. Iglesias Salto, Lubricantes magnetoviscosos, 2008, Fernando González Caballero y Juan de Dios García López-Durán.
254. Juan Carlos Fernández Toledano, Interactions, structure and kinetics properties of colloidal monolayers, 2008, Arturo Moncho Jordá, Roque Hidalgo Álvarez y Francisco Martínez López.
255. Luisa Buontempo, Seismic anisotropy in the Iberian Peninsula, 2008, José Morales Soto.
256. Manuel J. Santander Ortega, Caracterización Físico-Química de Sistemas Coloidales aplicados como Transportadores de Fármacos, 2008, Juan Luis Ortega Vinuesa y Delfina Bastos González.
257. Miguel Ángel Carvajal Rodríguez, Diseño de un sistema dosimétrico portátil, 2008, Alberto José Palma López y Antonio Lallena Rojo.
258. Noel Rodríguez Santiago, Characterization, modelling and simulation of decananometer SOI MOSFETS, 2008, Francisco Jesús Gámiz Pérez.
259. Pablo Sánchez Moreno, Medidas de información de funciones especiales y sistemas mecano-cuánticos, y dinámica molecular en presencia de campos eléctricos homogéneos y dependientes del tiempo, 2008, Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid, Rosario González Férrez y Rafael José Yáñez García.
260. Penélope Serrano Ortiz, Intercambios de CO₂ entre atmósfera y ecosistemas kársticos: Aplicabilidad de las técnicas comúnmente empleadas, 2008, Andrew S. Kowalski y Lucas Alados Arboledas.
261. Roberto Tejera García, Estabilidad y actividad interfacial de emulsiones modelo con interés en alimentación funcional, 2008, Miguel Cabrerizo Vílchez, María José Gálvez Ruiz y Antonio Martín Rodríguez.
262. Silvia A. Ahualli Yapur, Propiedades electrocinéticas de suspensiones concentradas, 2008, Ángel V. Delgado Mora.
263. Antonio Martínez Olmos Nuevas estrategias y sistemas de medida para tomografía de capacidad, 2009, Antonio García Ríos y Alberto José Palma López.
264. Beatriz Ruiz Granados, Estudio del magnetismo en el fondo cósmico de microondas, 2009, Eduardo Battaner López y José Alberto Rubiño Martín (IAC).
265. Carolina Ortiz Herrera, Calidad de imagen en sujetos afectados de degeneración macular asociada a la edad y queratitis, 2009, José Ramón Jiménez Cuesta y Francisco de Asís Pérez Ocón.
266. Cédric Blanchard, Simulation of electromagnetic waves propagating in complex media with the TLM method, 2009, Jorge Portí Durán, Juan Antonio Morente Chiquero y Alfonso Salinas Extremera.



267. Clara Plata Ríos, Caracterización multiespectral de objetos con textura empleando propiedades invariantes frente a los cambios de iluminación, 2009, Juan Luis Nieves Gómez y Francisco Javier Romero Mora.
268. Elena Ocaña Peinado, análisis espacial de la actividad sísmica reciente del Sur de España, 2009, Francisco Vidal Sánchez y Daniel Stich.
269. Enrique Carmona Rodríguez, Caracterización de sistemas de fractura mediante la localización relativa de terremotos tectónicos y volcánicos usando métodos clásicos y técnicas de array, 2009, Javier Almendros y Jesús Ibáñez.
270. F.J. Montes Ruiz-Cabello, Efecto de la rugosidad y heterogeneidad superficial en fenómenos de mojado, 2009, Miguel Cabrerizo Vílchez y Miguel Ángel Rodríguez Valverde.
271. José Juan Castro Torres, Calidad óptica en visión binocular, 2009, José Ramón Jiménez Cuesta y Enrique Hita Villaverde.
272. Manuel Vilches Pacheco, Efectos de la dispersión múltiple en la simulación realista de aceleradores lineales de uso clínico, 2009, Antonio Miguel Lallena Rojo.
273. Olga María Zamora Sánchez, Composición química y estado evolutivo de las estrellas de tipo espectral R, 2009, Carlos Abia e Inmaculada Domínguez.
274. Pablo Lara Bullejos, Modelado de mecanismos físicos y las estructuras constituyentes de un transistor de efecto campo orgánico, 2009, Juan Antonio Jiménez Tejada y Jamal M. Deen.
275. Alberto Cazorla Cabrera, Development of A Sky Imager for Cloud Classification and Aerosol Characterization, 2010, Lucas Alados Arboledas y Francisco José Olmo Reyes .
276. Álvaro Calle Cordón, Renormalization of one-boson-exchange interactions in the two-nucleon system, 2010, Enrique Ruiz Arriola.
277. Beatriz Montserrat Olmos Sánchez, Information measures of quantum systems and collective Rydberg excitations of an atomic gas confined in a ring lattice, 2010, Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid, Rosario González Férrez e Igor Lesanowsky .
278. Daniel Manzano Diosdado, Information and entanglement measures in quantum systems with applications to atomic physics, 2010, Ángel Ricardo Plastino y Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid.
279. Diego García Gámez, Muon arrival time distributions and its relationship to the mass composition of Ultra High Energy Cosmic Rays: An application to the Pierre Auger Observatory, 2010, Antonio Bueno Villar y Sergio Navas Concha.
280. Efrén Alberto Andablo Reyes Thin Film Rheology and Ferrohydrodynamic Lubrication of Magnetic Fluids, 2010, Juan de Vicente Álvarez-Manzaneda y Roque Hidalgo Álvarez.
281. Janiley Santana Díaz, Blanqueamiento dental: estudio clínico para el desarrollo de métodos estadísticos e inteligentes para la predicción del cambio cromático, 2010, Rosa María Pulgar Encinas, Luis Javier Herrera Maldonado y María Del Mar Pérez Gómez.
282. Jorge de Blas Mateo, Effective Lagrangian description of Physics Beyond the Standard Model and Electroweak Precision Tests, 2010, Francisco del Águila y Manuel Pérez-Victoria.
283. Juan de la Cruz Cardona Pérez, Evaluación de las propiedades ópticas de un modelo de estroma corneal humano artificial de fibrina y agarosa generado por ingeniería tisular, 2010, María del Mar Pérez Gómez y Miguel Alaminos Mingorance.



284. Laura Isabel Ugarte Alván, Evaluación óptica de nuevas resinas compuestas: nanocomposites y resinas de silorane, 2010, Ana María Yebra Rodríguez y María del Mar Pérez Gómez.
285. M^a Araceli García Yeguas, Estudio de heterogeneidades laterales de volcanes activos: Tomografía sísmica de alta resolución de la isla de Tenerife, anomalías de propagación de ondas sísmicas de la isla Decepción y otros efectos, 2010, Jesús M. Ibáñez Godoy.
286. Miguel Padial Molina, Nanorugosidad y Metilación Superficial como Factores Modificadores del Comportamiento Osteoblástico en Términos de Proliferación, Diferenciación y Osteogénesis, 2010, Juan Luis Ortega Vinuesa, Pablo Galindo Moreno y Juan Emilio Fernández Barbero.
287. Pablo Maldonado Jiménez, Aproximación de campo medio no-relativista y relativista y correlaciones en átomos, 2010, Enrique Buendía Ávila y Francisco Javier Gálvez Cifuentes.
288. Segundo Agustín Martínez Ovalle, Estudio Monte Carlo con MCNPX de la dosimetría de fotoneutrones producidos en aceleradores de uso clínico, 2010, Antonio Miguel Lallena Rojo y José María Gómez Ros.
289. Sheila López Rosa, Information-theoretic measures of atomic and molecular systems, 2010, Juan Carlos Angulo Ibáñez y Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid.
290. Uriel Odeima Chica Villegas, Estudio del formalismo para la determinación de la dosis absorbida en agua para haces de rayos X de energías bajas y medias, 2010, Antonio Miguel Lallena Rojo y Marta Anguiano Millán.
291. Aixa Alarcón Heredia, Desarrollo de nuevos algoritmos de ablación para el tratamiento de la presbicia mediante cirugía refractiva láser, 2011, María Del Rosario González Anera y Luis Miguel Jiménez del Barco Jaldo.
292. Ana María Gómez Ramírez, Influencia de la naturaleza del líquido portador y de la forma de las partículas magnéticas sobre las propiedades de suspensiones magnetorreológicas, 2011, Fernando González Caballero, Modesto T. López López y Juan de Dios García López-Durán.
293. Borja Ruiz Reverter, Intercambios de CO₂ y vapor de agua en ecosistemas de alta montaña de matorral mediterráneo, 2011, Andrew S. Kowalski.
294. Daniel Argüeso Barriga, High-resolution projections of climate change over the Iberian Peninsula using a mesoscale model, 2011, Yolanda Castro Díez, María Jesús Esteban Parra y Andrew S. Kowalski.
295. Diego Pedro Morales Santos, Aplicación de tecnologías reconfigurables analógica y digital para instrumentación inteligente, 2011, Antonio García Ríos y Alberto José Palma López.
296. Eva Sáez Fernández, Formulación de nanomedicinas multifuncionales para el tratamiento del cáncer, 2011, Ángel V. Delgado Mora y José L. Arias Mediano.
297. Luis Gómez Robledo, Aportaciones colorimétricas a la caracterización y mejora de aceites de oliva virgen, 2011, Manuel Melgosa Latorre y Rafael Huertas Roa.
298. M^a Ángeles Abellán Rubio, Cdte- based compounds growth by vapor phase techniques, 2011, Fernando González Caballero.
299. Margarita Soler Fernández, Prevalencia de errores refractivos en niños del continente africano, 2011, Raimundo Jiménez Rodríguez y María Del Rosario González Anera.
300. María Teresa Blázquez Tejada, Caracterización estabilométrica del sistema de control postural humano, 2011, Antonio Miguel Lallena Rojo y Fernando Arias de Saavedra Alías.

301. Miguel Alberto Peláez Fernández, Structure and dynamics of charged colloid-polymer mixtures, 2011, Arturo Moncho Jordá y José Callejas Fernández.
302. Pilar López Varo, Compact Modelling of Physical Mechanisms in Organic Solar Cells, 2011, Juan Antonio Jiménez Tejada y Jamal M. Deen.
303. Raúl Alberto Rica Alarcón, Electrocinética de suspensiones concentradas de nanopartículas esféricas, 2011, Ángel V. Delgado Mora y María L. Jiménez Olivares.
304. Sándalo Roldán Vargas, Structure and dynamics of colloidal systems with application to vesicle suspensions, 2011, José Callejas Fernández y Manuel Quesada Pérez.
305. Sara Marañón Jiménez, Efecto del manejo de la madera quemada después de un incendio sobre el ciclo del carbono y nutrientes en un ecosistema de montaña mediterránea, 2011, Jorge Castro Gutiérrez, Regino Zamora Rodríguez y Andrew S. Kowalski.
306. Vicent Martínez Badenes, Molecular gas and star formation in Hickson Compact Groups: Analysis and Technical Challenges, 2011, Ute Lisenfeld, Lourdes Verdes-Montenegro Atalaya y Daniel Espada Fernández.
307. Abraham Luque Rodríguez, Simulation tools for micro- and nano- devices modeling, 2012, Salvador Rodríguez Bolívar y Juan Antonio Jiménez Tejada.
308. Adrián Carmona Bermúdez, Collider Implications of Heavy Fermions in Models with Extra Dimensions, 2012, Francisco del Águila y José Santiago.
309. Amelia Torcello Gómez, Application of interfacial properties of polymeric surfactants in physiological processes for biomedical and nutraceutic purposes, 2012, Antonio Martín Rodríguez, Julia Maldonado Valderrama y Ana Belén Jódar Reyes.
310. Ana Guijarro Román, Alabeos y truncamientos de los discos estelares de galaxias de perfil, 2012, Eduardo Battaner, Jorge Jiménez Vicente y Estrella Florido Navío.
311. Andrés María Roldán Aranda, Simulación de circuitos basada en la implementación de modelos avanzados de dispositivos y sensores electrónicos en Verilog-A, 2012, Candid Reig Escrivá y Juan Bautista Roldán Aranda.
312. Carmen Lucía Moraila Martínez, Nanoparticle deposits formed at driven contact lines, 2012, Miguel Cabrerizo Vílchez y Miguel Ángel Rodríguez Valverde.
313. Damián Guirado Llorente, Variabilidad en radiobiología, 2012, Antonio Miguel Lallena Rojo y Mercedes Villalobos Torres.
314. Daniel González Castro, Desarrollo de nuevas estrategias de sincronización para VLSI en sistemas de procesamiento RNS, 2012, Antonio García Ríos y Antonio Lloris Ruiz.
315. Francisco J. Navas Guzmán, Atmospheric vertical profiling by Raman lidar, 2012, Lucas Alados Arboledas, Juan Luis Guerrero Rascado y Penélope Serrano Ortiz.
316. Israel Rodríguez Hermelo, Interstellar dust in dwarf galaxies, 2012, Ute Lisenfeld y Mónica Relaño Pastor.
317. José Antonio Garzón Guerrero, Clasificación de blancos de radar en ambientes de ruido arbitrario mediante resonancias naturales y técnicas de componentes principales, 2012, Diego Pablo Ruiz Padillo y M^a. Carmen Carrión Pérez.
318. Jose Luis Navarro Quirante, Search for ultra-high energy neutrinos at the Pierre Auger Observatory, 2012, Sergio Navas.
319. José Luis Padilla de la Torre, Study and Simulation of Advanced Si-based Nanodevices: SBMOSFETs and Tunnel FETs, 2012, Francisco Jesús Gámiz Pérez.

320. Mercedes Feriche Fernández-Castany, Elaboración de escenarios de daños sísmicos en la ciudad de Granada, 2012, Francisco Vidal Sánchez, José Miguel Azañón Hernández y Manuel Navarro Bernal.
321. Miguel Wulff Pérez, Preparation and Characterization of Nanoemulsions for the Controlled Delivery of Hydrophobic Compounds, 2012, Antonio Martín Rodríguez, María José Gálvez Ruiz y Juan de Vicente Álvarez-Manzaneda.
322. Óscar Emilio Pecho Yataco, Caracterización óptica y estructural de las cerámicas en base a policristales tetragonales de zirconia estabilizados con yttria, 2012, María del Mar Pérez Gómez, Santiago González López y Purificación Sánchez Sánchez.
323. Roberto Barceló Aguilar, The Higgs boson and new physics at the TeV scale, 2012, Manuel Masip Mellado.
324. Salvador García Pareja, Optimización basada en algoritmos de colonias de hormigas de la simulación Monte Carlo del transporte de radiación, 2012, Antonio Miguel Lallena Rojo.
325. Sergio Toledo Redondo, Numerical simulation and experimental study of the natural electromagnetic waves in the ELF and VLF bands, 2012, Alfonso Salinas Extremera, Jesús Fornieles Callejón y Jorge Portí Durán.
326. César Rodríguez Beas, Caracterización Físicoquímica de Complejos Mesoscópicos Formados por Fosfolípidos y Macroiones Multivalentes, 2012, Alberto Martín Molina y Julia Maldonado Valderrama.
327. Alicia Fernández Oliveras, Characterization of dental biomaterials by means of optical methods, 2013, Antonio Manuel Rubiño López y María del Mar Pérez Gómez.
328. Ana Maria Andreea Ionescu, Application of optical methods for the evaluation of human tissues generated by tissue engineering, 2013, María Del Mar Pérez Gómez, Enrique Hita Villaverde y Miguel Alaminos Mingorance.
329. Antonio Alcántara Ruiz, Caracterización de las Propiedades Raditativas y Microfísicas del Aerosol Atmosférico en la Campaña Veleta 2002, 2013, Lucas Alados Arboledas y Francisco J. Olmo Reyes.
330. Antonio Valenzuela Gutierrez, Africa desert Dust Eventos Impact Over Southeastern Spain (2005-2010): Aerosol Radiative Properties and Forcing, 2013, Francisco José Olmo Reyes.
331. Carlos Navarro Moral, Design, Simulation and Electrical Characterization of A2RAM Memory Cells, 2013, Noel Rodríguez Santiago y Francisco Jesús Gámiz Pérez.
332. Carlos Pérez Espigares, Fluctuations out of Equilibrium in Diffusive Systems, 2013, Pablo Hurtado Fernández y Pedro Luis Garrido Galera.
333. Enrique Pérez Sánchez-Cañete, Characterization of CO₂ exchanges in deep soils and caves and their role in the net ecosystem carbon balance, 2013, Francisco Domingo Poveda, Andrew S. Kowalski y Penélope Serrano Ortiz.
334. Francisco Manuel Rodríguez Martín, Efecto de las desviaciones de la ley de Lambert-Beer en la cirugía refractiva corneal láser, 2013, María del Rosario González Anera y José Ramón Jiménez Cuesta.
335. Janire Prudencio Soñora, From 2D to 3D attenuation tomography in volcanoes: the study of Tenerife (Canary Islands) and Deception (Antartica), 2013, Jesús M. Ibañez Godoy.

336. Jesus Álvarez, A Discontinuous Galerkin Finite Element Method for the Time-Domain Solution of Maxwell Equations, 2013, Amelia Rubio Bretones y Salvador González García.
337. José Fernández Dorado, Desarrollo de un algoritmo de propagación de flujo luminoso para un dispositivo fotométrico móvil con capacidad de discretización angular: aplicación a la generación de mapas de iluminación de alumbrado público, 2013, José Antonio Díaz Navas.
338. Juan Pablo Segovia Gutiérrez, Viscoelastic Magnetorheological Fluids, 2013, Antonio Puertas García, Juan de Vicente Álvarez-Manzaneda y Roque Hidalgo Álvarez.
339. Katarzyna Rudzka, Maghemite Functionalization for Antitumor Drug Vehiculization, 2013, Ángel V. Delgado Mora.
340. Ligdamis Gutiérrez Espinoza, Sistema de detección y clasificación de señales sísmico-volcánicas utilizando modelos ocultos de Markov (HMMs): Aplicación a volcanes activos de Nicaragua e Italia, 2013, Jesús Ibáñez Godoy.
341. Manuel Sánchez Castillo, Bayesian methods for inferring gene regulatory networks and protein profiles from gene expression microarrays data, 2013, M^a. Carmen Carrión Pérez, M^a. Isabel Tienda Luna y David Blanco Navarro.
342. María del Carmen Argudo Fernández, Characterisation of an isolated galaxy sample: astrophysical implications, 2013, Simon Verley, Jack Sulentic y Gilles Bergond.
343. Peter Alexander Bouvrie Morales, Atomic information-theoretic measures and quantum entanglement of many-particle systems, 2013, Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid y Juan Carlos Angulo Ibáñez.
344. Ramón del Real Núñez, Caracterización de transiciones de fase cuánticas en modelos algebraicos de sistemas de muchos cuerpos, 2013, Manuel Calixto Molina y Elvira Romera Gutiérrez.
345. Raúl Luzón González, Recuperación de información en imágenes en color deterioradas por la atmósfera: aplicación a la mejora de la visibilidad, 2013, Francisco Javier Romero Mora y Juan Luis Nieves Gómez.
346. Razvan Ionut Ghinea, Evaluation of the ciede2000(kl kc:kh): Color difference metrics and development of color prediction algorithms: application to dental materials, 2013, María del Mar Pérez Gómez y Ana María Yebra Rodríguez.
347. Alda Yadira Sánchez Treviño, Osteoblastic cell response of biomimetic coatings formed on titanium surfaces mediated by self-assembled films, 2014, Miguel Cabrerizo Vélchez y Miguel Ángel Rodríguez Valverde.
348. Almudena Rivadeneyra Torres, Design of multisensor systems for environmental monitoring, 2014, Alberto José Palma López y Juan Antonio López Villanueva.
349. Antonio Lasanta Becerra, Algunas propiedades de los estados estacionarios de sistemas disipativos sencillos, 2014, Antonio Prados Montaña y Pablo Hurtado Fernández.
350. Azahara Merino Martos, A Comprehensive Evaluation of Using Magnetic Particles for Lake Restoration, 2014, Inmaculada de Vicente Álvarez-Manzaneda y Juan de Vicente Álvarez-Manzaneda.
351. Azahara Rata Aguilar, Formation, stability and in vitro activity of colloidal systems for gene delivery, 2014, Antonio Martín Rodríguez, Juan Luis Ortega Vinuesa y Ana Belén Jódar Reyes.



352. Enrique González Marín, Modeling and Simulation of Semiconductor Nanowires for Future Technology Nodes, 2014, Francisco Javier García Ruiz y Andrés Godoy Medina.
353. Gloria Titos Vela, Characterization of atmospheric aerosols particles using in-situ techniques: optical, chemical and hygroscopic properties, 2014, Lucas Alados Arboledas, Inmaculada Foyo Moreno y Hassan Lyamani.
354. José Ángel López Comino, Inversión de la fuente sísmica finita con modelos de desplazamientos aleatorios y el problema de resolución, 2014, Daniel Stich y José Morales.
355. José Fernández Salmerón, Development of sensing capabilities in RFID technology, 2014, Miguel Ángel Carvajal Rodríguez, Alberto José Palma López y Jesús Banqueri Ozáez.
356. Jose Luis Galindo Ángel, Deposición de partículas sobre superficie plana y cavidad rectangular mediante simulaciones Monte-Carlo. Aplicaciones ópticas, 2014, Rafael Huertas Roa.
357. Juan Antonio Bravo Aranda, Lidar depolarization Technique: Assessment of the Hardware Polarizing Sensitivity and Applications, 2014, Lucas Alados Arboledas, Juan L. Guerrero Rascado y Francisco J. Olmo Reyes.
358. Juan Antonio Bravo Aranda, Lidar depolarization technique: assessment of the hardware, polarizing sensitivity and applications, 2014, Lucas Alados Arboledas y Juan Luis Guerrero Rascado.
359. Juan José Omiste Romero, Interaction of rotationally cold molecules with external fields, 2014, Rosario González Férrez.
360. Laura Rodríguez Arco, Viscoelasticity, structural models and flow instabilities in magnetic suspensions, 2014, Modesto T. López López y Juan de Dios García López-Durán.
361. Luis Díaz Angulo, Time domain discontinuous Galerkin methods for Maxwell equations, 2014, Mario Fernández Pantoja, Salvador González García y Jesús Álvarez.
362. Manuel R. Gómez Sotomayor, Nanocompuestos hierro/polímero biodegradable como sistemas de liberación de fármacos antitumorales, 2014, Ángel V. Delgado Mora.
363. María José Granados Muñoz, Characterizing the atmospheric aerosol by active and passive remote sensing: microphysical properties and hygroscopic growth effects, 2014, Lucas Alados Arboledas, Juan Luis Guerrero Rascado y Jesús Fernández Gálvez.
364. María José Rivas Bravo, Desarrollo de nuevos índices de blancura: aplicaciones en biomateriales dentales, 2014, Luis Javier Herrera Maldonado y María del Mar Pérez Gómez.
365. María Sofía Martínez García, Análisis y Caracterización del PMOSFET como Sensor Dosimétrico, 2014, Miguel Ángel Carvajal Rodríguez y Jesús Banqueri Ozáez.
366. María Trinidad García Fernández, Propiedades electrónicas en sistemas de grafeno y materiales relacionados, 2014, Nicolás Alejandro Cordero Tejedor, Salvador Rodríguez Bolívar y Elvira Romera Gutiérrez.
367. Miguel Ángel Guerrero Martínez, Medidas entrópicas y de complejidad de funciones especiales y sistemas cuánticos, 2014, Pablo Sánchez Moreno y Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid.
368. Mikael Rodríguez Chala, Collider Signatures of a Non-Standard Higgs Sector, 2014, Francisco del Águila y José Santiago.
369. Nuria López Ruiz, Desarrollo de sistemas de medida basados en sensores químicos de tipo óptico, 2014, Antonio Martínez Olmos, Alberto José Palma López y Luis Fermín Capitán Vallvey.

370. Paola Sánchez Moreno, Engineering lipid nanocapsule systems for intracellular delivery of anticancer drugs, 2014, Juan Luis Ortega Vinuesa y José Manuel Peula García.
371. Rafael Abreu Solorzano, Complex steps finite differences with applications to seismic problems, 2014, José Morales y Daniel Stich.
372. Germán Luque Caballero, Cation-mediated interaction between DNA and Anionic Lipid Surfaces: experimental and simulation study, 2014, Alberto Martín Molina, Julia Maldonado Valderrama y Manuel Quesada Pérez.
373. Alice Donati, New Calculation Techniques and Precision Physics in High Energy Colliders, 2015, Roberto Pittau.
374. Ben Page, Precision Physics at High Energy Colliders: New Techniques of Calculating Radiative Corrections, 2015, Roberto Pittau.
375. Carolina Aranda Caballero, Comportamiento dinámico del suelo y de los edificios para la estimación del daño sísmico en áreas urbanas y su aplicación a Viña del Mar, 2015, Francisco Vidal, Gerardo Alguacil y Guillermo Rus.
376. Celso Jesús Martínez Blanque, Calculation of the Electronic Structure and Transport Properties of Semiconductor Nanowires, 2015, Francisco Javier García Ruiz y Andrés Godoy Medina.
377. Diego Noguera Marín, Colloidal assembly by convective deposition. The role of electric charge, substrate wettability and particle density, 2015, Miguel Cabrerizo Vílchez y Miguel Ángel Rodríguez Valverde.
378. Enrique Moreno Pérez, Algoritmos orientados al estudio y modelado de dispositivos electromagnético en el rango de los terahercios, 2015, Amelia Rubio Bretones y Mario Fernández Pantoja.
379. Gloria María Díaz Londoño, Cálculo Monte Carlo de fracciones de absorción específicas mediante el código PENELOPE, 2015, Antonio Miguel Lallena Rojo.
380. Guillermo Cortés Moreno, Reconocimiento de señales sismo-volcánicas mediante canales específicos basados en modelos ocultos de Markov, 2015, Carmen Benítez y Jesús Ibáñez.
381. Joaquín Castellano Simón, Galactic magnetic fields and cosmic ray anisotropies, 2015, Manuel Masip Mellado y Eduardo Battaner López.
382. Jose Antonio Ruiz López, Squeeze Flow and Polydispersity Effects in Magnetorheology, 2015, Juan de Vicente Álvarez-Manzaneda y Roque Hidalgo Álvarez.
383. José Manuel de la Vega Fernández, Caracterización y control de calidad de la energía de los haces de electrones empleados en radioterapia, 2015, Antonio Miguel Lallena Rojo y Damián Guirado Llorente.
384. José Manuel Hidalgo Muñoz, Assessing the impact of climate variability on seasonal streamflow forecasting in the Iberian Peninsula, 2015, Yolanda Castro Díez, María Jesús Esteban Parra y Sonia Raquel Gámiz Fortis.
385. Marco Antonio Villena Sánchez, Estudio, modelado y simulación de memorias RRAM, 2015, Francisco Jiménez Molinos y Juan Bautista Roldán Aranda.
386. Miguel Ángel Fernández Rodríguez, Physicochemical characterization of the interfacial behaviour of Janus particles, 2015, Roque Hidalgo Álvarez y Miguel Ángel Fernández Valverde.
387. Paola Andrea Mayorga Sierra, Optimización de la radioterapia externa del retinoblastoma por medio de simulación Monte Carlo con el código PENELOPE, 2015, Antonio Miguel Lallena Rojo y Lorenzo Brualla Barberà.



388. Rafael Cerezo Balsera, Dissipative effects in the Early Universe, 2015, Mar Bastero Gil.
389. Reiner Palomino Lemus, Proyecciones de cambio climático para la precipitación en América tropical mediante técnicas de downscaling estadístico, 2015, María Jesús Esteban Parra y Yolanda Castro Díez.
390. Rodrigo Navarro Pérez, Error analysis of the nuclear force, 2015, José Enrique Amaro Soriano y Enrique Ruiz Arriola.
391. Samir Córdoba Machado, Predicción del clima de Colombia en escala estacional e interanual, 2015, María Jesús Esteban Parra y Sonia Gámiz Fortis.
392. Timo Eckhard, Design considerations for line-scan multi-spectral imaging systems, 2015, Javier Hernández Andrés y Eva María Valero Benito.
393. Wilfredo González Infantes, Modelo de fuentes virtuales para cálculos Monte Carlo en radioterapia externa con haces de fotones, 2015, Antonio Miguel Lallena Rojo.
394. Alejandro Diaz Moreno, Joint active and passive seismic tomography in active volcanoes. The case of study of Mt. Etna and further implications in active regions, 2016, Jesús Ibáñez, Araceli García Yeguas e Isaac Álvarez.
395. Almudena Crespo Benavente, Desarrollo de un prototipo experimental de lámpara leds de fotoactivación dental: influencia sobre las propiedades ópticas y mecánicas de resinas de composite, 2016, María Del Mar Pérez Gómez y Francisco De Asís Pérez Ocón.
396. Amparo Mendoza Arnau, Caracterización topográfica de implantes de uso comercial, 2016, Miguel Cabrerizo Vílchez, Manuel Vallecillo Capilla y Juan I. Rosales Leal.
397. Ana Inmaculada Funes Cabrerizo, On the Use of Iron Oxide Colloidal Suspensions for Improving Water Quality, 2016, Inmaculada de Vicente Álvarez-Manzaneda y Juan de Vicente Álvarez-Manzaneda.
398. Carlos Salas Hita, Nuevo test para la detección y evaluación de anomalías en la visión del color, 2016, Antonio Manuel Rubiño López y Enrique Hita Villaverde.
399. Fabián Gonzalo Erazo Caluquí, Obtención de los factores de corrección de cámaras de ionización de uso en dosimetría física, 2016, Antonio Miguel Lallena Rojo.
400. Fernando Fernández Martí, Desarrollo de plantillas instrumentadas para la monitorización de parámetros biométricos, 2016, Alberto José Palma López.
401. José Ramón Rodón Ortiz, Portabilidad de aplicaciones en astrofísica a la infraestructura de computación GRID, 2016, Juan Carlos Suárez Yanes y Julio Ortega Lopera.
402. Juan Manuel Cornejo García, The preparation penning trap and recent developments on high-performance ion detection for the project trapsensor, 2016, Daniel Rodríguez Rubiales.
403. Leonor Pérez Fuentes, Specific Effects of organic and inorganic ions in soft interfaces, 2016, Delfina Bastos González, Carlos Drummond y Jordi Faraudo Gener.
404. Manuel Alejandro González Garrido, Fenómenos electrocinéticos en suspensiones de partículas planas, 2016, Silvia A. Ahualli Yapur y María L. Jiménez Olivares.
405. Manuel Sabariego Quintanilla, Modelo semianalítico para cálculos de dosimetría en radioterapia, 2016, José Ignacio Porras Sánchez.
406. Pedro Jesús Ramón Torregrosa, Study of structured surfaces from micro- to nano-scale topography for bioadhesive applications, 2016, Miguel Cabrerizo Vílchez y Miguel Ángel Rodríguez Valverde.
407. Rubén Hedrosa Núñez-Castelo, Razones isotópicas de carbono, nitrógeno y oxígeno en estrellas AGB de carbono, 2016, Carlos Abia e Inmaculada Domínguez.

408. Tomás Ruiz Lara, Characterisation of the stellar populations in the outer parts of spiral galaxies, 2016, Isabel Pérez Martín y Estrella Florido Navío.
409. Adrián Ayala Gómez, Beyond standard model particle constraints from stellar evolution, 2017, Inmaculada Domínguez Aguilera y Óscar Straniero.
410. Ana Belén Bonhome Espinosa, Hidrogeles magnéticos para aplicaciones biomédicas: estudio de su biocompatibilidad y propiedades viscoelásticas, 2017, Modesto T. López López y Juan de Dios García López-Durán.
411. Cristina Medina Bailón, Development of a Multisubband Monte Carlo Simulator for Nanometric Transistors, 2017, Carlos Sampedro Matarín y Francisco J. Gámiz Pérez.
412. Felipe II Guerrero Barba, Interfacial characterization of heavy naphthenic bitumen for paving, 2017, Miguel Cabrerizo Vílchez y Miguel Ángel Rodríguez Valverde.
413. Francisco Javier Martínez Lizana, The Wilsonian Renormalization Group in Gauge/Gravity Duality, 2017, Manuel Pérez-Victoria.
414. Irene Adroher Benítez, Interactions involved in the permeation and distribution of ions and biomolecules inside charged microgels, 2017, Arturo Moncho Jordá y Gerardo Odriozola Prego.
415. Jesús Vera Vilchez, Analysis of oculo-visual parameters as biomarkers of physical and/or mental effort, 2017, Raimundo Jiménez Rodríguez y David Cárdenas Vélez.
416. Keshvad Shahriver Dynamics of Magnetorheological Fluids at the Microscale, 2017, Juan de Vicente Álvarez-Manzaneda.
417. María del Mar Fernández Martínez-Rey, Analysis of Energy Production by Salinity Exchange in Porous Electrodes, 2017, Ángel V. Delgado Mora y Guillermo R. Iglesias Salto.
418. Miguel Angel Martínez Domingo, Multispectral high dynamic range polarimetric imaging applied to scene segmentation and object classification, 2017, Javier Hernández Andrés y Eva María Valero Benito.
419. Miguel David Ruiz-Cabello Núñez, Subcell FDTD techniques for electromagnetic compatibility assessment in aeronautics, 2017, Salvador González García y Luis Díaz Angulo.
420. Patricia Sánchez Lucas, The Δ method: an estimator for the mass composition of ultra-high-energy cosmic rays, 2017, Antonio Bueno Villar.
421. Paula Villa Martín, Phase transitions and diversification in complex systems: The role of heterogeneities, adaptation and other essential aspects of real systems, 2017, Miguel Ángel Muñoz Martínez.
422. Piedad María Limón Villarejo, Aceites de oliva vírgenes extra enriquecidos con nuevos antioxidantes procedentes de microalgas: caracterización físico-química, colorimétrica y ensayos de estabilidad, 2017, Ruperto Bermejo Román y Manuel Melgosa Latorre.
423. Ramez Zahran, El efecto del tiempo del HF grabado en la topografía, humectabilidad, química de la superficie del TI, y la respuesta celular, 2017, Juan I. Rosales Leal y Miguel Cabrerizo Vílchez.
424. Adrián López Martín, Quantum information measures: properties and analysis of structure and dynamics of multielectronic systems, 2018, Juan Carlos Angulo Ibáñez y Sheila López Rosa.
425. Alba Soto Ontoso, Initial state structures and final state correlations in heavy ion collisions, 2018, Javier López Albacete (UGR) y Hannah Petersen (FIAS, Frankfurt).



426. David Puertas Centeno, Complexity and entropic uncertainty of quantum systems, 2018, Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid.
427. Davide Melini, Measuring the top-quark mass in ttbar+jet topologies with the ATLAS detector at the LHC, 2018, Roberto Pittau (UGR) y Juan Fuster (IFIC).
428. Irene Valero Toranzo, Entanglement, complexity and entropic properties of quantum systems, 2018, Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid.
429. Julio Angulo Ibáñez, Gravedad estocástica: una aplicación de la teoría de la información a un sistema físico relativista, 2018, José Miguel Angulo Ibáñez y Juan Carlos Angulo Ibáñez.
430. Matilde María del Valle García-Valdecasas Ojeda, Climate-change Projections in the Iberian Peninsula: a Study on the Hydrological Impacts, 2018, María Jesús Esteban Parra y Yolanda Castro Díez.
431. Pablo Escobedo Araque, Printed sensor systems on flexible substrate, 2018, Antonio Martínez Olmos y Alberto José Palma López.
432. Paloma Arenas Guerrero, Electro-optical Behaviour of Non-Spherical Particles under Alternating Fields, 2018, María L. Jiménez Olivares y Ángel V. Delgado Mora.
433. Andrés Esteban Bedoya, Crecimiento higroscópico del aerosol atmosférico: aproximación mediante teledetección, 2019, Juan Luis Guerrero Rascado y Carlos David Hoyos Ortiz.
434. Antonio Manuel Molina Aguilera, High-resolution lithospheric structure in the Gibraltar arc using P and S receiver functions, 2019, Flor de Lis Mancilla Pérez y José Morales Soto.
435. Beatriz Redondo Cabrera, The study of the accommodative function under different arousal and attentional states, 2019, Raimundo Jiménez Rodríguez y Antonio Muñoz Hoyos.
436. José Rafael Morillas Medina, Non-linear Magnetorheology: Multibody and Multipole Effects on the Yield Stress, 2019, Juan de Vicente Álvarez-Manzaneda.
437. Juan Carlos Bolívar Fernández, Estudio de transiciones de fase topológicas en materiales de Dirac bidimensionales, 2019, Elvira Romera Gutiérrez y Nicolás Alejandro Cordero Tejedor.
438. Juan Carlos Criado Álamo, Effective field theories for general extensions of the Standard Model with new particles, 2019, Manuel Pérez-Victoria.
439. Luis Ignacio Zamora Ardoy, Desarrollo de una herramienta de simulación Monte Carlo de los programas y ensayos aleatorios controlados de cribado en cáncer de mama, 2019, Antonio Miguel Lallena Rojo y Damián Guirado Llorente.
440. Marianne Salas Sánchez, Umbrales de discriminación de translucidez en resinas compuestas dentales. Aplicación práctica en los cambios de translucidez inducidos por diferentes protocolos de polimerización, 2019, Cristina Lucena Martín y María del Mar Pérez Gómez.
441. Pablo Guerrero Rodríguez, The non-linear regime of quantum chromodynamics in the context of relativistic heavy-ion collisions, 2019, Javier López Albacete (UGR) y Cyrille Marquet (CPHT París).
442. Pablo Martín Fernández, Detección y análisis de vientos galácticos, 2019, Jorge Jiménez Vicente y Almudena Zurita Muñoz.
443. Pablo Ortiz Amezcu, Atmospheric profiling based on aerosol and Doppler lidar, 2019, Lucas Alados Arboledas y Juan Luis Guerrero Rascado.



444. Santiago Navarro Moral, Optimization of the Z2-FET memory cell for future technologies, 2019, Carlos Navarro Moral y Francisco Gámiz Pérez.
445. Cristina Antich Alcedo, Development of new biomimetic bioinks useful in 3D bioprinting of cartilage tissue, 2020, Juan Antonio Marchal Corrales y Francisco Galisteo González.
446. Elisa Ortigosa Moya, On the Rheology of Shear-thickening and Magnetorheological Fluids under Strong Confinement, 2020, Juan de Vicente Álvarez-Manzaneda y Roque Hidalgo Álvarez.
447. Evelyn Núñez Alpizar, Tomografía 3D de Costa Rica a partir del ruido sísmico, 2020, Daniel Stich y Martin Schimmel.
448. Fernando Moreno Cruz, Wireless Power for IoT, 2020, Almudena Rivadeneyra Torres y Diego Pedro Morales Santos.
449. Gerardo Manuel González Cordero, Compact modeling of memristors based on resistive switching devices, 2020, Francisco Jiménez Molinos y Juan Bautista Roldán Aranda.
450. José Alberto Orejuela, Lovelock Theories as Extensions to General Relativity, 2020, Bert Janssen.
451. José María González Medina, Design, Characterization and Simulation of Electronic and Optoelectronic Nanodevices based on Bidimensional Materials, 2020, Francisco Javier García Ruiz e Isabel María Tienda Luna.
452. Juan Miguel Carceller López, A study of the signals measured with the water-cherenkov detectors of the Pierre Auger Observatory to infer the mass composition of ultra-high energy cosmic rays, 2020, Antonio Bueno.
453. María Pedrosa Rivera, Radiobiological studies for improving the treatment planning of neutron capture therapy, 2020, José Ignacio Porras Sánchez y María Carmen Ruiz Ruiz.
454. Marta de la Concepción García Romera, Nuevos estudios sobre la densidad óptica de pigmento macular y su relación con factores evitables y no evitables en mujeres sanas, 2020, Manuel Melgosa Latorre.
455. Mriem Mekni Abrougui, Mechanical and magnetic properties of biocompatible ferrogels, 2020, Modesto T. López López y Juan de Dios García López-Durán.
456. Samuel Aldana Delgado, Resistive memories simulation based on the kinetic Monte Carlo algorithm, 2020, Francisco Jiménez Molinos y Juan Bautista Roldán Aranda.
457. Sonia Ortíz Peregrina, Influencia del rendimiento visual y factores de accidentabilidad durante la conducción en sujetos con visión normal y con patología ocular, 2020, Carolina Ortíz Herrera y María Rosario González Anera.
458. Ala Salameh, Climate Variability in the Levant Region, 2021, María Jesús Esteban Parra y Sonia Gámiz Fortis.
459. Alejandro Jiménez Cano, Metric-affine Gauge Theories of Gravity - Foundations and new insights, 2021, Bert Janssen.
460. Álvaro Muñoz Bruque, Towards a systematic method of implicit renormalization: chiral theories and higher orders, 2021, Manuel Pérez-Victoria.
461. César Quishpe Vásquez, Predicción estacional del clima de Ecuador, 2021, María Jesús Esteban Parra y Sonia Gámiz Fortis.
462. Clément Lopez, Dryland soil-atmosphere CO₂ exchange associated to microclimate and geochemistry over a biocrusts succession, 2021, Enrique Pérez Sánchez-Cañete y Roberto Lázaro Suau.

463. Erik Sebastian Skibinsky Gitlin, Estudio del transporte y absorción de luz en redes periódicas de puntos cuánticos de semiconductor, 2021, Francisco Manuel Gómez Campos.
464. Francisco Javier Romero Maldonado, Modelado y Fabricación de Sensores en el Ámbito Internet of Everything Basados en Tecnologías Flexibles Emergentes, 2021, Diego Pedro Morales Santos y Noel Rodríguez Santiago.
465. Francisco Martino Savino, Estudio del rendimiento visual binocular tras inducir un deterioro en la calidad visual bajo condiciones experimentales diversas: influencia en la conducción, 2021, José Juan Castro Torres.
466. Ismael López Lozano, Evaluación del impacto de los aerosoles y las nubes sobre la radiación fotosintéticamente activa (PAR) en la ciudad de Granada, 2021, Inmaculada Foyo Moreno y Guadalupe Sánchez Hernández.
467. Javier Ruiz López, Aplicación de técnicas ópticas para caracterización de estructuras dentales y materiales sintéticos biomiméticos con uso en odontología restauradora, 2021, Razvan Ionut Ghinea y María del Mar Pérez Gómez.
468. Juan José Santaella Hernández, Modelling and characterization of quantum dots as QLED devices for automotive lighting systems, 2021, Francisco Manuel Gómez Campos.
469. Manuel Escudero Rodríguez, Optimum Design and Novel Control Techniques for Isolated, Resonant and Quasi-Resonant, DCDC Converters, 2021, Diego Pedro Morales Santos y Noel Rodríguez Santiago.
470. Manuel Jesús Gutiérrez Torres, Studying an unbalanced two-ion crystal in a Penning trap: towards the quantum regime in a high magnetic field, 2021, Daniel Rodríguez Rubiales.
471. María del Rosario Moya Jiménez, Characterization of subsoil CO₂ dynamics in two semiarid ecosystems: global scale implications, 2021, Enrique Pérez Sánchez-Cañete y Francisco Domingo Poveda.
472. Miriam Casares López, Efectos del consumo de alcohol en la calidad óptica ocular y el rendimiento visual: Impacto en la conducción, 2021, José Juan Castro Torres.
473. Pablo Francisco Ibáñez Ibáñez, Design and preparation of icephobic metal-based surfaces, 2021, Miguel Ángel Rodríguez Valverde y Francisco Javier Montes Ruiz-Cabello.
474. Rubén Molina Romero, Habilidades visoperceptivas, binoculares y oculomotoras en niños diagnosticados de trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH), 2021, Raimundo Jiménez Rodríguez y Antonio Muñoz Hoyos.
475. Yan Yang, Morfología y propiedades estructurales de monocapas con aplicaciones biotecnológicas, 2021, Alberto Martín Molina y Julia Maldonado Valderrama.
476. Luis Pérez Mas, Coarse-grained simulations of nanometer-sized devices for drug delivery, 2021, Alberto Martín Molina y Manuel Quesada Pérez.
477. Aixa María Aguilera Garrido, Development and characterization of lipid nanocarriers as a therapeutic tool against pancreatic cancer, 2022, Francisco Galisteo González y María José Gálvez Ruiz.
478. Alejandro Toral López, Study and development of flexible electronic nanodevices for biosensing applications, 2022, Enrique González Marín y Andrés Godoy Medina.
479. Alfredo Medina García, New approaches for controlling a resonant half-bridge flyback converter with wide voltage operation range, 2022, Diego Pedro Morales Santos y Noel Rodríguez Santiago.

480. Borja Sáez Mingorance, Research on Acoustic Technologies and Processing Concepts to Activate and Control Devices by Gesture, 2022, Diego Pedro Morales Santos y Encarnación Castillo Morales.
481. Cristina Gila Vílchez, Hidrogeles magnéticos para medicina regenerativa y aplicaciones tecnológicas, 2022, Modesto T. López López, y Luis Álvarez de Cienfuegos Rodríguez.
482. Daniel López Coto, Dark Matter and Solar Atmospheric Neutrino Searches with the KM3NeT-Orca And Antares Neutrino Telescopes, 2022, Sergio Navas (UGR) y Juan D. Zornoza (IFIC).
483. Francisco Ogállar Ruiz, Evaluation and criticality assessment of radiological source terms to be used for fire risk studies at accelerator facilities, 2022, José Ignacio Porras Sánchez, Helmut Vyncke y Christian Theis.
484. Guilherme Guedes, A global approach to physics beyond the Standard Model, 2022, José Santiago (UGR) y Nuno Castro (U. Minho).
485. Ignacio Castro Melgar, Modelos estructurales de velocidad y atenuación sísmica en zonas volcánicas activas, 2022, Jesús M. Ibáñez y Janire Prudencio.
486. Iván Fernández Melchor, Sismicidad de largo periodo en el volcán Copahue, Andes del Sur, 2022, Almendros, J. y Caselli, A. (UNRN).
487. Javier Méndez Gómez, Efficient Sensor Fusion of LiDAR and Radar for Autonomous Vehicles, 2022, Diego Pedro Morales Santos y Manuel Pegalajar Cuéllar.
488. María del Carmen Mañas Torres, Diseño de hidrogeles supramoleculares constituidos por pequeños péptidos: estudio de autoensamblaje y aplicaciones, 2022, Luis Álvarez de Cienfuegos Rodríguez y Modesto T. López López.
489. Maria Ramos, The Interplay between Collider and Astrophysical Probes of Non-Minimal Composite Higgs Models, 2022, Mikael Chala (UGR), Nuno Castro (U. Minho).
490. Mariia Savchenko, Production and characterisation of protein crystals in hydrogels to support inorganic precipitation in confined spaces, 2022, Luis Álvarez de Cienfuegos Rodríguez y Modesto T. López López.
491. Pablo Torres Sánchez, The $^{14}\text{N}(n,p)$ reaction cross-section measurement at n TOF - CERN and its application to the design of a facility for neutron capture therapy, 2022, José Ignacio Porras Sánchez y Antonio Javier Praena Rodríguez.
492. Vanessa Jiménez Morales, Estudio sismológico de la actividad y la estructura del volcán Isla Decepción (Antártida), mediante el análisis de datos continuos registrados en una estación sísmica permanente (2008-2015), 2022, Francisco Javier Almendros González.
493. William Ramón Suárez Fernández, Hidrogeles magneto-poliméricos fluidificantes. Diseño y caracterización de las propiedades mecánicas, 2022, Juan de Dios García López-Durán y Modesto T. López López.
494. Jesús Domínguez Gómez, Assembly of void galaxies: star formation and molecular gas, 2023, Isabel Pérez Martín y Ute Lisenfeld.
495. Jesús Rodríguez Camacho, Analysis of the Sierra Nevada ELF station recordings: a contribution to the study of the Schumann Resonances , 2023, M^a. Carmen Carrión Pérez y Alfonso Salinas Extremera.
496. José Manuel Hidalgo Muñoz, Assessing the impact of climate variability on seasonal streamflow forecasting in the Iberian Peninsula, 2023, Yolanda Castro Díez y María Jesús Esteban Parra.



497. José María Pérez Poyatos, Exploring flavour at the energy frontier in the Little Higgs paradigm, 2023, José Ignacio Illana.
498. Juan Ojeda García, Descriptores estadísticos aplicados al análisis de escenas naturales bajo diferentes condiciones de iluminación, 2023, Francisco Javier Romero Mora y Juan Luis Nieves Gómez.
499. María de la Natividad Tejada Casado, Reflectance and colorimetric modelling of multilayer bodies of translucent dental materials, 2023, Razvan Ionut Ghinea y Luis Javier Herrera Maldonado.
500. Patricio Yeste Donaire, Assessing the impact of climate variability on seasonal streamflow forecasting in the Iberian Peninsula, 2023, Yolanda Castro Díez y María Jesús Esteban Parra.
501. Víctor Toral López, Instrumentation based on flexible technology for biomedical sensorization and monitorization, 2023, Antonio García Ríos y María Encarnación Castillo Morales.



CARGOS ACADÉMICOS Y DE GESTIÓN EN LA UGR

Estrella FLORIDO NAVÍO¹

CARGOS ACADÉMICOS Y DE GESTIÓN EN LOS ÓRGANOS DE GOBIERNO DE LA UGR

Hasta ahora no ha habido Rector o Rectora proveniente de la rama de física en la UGR, pero sí que ha habido representación frecuente en los equipos de gobierno de la Universidad, ocupando generalmente los Vicerrectorados relacionados con la investigación o con la ordenación académica, de gran peso y responsabilidad, y en el caso del profesor Hita, el puesto de defensor universitario durante 6 años.

Enrique Hita Villaverde	
Defensor Universitario	14/11/2008-11/12/2014
Jesús Biel Gayé	
Vicerrector de Investigación	1981-1984
Ramón Román Roldán	
Vicerrector de Ordenación Académica	1988-1989
Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid	
Vicerrector de Investigación	1989
Luis Jiménez del Barco Jaldo	
Vicerrector de Ordenación Académica y Profesorado	2008-2015
Fernando Cornet Sánchez del Águila	
Vicerrector de Personal Docente e Investigador	2019-2023

1. Algunos de estos datos se han cogido del libro “La Facultad de Ciencias en la Universidad de Granada”, de Antonio Ríos Guadix (EUG, 2022).



María José Gálvez Ruiz	
Secretaria de Coordinación Universitaria	2008-2011
Javier Romero Mora	
Director del Centro de Instrumentación Científica de la UGR	2008-2023

CARGOS ACADÉMICOS Y DE GESTIÓN EN LOS ÓRGANOS DE GOBIERNO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

Por lo que respecta a la Facultad de Ciencias, son seis los decanos que ha habido hasta la actualidad de la rama de la Física, y numerosos secretarios y vicedecanos. Se da el caso de que la profesora María del Carmen Carrión ha sido la primera mujer Decana de dicha Facultad.

DECANOS/A:

Justo Mañas Díaz	1/11/1967-21/11/1968
Bernardo García Olmedo	20/06/1979-9/10/1980
Gerardo Pardo Sánchez	10/10/1980-27/12/1983
Ramón Román Roldán	27/12/1983-20/6/1986
Enrique F. Hita Villaverde	15/11/1999-25/6/2008
María del Carmen Carrión Pérez	13/06/2016-...

SECRETARIOS/A:

Gerardo Pardo Sánchez	1968-1972
Enrique Hita Villaverde	1980-1983
Antonio Rubio Ayuso	1983-1986
María del Carmen Carrión Pérez	1999-2008

**VICEDECANOS/A:**

Gerardo Pardo Sánchez	
Vicedecano de Edificio, Conservación, Construcciones e Infraestructura	1974-1980
Fernando González Caballero	
Vicedecano de Servicios Técnicos, Investigación, Relaciones Institucionales, Relaciones Internacionales, Espacio Europeo de Enseñanza Superior, Programas de Intercambio y Prácticas Externas	1980-1983 y 1999-2016
Antonio Lloris Ruiz	
Vicedecano de Asuntos Económicos	1983-1986
Joaquín Marro Borau	
Vicedecano de Biblioteca, Actividades Culturales, Relaciones con la Sociedad, Ordenación Académica, Iniciativas Científicas y Relaciones Institucionales	1988-1999
Miguel Ángel Cabrerizo Vilchez	
Vicedecano de Infraestructura y Mantenimiento	1986-1991
Roque Hidalgo Álvarez	
Vicedecano de Ordenación Académica	1986-1990
María del Carmen Carrión Pérez	
Vicedecana de Asuntos Económicos	2008
David Blanco Navarro	
Vicedecano de Infraestructura y Asuntos Económicos	2016-...
Carlos Sampedro Matarín	
Vicedecano de Actividades Culturales, Deportes y Estudiantes	2016-2018
Sergio Navas Concha	
Vicedecano de Investigación y Divulgación Científica	2016-2023
Razvan Ionut Ghinea	
Vicedecano de Investigación y Divulgación Científica	2023-...

ORGANIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE FÍSICA

Estos estudios siempre han formado parte de la Facultad de Ciencias y, por tanto, están regidos en última instancia por los equipos de gobierno de dicha Facultad. Pero, debido a su gran complejidad por la cantidad de estudios de los que es responsable, la



organización interna de la Facultad se articula considerando originalmente distintas Secciones según las licenciaturas, y actualmente en Comisiones Docentes que organizan la docencia de los diferentes grados.

Las tareas de estos órganos han ido cambiando y ampliándose con el tiempo. Si originalmente se trataba de planificar los estudios, en los últimos años, además de la organización de los horarios, calendario de exámenes, gestión de los TFGs y un largo etcétera, se ha encargado de poner en marcha numerosas actividades relacionadas con una formación más amplia del estudiantado: Talleres sobre salidas profesionales, implantación del plan de acción tutorial, taller de técnicas de estudio, información sobre la optatividad, jornadas sobre la investigación que se realiza en los departamentos, orientación sobre los Trabajos Fin de Grado, información acerca de los másteres de la UGR, visitas a laboratorios de investigación y organización de conferencias, complementadas éstas por las de los ciclos Fronteras de la Física (que organiza el Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional) e Historia de la Física: construyendo futuro (organizado por el Seminario La Física y sus Historias, fundado y formado por profesorado de Física).

SECCIÓN DE FÍSICA

A continuación listamos los nombres de los directores de la Sección de Físicas, incluyendo también los nombres de los secretarios en caso de tener el dato:

Gerardo Pardo Sánchez	1973
Ramón Román Roldán	1979
José Ros Pallarés	1981
Eduardo Battaner López	1982
Juan Ignacio Giménez Giménez	
Antonio Lloris Ruiz	1983
Enrique Hita Villaverde	1984
Pedro Cartujo Estébanez	1985
Jesús Biel Gayé	1986
Rafael Martínez	
Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid	

**COMISIÓN DOCENTE DE FÍSICA**

Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid	1991-1992
Bernardo García Olmedo	1992-1993
Juan Antonio López Villanueva	
Francisco Javier de las Nieves	1993-1994
Francisco Gálvez Cifuentes	
Antonio Miguel Lallena Rojo	1994-1997
José Antonio García García	
María del Carmen Carrión Pérez	1997-1999
Fernando Cornet Sánchez del Águila	
Fernando Cornet Sánchez del Águila	1999-2000
Carmen García Recio	
Antonio Molina Cuevas	2000-2003
Juan Miguel Nieves Pamplona	
Francisco Javier Romero Mora	2003-2006
Diego Pablo Ruiz Padillo	
Diego Pablo Ruiz Padillo	2006-2010
Ignacio Sánchez García	
Ignacio Sánchez García	2010-2013
Juan Luis Nieves Gómez	
Estrella Florido Navío	2013-2021
Marta Anguiano Millán	
Alberto Martín Molina	2021-...
Marta Anguiano Millán	



MIEMBROS DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICO-QUÍMICAS Y NATURALES DE GRANADA

La Academia de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales de Granada se crea por el REAL DECRETO 2318/1976, de 24 de agosto, a propuesta del Ministro de Educación y Ciencia (Aurelio Menéndez y Menéndez), y previa deliberación del Consejo de Ministros.

Los objetivos de la Academia son:

- Primero. El cultivo, fomento y difusión de las ciencias y sus aplicaciones, en general.
- Segundo. Atender las consultas que instituciones públicas o privadas le dirijan acerca de cualquier asunto de carácter científico y de su competencia.

MIEMBROS Y CARGOS DE FÍSICA:

Gerardo Pardo Sánchez: Presidente de honor y académico fundador

Fernando González Caballero: Presidente de la Academia

Enrique Hita Villaverde: Presidente de la Academia

Académicos de número:

Eduardo Battaner López: Presidente de la sección de Físico-Químicas

Ángel Vicente Delgado Mora

Roque Isidro Hidalgo Álvarez

Luis Miguel Jiménez del Barco Jaldo: Tesorero de la Academia

Alberto Prieto Espinosa

Jesús Sánchez-Dehesa Moreno-Cid



Académicos supernumerarios:

Bernardo García Olmedo

Académicos correspondientes:

Rafael Guardiola Bárcena

Francisco Jesús Gámiz Péres

Ignacio Rojas Ruíz

Javier Romero Mora

María Josefa Yzuel Giménez



IN MEMORIAM

No queremos terminar este libro sin recordar a nuestros compañeros que, aunque no estén físicamente con nosotros, permanecieron hasta el final de sus vidas activas en la Universidad de Granada y han influido en lo que somos:

PEDRO CARTUJO ESTÉBANEZ

FERNANDO DE MIGUEL MARTÍNEZ

SAFWAN AL KHOURI IBRAHIM

LUCAS LARA GARRIDO

JUAN ANTONIO MORENTE CHIQUERO

JULIO ORTEGA LOPERA

JOAQUIM PRADES HERNÁNDEZ

JOSÉ CARLOS SEGURA LUNA

Asimismo, queremos recordar a los miembros del Personal de Administración y Servicio que nos han dejado, y a aquellos/as estudiantes que fallecieron mientras realizaban sus estudios, sin ver cumplidos sus sueños de ser Físicos/as.

