



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

***Documentación para las pruebas de acceso a  
una Plaza de Catedrático/a de Universidad***

**DOCUMENTO 1**

***HISTORIAL ACADÉMICO Y PROFESIONAL***

***Francesca Peiró Martínez***

***Barcelona, Mayo de 2017***



# DOCUMENTO 1

---

## Historial académico y profesional

---

**Documentación presentada para el concurso de acceso a la Plaza de Catedrático/a de Universidad según Resolución 214 del BOE 07/01/2017 nº6, Sec. IIB, pag.777**

***Francesca Peiró Martínez***



**A Carlos,**

*A pesar de todo*

**... a Irene, Júlia y Helena**

*Por el tiempo que os he robado  
(aunque ya empiezo a dudar de quién se lo ha robado a quién)*

**...a Tomás**

*Por el tiempo que fue, ...no fue... es...y quizás ha de venir!*

*Papa, can you hear me?  
Papa, can you see me?  
Papa, can you find me in the night?*

*Papa, are you near me?  
Papa, can you hear me?  
Papa, can you help me not be frightened?*

*Papa, how I love you...  
Papa, how I need you.  
Papa, how I miss you  
Kissing me good night...*

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN. Motivación y presentación .....</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO 1. Formación académica y etapa predoctoral .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 FORMACIÓN ACADÉMICA .....</b>	<b>11</b>
1.1.1 Los inicios: las dudas y decisiones .....	11
1.1.2 Titulaciones y becas .....	12
<b>1.2 FORMACIÓN DOCTORAL .....</b>	<b>13</b>
1.2.1 Contexto de la Tesis .....	13
1.2.2 La Tesis Doctoral .....	14
<b>1.3 FORMACIÓN ADICIONAL .....</b>	<b>15</b>
1.3.1 Cursos de especialización para la investigación .....	15
1.3.2 Cursos para la mejora de la calidad docente .....	17
1.3.3 Cursos de preparación personal y capacitación para la gestión y dirección .....	19
<b>1.4 EXPERIENCIA PROFESIONAL .....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO 2. Dimensión Docente .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1 INICIO DE LA ACTIVIDAD DOCENTE: PAS y Profesor Asociado .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2 DOCENCIA COMO PROFESORA TITULAR EN LA UB .....</b>	<b>24</b>
2.2.1 Docencia reglada de primer y segundo ciclo .....	26
2.2.2 Docencia reglada de tercer ciclo .....	26
2.2.3 Docencia en programas de Máster Oficial y Programas de Doctorado .....	27
<b>2.3 OTROS CURSOS IMPARTIDOS .....</b>	<b>27</b>
2.3.1 Cursos impartidos de especialización para la Investigación .....	28
2.3.2 Cursos impartidos relativos a innovación y calidad de la docencia y formación de profesor novel .....	29
<b>2.4 DIRECCIÓN DE TRABAJOS .....</b>	<b>30</b>
2.4.1 Dirección de prácticas curriculares .....	30
2.4.2 Trabajos Tutelados de Fin de Grado .....	31
2.4.3 Trabajos de investigación para Diploma de Estudios Avanzados (DEA) .....	32
2.4.4 Dirección de Tesis de Máster .....	33
<b>2.5 DIRECCIÓN DE TESIS DOCTORALES .....</b>	<b>35</b>
2.5.1 Tutorías de Tesis Doctorales .....	35
2.5.2 Dirección de Tesis Doctorales .....	35
2.5.3 Dirección de Investigadores Post-doctorales Internacionales .....	39
2.5.4 Otras actividades relacionadas con la formación doctoral .....	39

<b>CAPÍTULO 3. Innovación Docente e Investigación en Docencia</b> .....	<b>41</b>
<b>3.1 MOTIVACIONES PARA LA INNOVACIÓN</b> .....	<b>41</b>
3.1.1. Antecedentes .....	41
3.1.2. Antes del Plan Bolonia.....	43
<b>3.2 PROYECTOS DE INNOVACIÓN DOCENTE</b> .....	<b>44</b>
3.2.1 Proyectos para la generación y mejora del material docente .....	44
3.2.2 Proyectos de innovación metodológica .....	45
3.2.3 Proyectos de coordinación docente.....	46
3.2.4 Proyectos de Investigación en docencia .....	46
<b>3.3 INNOVACIÓN DOCENTE: UN CAMBIO HACIA METODOLOGÍAS ACTIVAS</b> .....	<b>49</b>
3.3.1 La organización del curso.....	50
3.3.2 Análisis del impacto de la implementación de la nueva metodología docente.....	52
3.3.3 Flexibilización de las estrategias de evaluación acreditativa.....	56
3.3.4 El nombre adecuado: Semipresencial? Metodologías activas?: Aula Invertida. ....	57
<b>3.4 PUBLICACIONES SOBRE INNOVACIÓN DOCENTE</b> .....	<b>59</b>
3.4.1 Publicaciones derivadas del cambio metodológico.....	59
3.4.2 Otras publicaciones relacionadas con la innovación docente .....	60
<b>3.5 CONGRESOS DE INNOVACIÓN DOCENTE</b> .....	<b>61</b>
3.5.1 Comunicaciones presentadas en congresos de innovación docente.....	61
3.5.2 Asistencia a congresos de innovación docente.....	61
<b>3.6 EVALUACIÓN DE LA ACTUACIÓN DOCENTE</b> .....	<b>63</b>
3.6.1 Evaluación oficial: Tramos Docentes.....	63
3.6.2 Encuestas institucionales.....	64
3.6.3 Encuestas particulares.....	67
<b>3.7 PREMIOS Y MENCIONES EN DOCENCIA</b> .....	<b>75</b>
<b>CAPÍTULO 4. Dimensión de Investigación</b> .....	<b>77</b>
<b>4.1 INICIOS DE LA ACTIVIDAD INVESTIGADORA</b> .....	<b>77</b>
4.1.1 Análisis de imagen y microscopía de materiales.....	78
4.1.2 La tesis y los semiconductores III-V. ....	80
<b>4.2 ETAPAS TEMÁTICAS DE LA ACTIVIDAD INVESTIGADORA</b> .....	<b>83</b>
4.2.1 1989 - 2001: más de una década de microscopía electrónica de transmisión.....	84
4.2.2 2000-2009: ¿pintando en colores o esculpiendo?: los sensores de gas y las pilas de combustible.....	87
4.2.3 1998-2008: una década de resistencia.....	96
4.2.4 2006 - 2009: el resurgimiento de los III-V y del TEM.....	105
4.2.5 2010 - 2016: Consolidación de LENS, Laboratorio de NanoScopía Electrónica.....	112
<b>4.3 FINANCIACIÓN DE LA ACTIVIDAD INVESTIGADORA</b> .....	<b>130</b>
4.3.1 Proyectos de Investigación .....	130
4.3.2 Colaboraciones Nacionales en el marco de los proyectos de Investigación .....	136
4.3.3 Distribución de la financiación .....	139

<b>4.4 PRODUCTIVIDAD DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	142
4.4.1 Publicaciones científicas en revistas .....	142
4.4.2 Artículos en libro y capítulos de libro .....	145
4.4.3 Resumen cuantitativo .....	147
4.4.4 Análisis bibliométrico de las publicaciones .....	149
4.4.5 Comunicaciones a congresos .....	165
4.4.6 Conferencias Invitadas .....	173
<b>4.5 INTERNACIONALIDAD DE LA ACTIVIDAD INVESTIGADORA</b> .....	178
4.5.1 Colaboraciones internacionales .....	178
4.5.2 Movilidad Internacional .....	182
4.5.3 Participación en convocatorias europeas (fallidas) y futuras .....	184
<b>4.6 EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD INVESTIGADORA</b> .....	188
4.6.1 Evaluación oficial: acreditaciones y sexenios .....	188
4.6.2 Evaluación institucional: el PDA .....	188
<b>4.7 PREMIOS Y MENCIONES EN INVESTIGACIÓN</b> .....	192
<b>CAPÍTULO 5. Dimensión de transferencia de tecnología</b> .....	<b>195</b>
<b>5.1 TRABAJOS PARA EMPRESA EN LA ETAPA POST-DOCTORAL</b> .....	195
5.1.1 Informes técnicos de microscopía electrónica .....	195
<b>5.2 COLABORACIONES CON EMPRESA EN PROYECTOS</b> .....	196
5.2.1 Colaboración con la empresa FAE .....	196
<b>5.3 CONTRATOS DE INVESTIGACIÓN CON EMPRESA</b> .....	199
5.3.1 Colaboración con la empresa DELPHI .....	199
<b>5.4 CONTRATOS DE ACTIVIDADES FORMATIVAS y DE ASESORÍA</b> .....	203
5.4.1 Colaboración con la Universidad de Zaragoza .....	203
5.4.2 Contratos de asesoría con TERMCAT .....	203
5.4.3 Contratos de investigación con instituciones públicas .....	204
<b>5.5 CEMIC, REDES Y OTRAS COLABORACIONES</b> .....	205
5.5.1 Colaboraciones con Spin-off's .....	205
5.5.2 Colaboraciones en proyectos de valorización industrial. ....	206
5.5.3 Colaboración universidad-empresa en docencia .....	206
5.5.4 Participación en redes .....	207
<b>5.6 TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA: PATENTES</b> .....	208
5.6.1 Desarrollos Instrumentales: precesión-EELS .....	208
5.6.2 Desarrollo de programas: OXIDE WIZARD .....	210
5.6.3 Patente y productos de propiedad intelectual protegida .....	212
<b>5.7 FINANCIACIÓN GLOBAL EN CONTRATOS</b> .....	213
<b>CAPÍTULO 6. Dimensión de Gestión</b> .....	<b>215</b>
<b>6.1 CARGOS DE GESTIÓN EN LA FACULTAD</b> .....	215
6.1.1 Desempeño de gestión en docencia .....	215
6.1.2 Desempeño de gestión en investigación .....	216

<b>6.2 ACTIVIDAD COMO EVALUADOR</b> .....	220
6.2.1 Evaluación de convocatorias competitivas autonómicas y locales .....	220
6.2.2 Evaluación de convocatorias competitivas nacionales .....	221
6.2.3 Evaluación de convocatorias competitivas internacionales .....	222
6.2.4 Censor de publicaciones científicas .....	223
<b>6.3 COMITÉS DE SELECCIÓN DE PERSONAL</b> .....	224
6.3.1 Comisiones para concursos de acceso al CSIC .....	224
6.3.2 Comisiones para concursos de acceso de profesorado .....	224
<b>6.4 COMITÉS CIENTÍFICOS Y DE CONGRESOS</b> .....	229
6.4.1 Moderadora en sesiones de congresos nacionales e internacionales .....	229
6.4.2 Organización de Conferencias, Seminarios y Cursos .....	230
6.4.3 Participación en Comités Científicos y Sociedades .....	231
<b>6.5 COORDINACIÓN DEL MÁSTER OFICIAL EU EN NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA</b> .....	232
6.5.1 Etapa de iniciación: 2006-2009 .....	232
6.5.2 Etapa de consolidación: 2010-2013 .....	235
6.5.3 Verificación (2014) y hacia adelante .....	237
<b>CAPÍTULO 7. Dimensión de Divulgación</b> .....	<b>239</b>
<b>7.1 ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN</b> .....	239
7.1.1 Cursos de divulgación .....	239
7.1.2 Jornadas y talleres para enseñanza secundaria .....	240
7.1.3 Dirección de proyectos de investigación en enseñanza secundaria .....	241
7.1.4 Divulgación desde la perspectiva de género .....	241
<b>7.2 PROYECTOS DE DIVULGACIÓN</b> .....	242
7.2.1 Proyectos de divulgación y en relación a la enseñanza secundaria .....	242
7.2.2 Proyectos de captación de talento .....	243
7.2.3 Proyectos para la generación de cursos masivos .....	245
<b>7.3 EL PRIMER MOOC: Técnicas Microscópicas de Caracterización</b> .....	246
7.3.1 Contexto del MOOC .....	246
7.3.2 Contenidos y organización .....	248
7.3.3 Analítica de participación .....	250
7.3.4 Cerrando el círculo: MOOC en Docencia .....	256
<b>CONSIDERACIONES FINALES. La rueda gira</b> .....	<b>259</b>
<b>ANEXO 1. Valoración de los méritos según los recientes baremos</b> .....	<b>263</b>
<b>ANEXO 2. Descripción de la documentación acreditativa</b> .....	<b>269</b>
<b>ANEXO 3. Datos de 2017</b> .....	<b>277</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>281</b>

## INTRODUCCIÓN. *Motivación y presentación*

---

El presente documento es un resumen de los aspectos más importantes que han configurado mi historial académico y profesional. Quizás antes venga bien hacerse alguna reflexión sobre el camino recorrido hasta aquí. Y formularse algunas preguntas.

### ¿Por qué Física?

- Sin duda hubiese sido más correcto plantear una cuestión alternativa: **¿por qué no Medicina?**, ya que siempre fue mi vocación, desde muy niña. No fue un problema de calificaciones, porque mis notas de PAAU me permitían superar la nota de corte de aquel 1983, sino una mezcla a partes iguales de hipocondría y de interés en no alargar los estudios más allá de cinco años (como si alguna vez se dejara de estudiar en este camino, algo que no tenía aún claro entonces).
- Una vez descartada Medicina, ganó sin duda la mejor o más intensa influencia en el instituto: **el profesor Muñoz**, mi profe de Física de 2º BUP. Alguien tan seguro de sí mismo como para responder a un chico de color que le había importunado con un “...aquí se ha dejado la flecha...” (*del vector se entiende*) con un “...i vostè...s’ha deixat la llança?”; o tan seguro como para asignar “...este problema sobre el cálculo de la sombra proyectada por un objeto iluminado por una vela al alumno que se llama Sr. Candil ...”. No entraré a valorar la oportunidad de dichas intervenciones, o si eran más o menos respetuosas. Sólo diré que era el profesor que mayor silencio y atención lograba en sus clases y a quienes más temían incluso los que nunca temían a nadie. Pero inculcaba el interés por la Física, en la misma medida que espantaba su mirada.

*¿Física?, ¿Por qué no?*

### ¿Por qué profesor?

- Ya de pequeña jugaba a serlo, alternándolo con lo de ser madre y ser médico. Y complementaba mi bata de colegio (a modo de bata de profe) con unas gafas de tipo “Un, dos, tres responde otra vez” (sin cristales), que me ponía y sacaba como para darme relevancia cuando explicaba a mis muñecas con un libro y un bolígrafo en la mano, sin saber que ahora las necesito con cristales de verdad para leer, signo inequívoco de que ya tengo una edad.
- Y ante la opción de continuar siendo PAS o preparar unas oposiciones a Titular, alguien me apoyó a hacer esto último y compensó así el “karma” de no haberlo hecho para empujarme hacia la medicina. Así que,

*¿Profesor?, Vale.*

### ¿Por qué una carrera académica?

- Porque un día un profesor de matemáticas de 8º de EGB (yo fui a EGB) le dijo a mi padre que yo podría llegar hasta donde quisiera, incluso hasta catedrático. Así que, **profesor Jausset**,

*¡Aquí estoy para intentarlo!*

Esta memoria es la descripción del camino recorrido desde la licenciatura en 1988 hasta la actualidad. Una regresión temporal que curiosamente me ha hecho revivir muchos momentos vitales en un rango de sabores entre lo más dulce y lo más amargo, con una amplia gama de agrídulces intermedios. Un hacer balance que llega justo entrando en la década de los cincuenta (qué mejor momento para echar un vistazo atrás con ganas de seguir adelante). Empecemos...que se alarga el preámbulo.

Tradicionalmente se ha venido diciendo que la tarea de un profesor tiene tres patas principales: docencia, investigación y gestión. Más recientemente se incorporó a la tríada la palabra “transferencia”, como una necesidad de revertir en la sociedad el conocimiento generado en la investigación. Este esquema básico se ha ido quedando pequeño para contener todas las actividades que a día de hoy realiza un profesor universitario. Aunque seamos capaces de establecer una plantilla descriptiva y base de la evaluación de dichas actividades, como lo es la propia estructura de valoración ACADEMIA<sup>1</sup> de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y acreditación (ANECA)<sup>2</sup>, difícilmente podría ajustarse a todos los roles que desempeñan los profesores. Seguro que el corsé apretaría aquí o allá y dejaría fuera algún que otro papel del profesor. Por ello, a la hora de presentar mi historial académico y profesional, he optado por configurarlo en tres niveles, (Uy! Ya se ha colado una nomenclatura de rúbrica, con tintes de pedagogía...ojo!).

**El nivel 1**, sería el más objetivo, legal y, por qué no, más impersonal y frío. Es la **recopilación de toda la documentación justificativa**: publicaciones, certificados de asistencia a cursos, a congresos, comprobantes de cargos, liderazgo de proyectos, direcciones de tesis etc, de toda mi trayectoria. Esta documentación ha sido estructurada tal y como lo fue en el su momento cuando presenté la solicitud de Evaluación para la Acreditación al Cuerpo de Catedráticos de Universidad en abril del 2009, es decir, encorsetada bajo las mismas etiquetas que los epígrafes de valoración de la ANECA y de sus tablas orientativas de puntuación. En la **Figura 0.1** se presentan dichas tablas en relación al área de conocimiento. Así, se adjunta como evidencias de lo expuesto en este historial, **siete cuadernos** con documentación original y copias de publicaciones y certificados. He preferido mantener esta misma estructura (válida en el 2009) por ser aquella bajo la que se valoró mi solicitud, a pesar de que muy recientemente, ya está disponible una versión 3.0 del aplicativo ACADEMIA donde se especifican los nuevos conceptos (no tan nuevos) y criterios de evaluación<sup>3</sup>. A modo de resumen, en el **anexo 1** se presentarán estas nuevas pautas de valoración y los baremos utilizados para definir los límites de evaluación positiva de las solicitudes, que pasan de los indicadores numéricos de la **Figura 0.1** a una clasificación en literales A-E para los conceptos de docencia, investigación, transferencia y gestión. Complementamos este nivel con el **anexo 2**, en el que se relacionan el listado de todos los méritos alegados en el historial para facilitar la consulta de la documentación.

**El nivel 2**, no es más que el **Currículum Vitae formalizado**. Una recopilación más compacta del historial, estructurado de nuevo bajo un sistema de clasificación que, a menudo, queda desajustado cuando se intenta incorporar todas las actividades que se han venido realizando. **Esta hoja de vida se presentará como anexo a las 10 páginas que constituyen el Documento de Justificación de la Adecuación a la Plaza.**

Llegamos al **nivel 3**, esta misma **memoria escrita**. He preparado este historial de una manera algo más narrativa, para compensar el rigor de los dos anteriores niveles y para poner mejor en contexto el desarrollo de mi actividad. Y, además, me he tomado la **libertad de incluir algunas valoraciones personales**, porque siempre viene bien una autoevaluación retrospectiva, más a estas alturas de la vida.

<sup>1</sup> <http://www.aneca.es/Programas/ACADEMIA>

<sup>2</sup> <http://www.aneca.es>

<sup>3</sup> <http://www.mecd.gob.es/servicios-al-ciudadano-mecd/catalogo/general/educacion/academia/ficha/academia.html>


**TABLA ORIENTATIVA DE PUNTUACIONES MÁXIMAS**
**1. Catedrático de Universidad**

CATEDRÁTICO DE UNIVERSIDAD (puntuaciones orientativas máximas)	Arte y Humanidades (Hasta)	Ciencias Sociales y Jurídicas (Hasta)	Ciencias (Hasta)	Ciencias de la Salud (Hasta)	Ingeniería y Arquitectura (Hasta)
<b>1. Actividad investigadora</b>	55	55	55	55	55
1.A. Calidad y difusión de resultados de la actividad investigadora	36 43	36 43	33 40	33 40	30 37
Bloque 1.1	31-38	31-38	30-37	30-37	27-34
1.A.1. Publicaciones científicas indexadas	(a)	(a)			
1.A.2. Otras publicaciones científicas	(a)	(a)			
1.A.3. Libros y capítulos de libros	(b)	(b)			
1.A.4. Creaciones artísticas profesionales			(b)	(b)	(b)
Bloque 1.2	5	5	3	3	3
1.A.5. Congresos					
1.A.6. Conferencias y seminarios					
1.A.7. Otros méritos					
1.B. Calidad y número de proyectos y contratos de investigación	6	6	8	8	10
Bloque 1.3	6	6	8	8	10
1.B.1. Participación en proyectos de investigación y/o en contratos de investigación					
1.B.2. Otros méritos relacionados con la calidad y número de proyectos y contratos de investigación					
1.C. Calidad de la transferencia de los resultados	10 3	10 3	11 4	11 4	12 5
Bloque 1.4	10-3	10-3	11-4	11-4	12-5
1.C.1. Patentes y productos con registro de propiedad intelectual					
1.C.2. Transferencia de conocimientos al sector productivo					
1.C.3. Otros méritos relacionados con la calidad de la transferencia de los resultados					
1.D. Movilidad del profesorado	3	3	3	3	3
Bloque 1.5	3	3	3	3	3
1.D.1. Estancias en centros de investigación					
1.D.2. Otros méritos relacionados con la movilidad del profesorado					
1.E. Otros méritos relacionados con la actividad investigadora	2 (c)	2 (c)	2 (c)	2 (c)	2 (c)
c) Los puntos en este apartado son adicionales, de manera que se puede obtener la puntuación máxima sin puntos en este apartado.					
<b>2. Actividad docente o profesional</b>	35	35	35	35	35
2.A. Dedicación docente	22	22	22	22	22
Bloque 2.1	17	17	17	17	17
2.A.1. Docencia universitaria impartida (primer y segundo ciclo, grado y posgrado)					
Bloque 2.2	5	5	5	5	5
2.A.2. Dirección de Tesis Doctorales					
2.A.3. Dirección de proyectos fin de carrera, tesinas, trabajos fin de master, DEAs					
2.A.4. Otros méritos relacionados con la actividad docente					
2.B. Calidad de la actividad docente	7	7	7	7	7
Bloque 2.3	7	7	7	7	7
2.B.1. Evaluaciones positivas de su actividad					
2.B.2. Material docente original y publicaciones docente					
2.B.3. Proyectos de innovación docente					
2.B.4. Otros méritos relacionados con la calidad de la actividad docente					
2.C. Calidad de la formación docente	3	3	3	3	3
Bloque 2.4	3	3	3	3	3
2.C.1. Participación, como ponente, en congresos orientativos a la formación docente universitaria					
2.C.2. Participación, como asistente, en congresos orientados a la formación docente universitaria					
2.C.3. Estancias en centros docentes					
2.C.4. Otros méritos relacionados con la calidad de la formación docente					
2.D. Calidad y dedicación a actividades profesionales en empresas, instituciones, organismos públicos de investigación u hospitales, distintas a las docentes o investigadoras	3	3	3	3	3
Bloque 2.5	3	3	3	3	3
2.D.1. Puestos ocupados y dedicación					
2.D.2. Evaluaciones positivas de su actividad					
2.E. Otros méritos	2 (c)	2 (c)	2 (c)	2 (c)	2 (c)
c) Los puntos en este apartado son adicionales, de manera que se puede obtener la puntuación máxima sin puntos en este apartado.					
<b>3. Experiencia en gestión y administración educativa, científica, tecnológica y otros méritos</b>	10	10	10	10	10
3.A. Desempeño de cargos unipersonales de responsabilidad en gestión universitaria recogidos en los Estatutos de las universidades, o que hayan sido asimilados, u organismos públicos de investigación durante al menos un año	8	8	8	8	8
3.B. Desempeño de puestos en el entorno educativo, científico o tecnológico dentro de la administración general del estado o de las Comunidades Autónomas durante al menos un año	6	6	6	6	6
3.C. Otros méritos relacionados con la experiencia en Gestión y Administración	8	8	8	8	8

**Figura 0.1.** Esquema de los conceptos y criterios de evaluación según el Procedimiento de Acreditación al Cuerpo de Profesores Catedráticos de Universidad vigente en el período en que superé dicha acreditación (Septiembre 2009).

Tras esta no demasiado breve introducción, en el **capítulo 1** presentaré el inicio de mi andadura por la carrera académica, que curiosamente se inicia renunciando a ella. Me refiero a la etapa en la que trabajé con un contrato de técnico como personal de administración y servicios, los poco valorados PAS. Es el período en el que se desarrolló y defendió la tesis doctoral, y que concluirá con la toma de posesión de la plaza de Profesora Titular de Universidad en mayo de 1995.

Si en aquel entonces mi máxima preocupación era preparar bien unas clases para poder presentarme frente un alumnado exigente sin que me temblaran las piernas, poco imaginaba la cantidad de tareas que se irían añadiendo, alternando y multiplicando a lo largo de los años. La **Figura 0.2** es mi propio diseño del corsé en que ajustar lo que he venido haciendo hasta hoy. He intentado reflejar que el trinomio inicial de docencia, gestión e investigación constituye el pilar fundamental, pero que es necesario ampliar el número de dimensiones para contemplar globalmente mi actuación como docente e investigadora.



**Figura 0.2** Esquema de grandes bloques de actividad en los que clasificar mis actuaciones como profesora universitaria e investigadora.

La interconexión entre bloques es frecuente, y a menudo es difícil desglosar acciones que pueden estar bajo uno u otro descriptor. Y como por alguno de ellos hemos de comenzar, pues hagámoslo por el **capítulo 2** que analiza la dimensión **docente**, con una descripción de la docencia reglada y no reglada impartida en las distintas etapas de mi trayectoria, de la implicación en la dirección de trabajos de fin de grado y de master, y de la dirección de investigadores pre-doctorales y post-doctorales.

Enlazaremos rápidamente con la investigación, pero esta vez restringida a la investigación en docencia. Será el contenido del **capítulo 3**, que se inicia con las actuaciones relacionadas con la mejora de la calidad de la docencia universitaria y la innovación de la metodología docente en el aula, para pasar luego a una tarea de investigación para evaluar las acciones de **innovación docente** emprendidas. Este capítulo contiene también las publicaciones y comunicaciones derivadas de la actuación docente y de la investigación (o evaluación) realizada sobre ella.

El **capítulo 4** se centrará en las tareas de **investigación**. Se inicia con una revisión de la etapa predoctoral, que coincide con mi labor profesional como PAS. En un segundo bloque se identifican **cuatro etapas** diferenciadas atendiendo a períodos temporales y temáticas destacando algunos **hitos fundamentales** para cada una de ellas. Es la sección de mayor contenido científico de la memoria. Los siguientes apartados son más analíticos y se centran en la valoración de la **financiación** recibida para la investigación y en el análisis de la **productividad**, términos que se relacionan con los conceptos “input” y “output” que utiliza nuestra institución para valorar nuestra dedicación académica, que también se incluye en este capítulo. Los datos analizados, así como la consulta a las bases bibliográficas para realizar esta evaluación, alcanzan hasta el año 2016. En el **anexo 3, se incluye la actualización de publicaciones y congresos en el año 2017 por completitud**. Otros aspectos como el grado de **internacionalización** de la actividad serán también tenidos en cuenta.

Siguiendo el movimiento contrario a las agujas del reloj (curioso, será un mecanismo interno inconsciente empeñado en detener el tiempo) llegaremos al **capítulo 5** en el que describiremos las acciones de transferencia de tecnología y en general las relaciones con el sector empresarial.

El **capítulo 6** abarcará la dimensión de **gestión**. Una tarea básicamente de corredor de fondo, asumiendo de forma continuada varias atribuciones algunas más significativas que otras. Sin duda merecería capítulo aparte la coordinación de un máster a lo largo de ocho cursos académicos, o algún que otro cargo de delegación que se asumió con ilusión y que quedó en agua de borrajas.

El **capítulo 7** cerrará el círculo. Es el capítulo dedicado a las tareas de **divulgación y difusión** de la ciencia. Algunas pocas acciones mediante las que se abre una puerta y se dice: *“passi passi que veurà el piset”*. Y enseña una orgullosa aquello que resulta fascinante de nuestra investigación, con ánimo seductor de escépticos. Cerramos el círculo con docencia de masas, que suena a frase prepotente y de perogrullo, pero que en realidad no es más que una muestra de que nuestro esfuerzo como docente puede dirigirse a un público tan lejano como interesado y miren...quién sabe si la docencia en el futuro no tendrá fronteras.



## CAPÍTULO 1. *Formación académica y etapa predoctoral*

---

Obtuve el título de **Licenciada en Ciencias Físicas (1983-1988)**, con la especialidad de **Electricidad, Electrónica y Física Industrial**. Alguien dijo alguna vez que los que estudiábamos estas asignaturas era porque queríamos acabar la carrera en lugar de ser Físicos. La verdad es que me decanté por esta especialidad porque por entonces esperaba poder contribuir al desarrollo de aplicaciones de soldadura industrial en la empresa que supuestamente algún día podríamos fundar a nivel familiar. Pero me motivó más el mundo de lo pequeño que de lo grande y pronto vi que la Electrónica y la Física del Estado Sólido serían más de mi agrado. Recuerdo haber sido conocedora de la selección de Barcelona como Sede Olímpica para el 92 en un aula similar a la que hoy día es el comedor del departamento, con unas ventanitas mínimas, casi en el techo, a modo de respiradero, y con sólo 10 alumnos matriculados, porque, para qué negarlo, Tecnología Industrial I no llamaba mucho la atención en el 87. La cara de mis padres cuando dije que me casaba en marzo del 88, sólo fue comparable, por opuesta, a la sonrisa del Dr. Codina cuando me excusé por no asistir a su examen parcial de primavera porque estaba de viaje de novios: *“No es preocupi senyoreta, això és molt més important que estudiar Camps !!!”*. Y aprobé Electromagnetismo II en junio, y acabé la carrera cuando tocaba, y empecé mi vida profesional y como mujer casada.

### 1.1 FORMACIÓN ACADÉMICA

#### 1.1.1 Los inicios: las dudas y decisiones

Una vez finalizada la carrera, me incorporé al **Laboratorio de Caracterización de Materiales para la Microelectrónica (LCMM)** del entonces **Departamento de Física Aplicada y Electrónica (FAE)**, en calidad de protoestudiante de doctorado, es decir, como voluntario para observar qué se hacía en el departamento con la intención de preparar una

solicitud de beca FPI. Así que en septiembre de 1988 empecé a frecuentar el laboratorio<sup>1</sup> y a redactar el proyecto de lo que debía ser el inicio de la tesis doctoral, bajo la dirección del Dr. ALBERT CORNET<sup>2</sup>. La temática versaba sobre los efectos de la implantación iónica sobre materiales semiconductores y los beneficios de los recocidos mediante láser en comparación a los recocidos térmicos convencionales. Mi primer contacto con equipo láser fue el 12 de octubre de 1988, un día festivo en el que el Dr. Cornet recibió a los técnicos que instalaron y realizaron el alineamiento inicial del láser.

Pero también entonces el Dr. Josep Samitier, que había sido mi profesor de Electrónica I en quinto curso, me habló de la vacante que se había producido en los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Barcelona (SCT)<sup>3</sup>, y en la posibilidad de ocupar una plaza de Técnico Grado Medio (Grupo II) para realizar tareas de análisis de imagen. Así que José Bosch (Pepe) me dio un curso acelerado de lo que era un pixel y una conexión de impresora RS232 y superé las pruebas de acceso.

El 1 de diciembre de 1988<sup>4</sup> me incorporé a la Universidad de Barcelona como **PAS laboral Grupo II**, haciendo un curso de formación en París (Wow! mi primer día laboral, y en París!, ¡Como para olvidarlo!):

- Curso: Journées d'Initiation au Traitement et à l'Analyse d'Images pour la Microscopie à Balayage et Microanalyse, organizado por el CNRS y la ARNT.  
**Lugar:** Paris (Francia) **Fecha:** 1-2 diciembre de 1988.

En enero de **1989** recibí la valoración positiva de mi solicitud de **Beca de Formación de Personal Investigador (FPI)**. Cuatro años por delante para realizar una tesis doctoral con financiación y una inminente estancia en Lovaina de tres meses, frente a un trabajo estable como PAS, con tareas de Análisis de Imagen y Preparación de Muestras para Microscopía Electrónica de Transmisión, que me permitían compaginar atención a usuarios y realización de la tesis. La duda surgió, y la decisión tomada fue la de continuar con la plaza de técnico en los CCyT.

### 1.1.2 Titulaciones y becas

Si consideramos como etapa predoctoral el período 1988-1993, podemos describir los siguientes puntos clave de la formación académica:

- **Licenciatura en Ciencias Físicas (1983-1988):** especialidad de Electricidad, Electrónica y Física Industrial.
- **Beca de Formación del Personal Investigador (FPI)** del Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) (Enero 1989).

<sup>1</sup> Junto a Oscar Ruíz, hoy también profesor titular, (entonces estudiante de quinto año y becario de colaboración en el departamento), y Josep Lluís Alay (hoy director del Observatorio del Tibet y Asia Central), para trabajar en el alineamiento del láser y el sistema óptico para realizar los tratamientos y posibles medidas de fotoluminiscencia.

<sup>2</sup> Será el único nombre en mayúsculas en esta memoria, por todas las razones que hay.

<sup>3</sup> En adelante los mencionaré con su denominación actual Centros Científicos y Tecnológicos (CCyT)

<sup>4</sup> Una antigüedad de más de 28 años en la casa UB.

Tema de la beca: Estudio de los recocidos post-implantación en tecnología de Silicio. Renuncia a la beca el mismo enero de 1989.

- **Cursos de doctorado del Programa de Microelectrónica Física (1989-1990)**, programa de docencia mixta entre UB y la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB).
- **Diploma de Suficiencia Investigadora (1990)**: con el trabajo experimental de 3er ciclo (9 créditos).  
**Título de la tesina:** *Caracterización por Microscopía Electrónica de Transmisión, de capas de InGaAs/InAlAs crecidas por MBE sobre substratos de InP.*  
**Director:** Prof. Albert Cornet Calveras, Catedrático de Electrónica de la Facultad de Física de la Universidad de Barcelona.  
**Calificación:** Excelente

La formación a lo largo de la vida es un requisito que me he esforzado en cumplir, de hecho, sin esfuerzo, porque el papel de estudiante por unos días es muy atractivo. Los cursos recibidos se describen en los apartados siguientes. Pero ahora hemos de dar un salto importante en el tiempo<sup>1</sup> para situarnos en octubre de 2009, año en el que inicié un máster de carácter complementario a la formación recibida hasta entonces, y que finalizó con la defensa de la tesis de máster en 2011.

- **Máster en Política y Gestión Académica Universitaria (2009-2011)**: Máster propio de la UB, (de 60 créditos), dirigido por la directora de la Agencia de Postgrado de la UB, la profesora Cristina Sanz, y que concluyó con la escritura y defensa del trabajo de Tesis de Máster en octubre de 2011.  
**Título de la Tesis de Máster:** *Gestión de un Máster Oficial en Nanociencia y Nanotecnología: encuentros, oportunidades y desencantos.*  
**Calificación:** Excelente

## 1.2 FORMACIÓN DOCTORAL

### 1.2.1 Contexto de la Tesis

Durante el período 1989-1993, realicé el trabajo de investigación de la tesis doctoral, ligado a un proyecto europeo de investigación. Supuso un cambio de temática desde el Si a los semiconductores III-V, iniciando lo que sería una relación íntima que aún no ha concluido.

El proyecto marco de la tesis era: **Low Dimensionality Structures for Future Quantum Semiconductor Devices** "Proyecto ESPRIT subvencionado por la CEE (1989). (ESPRIT Basic Research Project 3086), en el que participan diversas instituciones europeas:

---

<sup>1</sup> Ahora sería lo usual: encadenar un máster tras la graduación.

Université Blaise Pascal (Clermont-Ferrand, Francia), University of Cardiff (Cardiff, Reino Unido), Foundation for Research and Technology, FORTH-IELS (Heraklion, Crete, Grecia), École Central de Lyon e INSA (Lyon, France), Universidad Politécnica de Madrid y siendo el investigador principal del grupo de la UB el Prof. J.R. Morante<sup>1</sup>, del Laboratorio de Caracterización de Materiales para la Electrónica (LCMM).

Este período se extiende desde los inicios del aprendizaje de la Microscopía Electrónica de Transmisión hasta devenir un técnico especialista en la instrumentación, desde una perspectiva profesional, como técnico especialista en los Centros Científicos y Tecnológicos.

## 1.2.2 La Tesis Doctoral

La actividad de investigación se centró en los fenómenos de descomposición espinodal en aleaciones ternarias de materiales III-V ( $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ / $\text{In}_y\text{Al}_{1-y}\text{As}$ / $\text{InP}$ , con un gap de inmiscibilidad en función de las condiciones de crecimiento y los mecanismos de relajación de las deformaciones en capas tensionadas epitaxiadas, siempre en el contexto de optimización de las etapas de fabricación de transistores de alta movilidad de portadores (HEMT). Si la Microscopía Electrónica de Transmisión (de ahora en adelante TEM, [Figura 1.1](#)), ya me había seducido como técnico, acercarme a ella como investigador me cautivó totalmente, un amor que aún dura a día de hoy.



*Figura 1.1 Microscopio Electrónico H8000-NA de Hitachi con el que realicé la mayor parte de mi tesis doctoral. Instalado en los CCyT, fue desmontado el año cuando se reemplazó por un equipo Jeol 2010F.*

<sup>1</sup> No sería justo no reconocer el apoyo recibido del Prof. Morante en los inicios de mi etapa investigadora, al aceptarme en su grupo de investigación y permitirme desarrollar la tesis vinculada al departamento mientras continuaba mi desempeño profesional como PAS. Creo que nunca me perdonó que no invitara a una comida formal a los miembros del Tribunal de mi Tesis Doctoral. Ahora sí lo haría, a pesar de las circunstancias condicionantes de entonces.

- **Doctora en Ciencias Físicas (03-09-1993)**

**Título de la Tesis:** *Caracterización por Microscopía Electrónica de Transmisión, de heteroestructuras  $In_xGa_{1-x}As/In_yAl_{1-y}As$  crecidas por epitaxia de haces moleculares sobre substratos de InP.*

**Director:** Prof. Albert Cornet Calveras, Catedrático de Electrónica de la Facultad de Física de la Universidad de Barcelona.

**Calificación:** Excelente Cum Laude.



**Figura 1.2** 03/09/1993: Lectura de la Tesis. De izquierda a derecha, Prof. Pere Roura (entonces UB), Prof. Jordi Pascual (UAB), Prof. Simon Clark (Sheffield University), Prof. Jesús del Alamo (MIT), Dr. Joan Ramon Morante (UB) y Prof. Fernando Briones (CNM-Madrid).

## 1.3 FORMACIÓN ADICIONAL

Rompiendo de nuevo la línea temporal, en este apartado clasificamos toda la formación recibida de forma complementaria a la puramente académica. Clasificamos todos los cursos atendiendo a la **formación específica para la investigación, la docencia y el desarrollo personal polivalente.**

### 1.3.1 Cursos de especialización para la investigación

#### a) Cursos recibidos como PAS laboral<sup>1</sup>

1. **CURSO:** *Journées d'Initiation au Traitement et à l'Analyse d'Images pour la Microscopie à Balayage et Microanalyse* organizadas por el CNRS y la ARNT.  
**LUGAR:** Paris (Francia)      **FECHA:** Diciembre de 1988.

<sup>1</sup> La documentación justificativa de estos cursos se encuentra recogida en el **apartado 2.D.2**, como aspectos positivos del desempeño profesional.

2. **CURSO:** Colloque sur l'Analyse d'Images Biologiques en Microscopie Optique et Electronique organizado por l'Institut National de la Santé et la Recherche Médicale'.  
**LUGAR:** Reims (Francia)      **FECHA:** Abril de 1990.
3. **CURSO:** *Curso de Microscopía Electrónica de Transmisión de Cristales* impartido en los Centros Científicos y Tecnológicos de la Universidad de Barcelona, por el Dr. C. Lovey  
**LUGAR:** Barcelona, (España)      **FECHA:** Junio de 1991.
4. **CURSO:** *Curso de Post-Grado y Diplomatura en Caracterización estructural de materiales: Microscopía y Microanálisis*, impartido en el Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia de la Facultad de Química de la Universidad de Barcelona, dirigido por el Prof. D. J.M. Guilemany  
**LUGAR:** Barcelona (España)      **FECHA:** Junio de 1992. (Ver [Figura 1.3](#))
5. **CURSO:** *Curso Electron Diffraction Techniques* impartido en los CCyT de la Universidad de Barcelona por el Prof. C.Hammond de la Universidad de Leeds (U.K.).  
**LUGAR:** Barcelona (España)      **FECHA:** Septiembre de 1992.
6. **CURSO:** *Curso Teórico-Práctico de Microanálisis Cuantitativo* organizado por el Grupo Espectroquímico de la R.R.S.S. Española de Física y Química, impartido en los Centros Científicos y Tecnológicos de la Universidad de Barcelona por el Prof. A. Riveros de la Universidad de Córdoba (Argentina).  
**LUGAR:** Barcelona      **FECHA:** Febrero de 1994.



**Figura 1.3.** Junio 1992. A la finalización del *Curso de Post-Grado y Diplomatura en Caracterización estructural de materiales: Microscopía y Microanálisis*, impartido en el Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia de la Facultad de Química.  
De izquierda a derecha: Dr. Jordi Blavia, yo misma, el Prof. Nguyen, Dra. Baucells, Dr. Guilemany, Dr. Joaquim Portillo, Dra. Roura, Dr. Javier Fernández y Dra. Núria Llorca.

**b) Cursos de especialización recibidos ya en la etapa de profesor<sup>1</sup>**

7. **CURSO:** NANOTEM School: High resolution Electron Microscopy of Nanostructured Materials.  
**LUGAR:** Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz **FECHA:** 8-9 Junio 2006
8. **CURSO:** 3D Solutions in Cryo-Electron Microscopy  
**LUGAR:** Servicios Científico-Técnicos, Universidad de Barcelona **FECHA:** 15-18 Septiembre 2009
9. **CURSO:** Introducción al lenguaje Java para la docencia en electrónica  
**LUGAR:** Departamento de Electrónica; Universidad de Barcelona **FECHA:** 8 al 12 de Julio 2009
10. **CURSO:** Curso de Microscopía EELS y Cristalografía Electrónica  
Organizado por: Unidad TEM-MAT - CCyT- Universidad de Barcelona  
**LUGAR:** Serveis Científico Tècnics – Universidad de Barcelona **FECHA:** 10-12 de Noviembre 2010
11. **CURSO:** PLAN DE FORMACIÓN EN GESTIÓN E INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA  
MODULO 1: *Módulo General. (15 horas)*  
**Organizado por:** Universidad de Barcelona - Instituto de Ciencias de la Educación  
**LUGAR:** Universidad de Barcelona, Edifici Històric, Aula Capella **FECHA:** 21-22 Enero 2013
12. **CURSO:** PLAN DE FORMACIÓN EN GESTIÓN E INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA  
MODULO 2. *Gestión de grupos y proyectos de investigación (5h)*  
**Organizado por:** Universidad de Barcelona - Instituto de Ciencias de la Educación  
**LUGAR:** Facultad de Biología, Sala de Graus, Universidad de Barcelona **FECHA:** 21 de Febrero de 2013
13. **CURSO:** PLAN DE FORMACIÓN EN GESTIÓN E INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA  
MODULO 6: *Gestión de la transferencia de tecnología y las actividades propias de los Parques Científicos. (5h)*  
**Organizado por:** Universidad de Barcelona - Instituto de Ciencias de la Educación  
**LUGAR:** Facultad de Biología, Sala de Grados Universidad de Barcelona **FECHA:** 27 de Junio de 2013
14. **CURSO:** Lenguaje de Programación Python (5h)  
**Organizado por:** Universidad de Barcelona - Instituto de Ciencias de la Educación  
**LUGAR:** Departament d'Electrònica-Universidad de Barcelona **FECHA:** 29 Mayo 2014

**1.3.2 Cursos para la mejora de la calidad docente**

En este apartado consideramos aquellos cursos directamente relacionados con la mejora de la calidad de la actividad docente<sup>2</sup>. Algunos de ellos han sido muy significativos en la trayectoria como docente y se explicaran en detalle en el capítulo 2. Nos limitamos aquí a señalarlos en color.

15. **CURSO:** *Entorno Virtual WEB-CT para la planificación de cursos semipresenciales (20h)*  
**Organizado por:** UB-Virtual  
**LUGAR:** Barcelona **FECHA:** Septiembre 2001- Marzo 2002
16. **CURSO:** *Jornadas de Formación de Tutores en la Facultad de Física.*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación  
**LUGAR:** Barcelona **FECHA:** Junio 2004

<sup>1</sup> La documentación justificativa se encuentra recogida en el **apartado 1E**, como "Otros Méritos" de la actividad investigadora.

<sup>2</sup> La documentación relativa a los cursos recibidos en relación a la mejora de la calidad docente se recogen en el **apartado 2.C.4.**

17. **Curs:** *Jornadas de Formación del Profesorado: El Espacio Europeo de Educación Superior*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación  
**LUGAR:** Facultad de Física, Barcelona **FECHA:** 26 Mayo 2005
18. **CURSO:** *Els Juliols de la UB: La Tutoria Universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior*  
**Organizado por:** Universidad de Barcelona  
**LUGAR:** Universidad de Barcelona, Edificio Central **FECHA:** 4-8 Julio 2005
19. **CURSO:** *Metodología ECTS y taller de elaboración de Planes Docentes ECTS en el ámbito de la Ingeniería Electrónica*  
**LUGAR:** Departamento de Electrónica-Universidad de Barcelona **FECHA:** 2 al 10 de Febrero 2006
20. **CURSO:** *Jornadas de Formación del Profesorado: El absentismo de los estudiantes*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación  
**LUGAR:** Facultad de Física, Barcelona **FECHA:** 2 Junio 2006
21. **CURSO:** *Jornadas de Formación del Profesorado: Formación del Profesorado de Masters en la Facultad de Física*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación  
**LUGAR:** Facultad de Física, Barcelona **FECHA:** 5 Octubre 2006
22. **CURSO:** *Campus Virtual amb MOODLE (48 hores)*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación  
**LUGAR:** Facultad de Economía y Empresa **FECHA:** 17 Enero- 7 Febrero 2007
23. **CURSO:** *Jornada de intercambio de experiencias de innovación docente: evaluación continuada del aprendizaje*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación  
**LUGAR:** Edificio Central, Aula Ramon y Cajal, Universidad de Barcelona **FECHA:** 12 Junio 2007
24. **CURSO:** *Jornadas de Formación de Profesorado: La titulación de Física en las Universidades Europeas*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación  
**LUGAR:** Facultad de Física, Barcelona **FECHA:** 29 Mayo 2007
25. **CURSO:** *Jornadas de Formación del Profesorado: Los nuevos planes de estudio en secundaria y su relación con las titulaciones de la Facultad de Física (5h)*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación  
**Lugar:** Facultad de Física, Barcelona **FECHA:** 2 Junio 2008
26. **CURSO:** *Jornada de intercambio de experiencias para grupos de innovación docente (5h)*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación  
**Lugar:** Edificio Central, Aula Ramon y Cajal, Universidad de Barcelona **FECHA:** 12 Junio 2008
27. **CURSO:** *Taller de Innovación docente: modalidades de docencia (4h)*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación - PMID  
**Lugar:** Cosmocaixa **FECHA:** 12 de Febrero 2010
28. **CURSO:** *Jornada de mejora e innovación docente UB: Sinergias entre la Innovación docente y el Espacio Europeo de Educación Superior (4h)*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación - PMID  
**Lugar:** Cosmocaixa **FECHA:** 4 de Marzo 2010
29. **CURSO:** *Como aprenden los estudiantes: estrategias de aprendizaje (6h)*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación - PMID  
**Lugar:** Universidad de Barcelona **FECHA:** 17-19 Enero 2012
30. **CURSO:** *El Trabajo Final de Grado - "The Final Year Project"*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación - PMID  
**Lugar:** Universidad de Barcelona **FECHA:** 29 Mayo 2012

31. **CURSO:** *Jornada de Innovación docente (11h)*  
**Organizado por:** Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas - CRUE  
**Lugar:** Universidad de Barcelona **FECHA:** 21-22 Juny 2012
32. **CURSO:** *Elaboración de rúbricas para la evaluación de las competencias transversales (40 h)*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación - PMID  
**Lugar:** Universidad de Barcelona **FECHA:** 19 Octubre 2012-Febrero 2013
33. **CURSO:** *Jornada de Formación del Profesorado: Definición y Evaluación de las Competencias*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación - PMID  
**Lugar:** Universidad de Barcelona **FECHA:** 27 Mayo 2013
34. **CURSO:** *Herramienta "Taller" de Moodle: autoevaluación y coevaluación en el campus virtual (15 h)*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación Universidad de Barcelona- ICE  
**Lugar:** Facultad de Derecho **FECHA:** 10 al 24 de Marzo 2015
35. **CURSO:** *La formación centrada en el alumno a través del aula invertida (4h).*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación Universidad de Barcelona- ICE  
**LUGAR:** Aula Magna Facultad de Biología **FECHA:** 23/07/2015
36. **CURSO:** *Training educativo: mejoremos el aprendizaje de las ciencias y la tecnología (8h)*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación Universidad de Barcelona- ICE  
**LUGAR:** Facultad de Farmacia **FECHA:** 06/06/2016 – 08/06/2016
37. **CURSO:** *Els estudiants que arriben a la Facultat de Física, (5.15 h)*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación Universidad de Barcelona- ICE  
**LUGAR:** Facultad de Física **FECHA:** 30/05/2016

### 1.3.3 Cursos de preparación personal y capacitación para la gestión y dirección

En esta sección incluimos aquellos cursos que me han aportado formación más allá de la docencia y la investigación, y que me han proporcionado herramientas en mayor o menor medida para las tareas de gestión que he ido realizando<sup>1</sup>.

#### 38. CURSOS DE IDIOMAS

- Nivel 4 Escuela de Idiomas Modernos (EIM)
- Nivel B2. Diploma de Suficiencia para la docencia en lengua catalana (ICE)

39. **CURSO:** *Coaching para profundizar en la construcción personal como docente (8h)*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación  
**Lugar:** Instituto de Ciencias de la Educación **FECHA:** 4 y 8 Junio 2009
40. **CURSO:** *Liderazgo y comunicación en el aula (8h)*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación - PMID  
**Lugar:** Universidad de Barcelona **FECHA:** 15-16 Febrer 2012
41. **CURSO:** PLAN DE FORMACIÓN EN GESTIÓN E INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA  
 MÓDULO 3: *Mediación de conflictos y habilidades directivas y de liderazgo (15h)*  
**Organizado por:** Universidad de Barcelona - Instituto de Ciencias de la Educación  
**LUGAR:** Facultad de Economía y Empresa Universidad de Barcelona **FECHA:** 20-21 de Marzo de 2013
42. **CURSO:** PLAN DE FORMACIÓN EN GESTIÓN E INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA  
 MÓDULO 4: *Comunicación para directivos (4h)*

<sup>1</sup> La documentación también se incluye en el apartado 2.C.4. en una ordenación puramente temporal.

**Organizado por:** Universidad de Barcelona - Instituto de Ciencias de la Educación

**LUGAR:** Facultad de Farmacia, aula B106, Universidad de Barcelona **FECHA:** 25 de Abril de 2013

43. **CURSO:** PLAN DE FORMACIÓN EN GESTIÓN E INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA  
MÓDULO 5: Técnicas para la dirección estratégica. Gestión de Recursos Humanos (7h)

**Organizado por:** Universidad de Barcelona - Instituto de Ciencias de la Educación

**LUGAR:** Facultad de Farmàcia, aula B106 Universidad de Barcelona **FECHA:** 23 de Mayo 2013

44. **CURSO:** *Basic skills and tools to teach content subjects in English (30h).*

**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación – PMID

**LUGAR:** Aula Magna Facultad de Biología **FECHA:** 06/10/2014 – 24/11/2014

45. **CURSO:** *Educación y técnica de la voz (25 h).*

**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación Universidad de Barcelona- ICE

**LUGAR:** Facultad de Derecho **FECHA:** 20/10/2014 – 27/10/2014

46. **MASTER:** *Master en Gestión Académica y Política Universitaria 60 ECTS (2009-2011)*

**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación, Agencia de Postgrado de la UB

**LUGAR:** Instituto de Ciencias de la Educación **FECHA:** 20 Octubre 2011

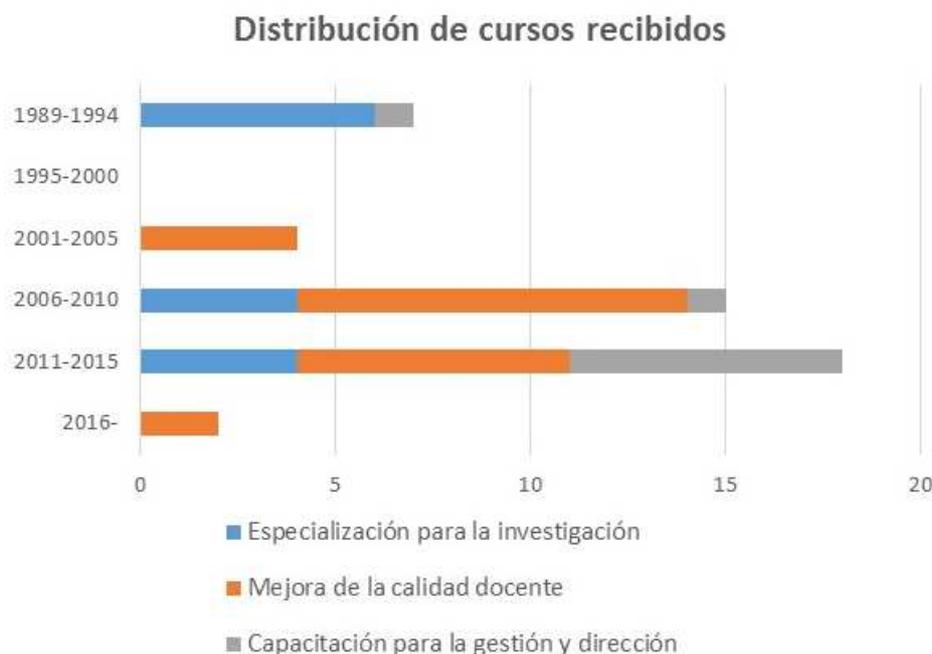
**CALIFICACION:** Sobresaliente

Aunque la duración de los cursos es desigual, y es difícil hacer un análisis exhaustivo, podemos comentar la distribución aproximada del número de cursos recibidos en función de la tipología en que los hemos clasificado. Este gráfico se presenta en la [Figura 1.4](#). Aunque aparentemente el número de cursos relacionados con la docencia parece mucho mayor, hay que señalar que algunos de ellos son jornadas de formación mientras que, por ejemplo, en la sección de capacitación para la gestión, se incluye el máster de dos de años de duración. En cualquier caso, es un gráfico que ilustra un **interés equitativo hacia todas las dimensiones de formación complementaria**.

### TIPOLOGÍA DE CURSOS RECIBIDOS



*Figura 1.4* Distribución en porcentaje del número de cursos recibidos.



*Figura 1.5 Evolución temporal de la formación complementaria.*

Si evaluamos la formación a lo largo del tiempo (**Figura 1.5**), podemos considerar la etapa inicial hasta la incorporación como profesor titular (período 1989-1994), y luego una distribución agrupada en quinquenios<sup>1</sup> hasta el momento presente. Se observa un salto significativo a partir del 2005, cuando se generaliza la organización de jornadas de formación del profesorado por parte del Instituto de Ciencias de la Educación. El hueco en el período 1995-2000, corresponde al primer período como profesor universitario e incluye los períodos de baja por maternidad (1996 y 1999(x2)). Es significativo que ya el primer gráfico refleje alguna **incidencia del período de maternidad sobre la trayectoria profesional**.

## 1.4 EXPERIENCIA PROFESIONAL

La tesis doctoral se realizó en paralelo a mi actividad como Técnico Especialista en los Centros Científicos y Tecnológicos<sup>2</sup>. Tuve la oportunidad de conocer muy diferentes campos de investigación y de captar bien pronto la diversidad que enriquece la actividad investigadora en la Universidad de Barcelona. Esta etapa me permitió entrar en contacto con instrumentación científica avanzada y valorar también la conveniencia de la investigación multidisciplinar.

<sup>1</sup> Los mismos períodos correspondientes a la evaluación de la docencia que se describen en el capítulo siguiente

<sup>2</sup> Mi agradecimiento a la Dra. Montserrat Baucells y Dra. Montserrat Roura porque, además de ser las jefas en mi primer puesto de trabajo, siempre me demostraron un respeto exquisito. Y a los Dr. Robert Bargalló y Dr. Ramón Fontarnau por acogerme en el centro como uno más facilitándome el trabajo en todo momento.

- **PAS laboral Grupo II (1988-1993):** mi trabajo principal era el campo del análisis de imagen. El ordenador ocupaba casi toda la habitación, con discos de 20 pulgadas para lectura y almacenaje de información. Además, también me ocupaba de la preparación de muestras para microscopía electrónica y de la atención a los usuarios de microscopía de transmisión.
- **PAS laboral Grupo I: (1994-1995):** Una remodelación de los CCyT y alguna baja laboral<sup>1</sup>, me permitió promocionar a Grupo I e integrarme a la Unidad de Análisis de Superficies y Microscopía Electrónica de Alta Resolución, de la Sección de Ciencia de Materiales, de los CCyT (**Figura 1.6**).

Por último, parece oportuno mencionar también aquí mis inicios como docente, porque no deja de ser un puesto profesional previo a la etapa de funcionario:

- **Profesora Asociada en la UAB (Curso académico 1994-1995):** participé en la docencia de asignaturas de Ingeniería Informática.

En febrero de 1995 preparé las oposiciones al Cuerpo de Funcionarios Titulares de Universidad, según la resolución 10306 del BOE nº 108 (Número de orden de la plaza 48, código B) y me incorporé como **Profesor Titular de Universidad el 19 de mayo de 1995 al Departamento de Física Aplicada y Electrónica.**



**Figura 1.6** En el despacho de los Servicios Científico Técnico, en el año 1995.

<sup>1</sup>Jordi Blavia y Montserrat Carulla, ahora directores de los CCyT en la Universitat de Girona, excelentes compañeros de trabajo y amigos.

## CAPÍTULO 2. *Dimensión Docente*

---

Este capítulo constituye el **historial de docencia** que, curiosamente, se inicia con cursos de Tercer Ciclo durante la etapa de PAS laboral. Desglosaré esta sección en diferentes apartados. El primero resumirá los inicios de la actividad docente antes de tomar posesión de la plaza de funcionario; el segundo apartado recoge de una forma resumida la **docencia reglada de primer y segundo ciclo en las diferentes titulaciones**, ya como Profesora Titular, así como la docencia de tercer ciclo en los programas de doctorado existentes antes del advenimiento de los programas oficiales de máster. Esta sección enlaza con la docencia en estos **programas de máster** como periodos formativos de los programas de doctorado más recientes. El tercer apartado presenta los **cursos no reglados** impartidos desglosados en lo relativo a investigación o a docencia. Enlazando con la investigación, presentaré la **dirección de trabajos** desde el grado hasta las tesis de máster, para finalizar con la relación de las **Tesis Doctorales dirigidas** y la dirección de investigadores post-doctorales.

### 2.1 INICIO DE LA ACTIVIDAD DOCENTE: PAS y Profesor Asociado

Antes de la toma de posesión de la plaza de Titular de Universidad realicé tareas docentes, no como becario como suele ser habitual en la carrera académica, sino como PAS, participando en los cursos de doctorado y postgrado que se realizaban utilizando las instalaciones de los Centros Científicos y Tecnológicos. En concreto, se trataba del Curso de Post-Grado Ciencia de Materiales, organizado por el departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Facultad de Geología de la Universidad de Barcelona, y yo impartía la teoría y las prácticas de **Análisis y Procesamiento de Imágenes**, en plena correlación con mi actividad como técnico en los CCyT. Curiosamente, esta docencia, resumida en la **Figura 2.1** nunca fue reconocida, a pesar de los certificados acreditativos emitidos por el profesor director del curso (Prof. Xavier Solans), y no fue tenida en cuenta al evaluar mi primer tramo docente. Me ocupé de esta tarea durante el bienio 1988/1990.

Durante los años posteriores no tuve asignada ninguna otra docencia reglada, si bien participé en las actividades formativas que se organizaban en los CCyT para entrenar a los nuevos usuarios en el uso de los microscopios electrónicos y en la preparación de muestras.

Tendremos que avanzar en el tiempo hasta después de la defensa de la tesis doctoral para llegar a la docencia reglada. Durante el curso académico 1994 -1995 disfruté de un **contrato de profesora asociada a tiempo parcial en la Universidad Autónoma de Barcelona**, y asumí la docencia de primer y segundo ciclo que se detalla en la **Figura 2.2**. Sin duda este período constituye el **inicio de mi etapa como profesora**, aquella en la que sientes la necesidad de preparar las clases para salir airosa del enfrentamiento a los estudiantes en un aula, y aquella en la que sientes que a pesar de eso no lo estás haciendo demasiado bien. Menos mal que las asignaturas de prácticas tenían un ambiente más distendido y podía sentirme menos apurada. Era tan novata entonces en la docencia, como en el uso de vehículo privado para desplazarme a la UAB, acabando en más de una ocasión en Sabadell por equivocarme en la salida de la autopista. Espero haber ido mejorando en los dos sentidos a lo largo del tiempo. También en este período empecé **a asistir en las prácticas de Electrónica en la licenciatura de Física en la UB**<sup>1</sup>. Para entonces ya había superado el concurso de acceso al cuerpo de funcionarios docentes, pero aún no había tomado posesión de la plaza, así que tampoco en esta ocasión la docencia fue tenida en cuenta.

TITULACIÓN	ASIGNATURA	CENTRO	CRÉDITOS	CURSO
POST-GRADO Ciencia de Materiales	Análisis y	Facultad de Geología / SCT	1	88-89
	Procesamiento de imágenes		1	89-90

*Figura 2.1 Cursos de Postgrado impartidos en los Centros Científicos y Tecnológicos como PAS laboral.*

TITULACIÓN	ASIGNATURA	SEMESTRE	CRÉDITOS		CURSO
			Teoría	Prácticas	
Ingeniería Informática	Electricidad y Electrónica	1		3	94-95
	Electrónica	2		3	94-95
Ingeniería Electrónica	Instrumentación Electrónica	5	1		94-95

*Figura 2.2 Docencia como Profesora Asociada a tiempo parcial en la Universidad Autónoma de Barcelona*

## 2.2 DOCENCIA COMO PROFESORA TITULAR EN LA UB<sup>2</sup>

El 19 de mayo de 1995, tomé posesión oficialmente de la plaza de Profesor Titular. Es justo mencionar que, así como la defensa de la tesis es un acto que disfrutas plenamente pasada la primera transparencia (yo aún lo hice con esas láminas transparentes escritas a mano), la etapa de preparación y posterior defensa en las pruebas de acceso no dejaron en mi memoria el mismo recuerdo. Más bien tuve que vencer una dura resistencia interna y externa (fue un concurso en competición con un compañero) que supuso no poco esfuerzo. Eso sí, echando la vista atrás, no cambiaría el camino de paisajes cambiantes y personajes variopintos que me ha traído hasta aquí<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> De la mano del mismo Pepe que me había ayudado a preparar el examen para la prueba de acceso a los CCyT.

<sup>2</sup> La documentación justificativa se presenta en el **bloque 2.1, apartado 2.A.1**.

<sup>3</sup> Así que, gracias Carlos por apoyarme a hacer el cambio.

TITULACIÓN	ASIGNATURA	SEMESTRE	CRÉDITOS		CURSO
			Teoría	Prácticas	
<b>Física (Plan 1974)</b>	Electrónica Fundamental	4	9		1995-1996
<b>Física (Plan 1992)</b>	Electrónica (Troncal)	6	6		1995-1996
			6	4,5	1996-1997
			3	4,5	1997-1998
			9	4	1998-1999
	Física de Dispositivos Electrónicos y Fotónicos	8		4,5	1995-1996
			4,5	1996-1997	
			3	1997-1998	
			3	1998-1999	
<b>Física (Revisión Plan 1992)</b>	Electrónica Física	7	10,5		1999-2000
			12		2000-2001
			12		2001-2002
			6		2002-2003
	Electrónica Aplicada	6		4,5	1999-2000
				4,5	2000-2001
				4,5	2001-2002
				4,5	2002-2003
				4,5	2003-2004
				4,5	2004-2005
				4,5	2005-2006
	1,5	4,5	2006-2007		
	1,5	4,5	2008-2009		
	1,5	4,5	2009-2010		
	1,5		2010-2011		
Física de Semiconductores	7		1,5	1997-1998	
<b>Complementos de Formación EE</b>	Fundamentos Matemáticos	0	3	1,5	1996-1997
<b>Ingeniería Electrónica</b>	Tecnología Microelectrónica	2	1,5	1,5	1995-1996
			1,5		1996-1997
	Circuitos Electrónicos I		3		1999-2000
			3		2000-2001
			3	2001-2002	
<b>Física</b>	Electrónica Física en WebCT	7	6		2002-2003
			12		2003-2004
			12		2004-2005
			12		2005-2006
			13,5		2006-2007
Electrónica Física en Moodle	7		13,5		2007-2008
			6		2011-2012
<b>Grau de Física (Pla 2009)</b>	Electrónica Física en Moodle	8	6		2012-2013
			6		2013-2014
<b>Doble grado de Física y Matemáticas</b>			6		2014-2015
			6		2015-2016

Figura 2.3 Docencia de primer y segundo ciclo y de complementos de formación.

## 2.2.1 Docencia reglada de primer y segundo ciclo

La **Figura 2.3** recoge la actividad de primer y segundo ciclo desempeñada como profesora titular hasta el momento. Se ha desarrollado básicamente en las **titulaciones de Física** y sus respectivas remodelaciones, desde el primer cambio de la licenciatura de cinco años a la titulación de 240 créditos en 1992 y posterior reajuste, hasta la puesta en marcha de los estudios de grado de Física en el curso académico 2009-2010. También cabe señalar alguna incursión en la **Titulación de Ingeniería Electrónica de segundo ciclo**, y en las asignaturas de **Complementos de Formación** para acceder a este segundo ciclo desde el primer ciclo de Física. Podríamos resumir la temática de la docencia como focalizada en Física y Tecnología de Materiales y Dispositivos Electrónicos y Fotónicos, con implicación en asignaturas diversas (segunda columna en la **Figura 2.3**).

## 2.2.2 Docencia reglada de tercer ciclo

La **Figura 2.4** resume mi participación en Programas de Doctorado Oficiales impartidos en el departamento. Curiosamente, el cambio de título del Programa en 1999, refleja también un hito en la historia, ya que es el momento de la **fundación del Departamento de Electrónica (EL)**, al escindirse del anterior departamento de Física Aplicada y Electrónica (FAE). El contenido de estas asignaturas se centraba en el conjunto de técnicas de caracterización útiles para la validación de los procesos tecnológicos de crecimiento de materiales y dispositivos electrónicos, y en particular, en aquello que la Microscopía Electrónica podía aportar en este sentido.

TERCER CICLO DOCTORADOS	ASIGNATURA	BIENIO	CRÉDITOS		CURSO
			Teoría	Prácticas	
Ingeniería y Materiales Electrónicos y Óptica (D3814)	Caracterización de Materiales y Procesos en Tecnología Electrónica	1999-2001	1,5		1999-2000
Ingeniería y Tecnología Electrónica	Herramientas para la validación de materiales	2000-2002	1		2000-2001
		2001-2003	1		2001-2002
			1		2002-2003
Ingeniería de Microsistemas, Sensores y Actuadores	Métodos de Análisis para Tecnología de Microsistemas	2004-2006	1,5		2003-2004
			1,5		2004-2005
			1,5		2005-2006

*Figura 2.4 Docencia de tercer ciclo en Programas de Doctorado Oficiales*

### 2.2.3 Docencia en programas de Máster Oficial y Programas de Doctorado

La **Figura 2.5** presenta la docencia impartida en los Programas Oficiales de Máster. La contribución más destacada es la docencia de la asignatura Técnicas de Microscopía, una asignatura optativa que se ofrecía desde tres programas de máster. Esta asignatura supone un cambio en tanto que las técnicas que se presentan, no son sólo una herramienta sino una finalidad en sí mismas. Es decir, se cambia el enfoque desde una perspectiva de “medio de validación” a una perspectiva de “finalidad de desarrollo instrumental”. Este cambio de orientación responde a una actividad más intensa en investigación en desarrollo instrumental de la microscopía electrónica, que se verá reflejado también en las tesis doctorales, y que se explicará en el capítulo 4.

MASTER	ASIGNATURA	SEMESTRE	CRÉDITOS		CURSO
			Teoría	Prácticas	
Nanociencia y Nanotecnología Ingeniería Física Ingeniería Biomédica	Técnicas de Microscopía	1	1,25		2006-2007
		1	1	1,5	2007-2008
		1	1	0,25	2008-2009
		1	2,5	7,5	2009-2010
		1	2,5	2	2010-2011
		1	2,5	4	2013-2014
Nanociencia y Nanotecnología (M0801)	Herramientas Avanzadas de Microscopía Electrónica	2	1,25		2006-2007
		2	1,25		2007-2008
		2	1,25		2008-2009
		2		3	2009-2010
		2		1	2010-2011
		2	0,5		2012-2013
		2	0,5		2013-2014
Nanociencia y Nanotecnología (M0802)	Caracterización y Manipulación a la Nanoescala	1	2,5	4,5	2014-2015
		1	2,5	4,5	2015-2016
	Microscopía Electrónica de Alta Resolución y Analítica	2	1		2014-2015
		2	1		2015-2016

*Figura 2.5* Resumen de la docencia impartida en los Programas Oficiales de Máster.

## 2.3 OTROS CURSOS IMPARTIDOS

Este apartado empieza ya abriendo ese abanico de actividades de un docente más allá de la docencia puramente reglada. Resumo aquí los cursos que he impartido en diferentes contextos<sup>1</sup>, ya sean de **especialización para la investigación** o relativos a **la mejora de la calidad y la innovación docente**.

Reservaremos los cursos de divulgación para el capítulo 7.

<sup>1</sup> La documentación justificativa se recoge en el **apartado 2.A.4**, en una presentación puramente cronológica.

### 2.3.1 Cursos impartidos de especialización para la Investigación

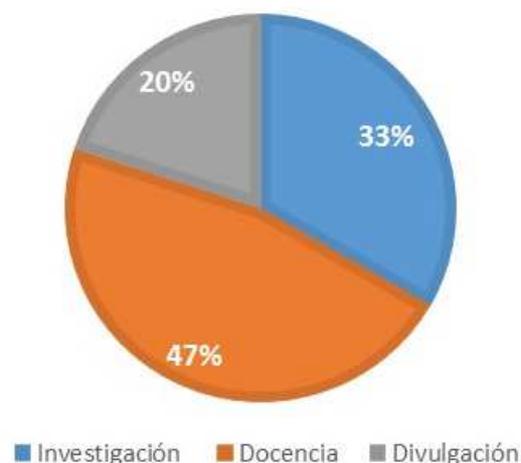
1. **CURSO:** *Optical experimental methods for surface and thin film analysis. Programme Interrg IIIB-MEDOCC*  
**Título:** Transmission Electron Microscopy of thin films.  
**LUGAR:** Barcelona (España)      **FECHA:** 24-25 de Noviembre 2005.
2. **CURSO: Microscopía Electrónica de Transmisión**  
 Universidad de Barcelona.  
 Curso de Formación a Personal Técnico del Instituto de Nanociencia de Aragón.  
 Número de Contrato: Fundación Bosch y Gimpera: 304155  
**LUGAR:** Barcelona      **FECHA:** 5-7 de Febrero del 2007
3. **CURSO: Análisis de Superficie: espectroscopía XPS, Auger y ultravioleta**  
 Curso de Formación a Personal Técnico del Instituto de Nanociencia de Aragón.  
 Numero de Contrato: Fundación Bosch y Gimpera: 304156  
**LUGAR:** Barcelona      **FECHA:** 5-7 de Mayo del 2007
4. **CURS: NESPA: Nanoengineered Superconductors for Power Applications (NESPA), EU Research Training Network.**  
**1st NESPA TEM training course**  
**Título:** Diffraction Contrast in Transmission Electron Microscopy  
**LUGAR:** Barcelona (España)      **FECHA:** 5-9 de Mayo 2008.
5. **CURS: NESPA: Nanoengineered Superconductors for Power Applications (NESPA), EU Research Training Network.**  
**2nd NESPA TEM training course**  
**Título:** Diffraction Contrast in Transmission Electron Microscopy  
**LUGAR:** Barcelona      **FECHA:** 12-15 Mayo 2009.
6. **CURSO: See (or not) defects using Transmission Electron Microscopy**  
**Curso de Microscopía EELS y Cristalografía Electrónica**  
**Organizado por:** Unidad TEM-MAT - CCyT- Universitat de Barcelona  
**LUGAR:** Serveis Científico Tècnics – Universitat de Barcelona      **FECHA:** 10-12 de Noviembre 2010
7. **CURS: Escuela de Verano IBERNAM: Iber Red en Micro y Nano tecnologías Microsistemas y Nanotecnologías.**  
**Título:** Microscopía Electrónica de Transmisión: nanomateriales para micro-nano dispositivos.  
 Escuela de Verano IBERNAM: Iber Red en Micro y Nano tecnologías  
**LUGAR:** Universitat Rovira i Virigili      **FECHA:** 27-30 Junio 2011
8. **CURSO: Application of Transmission Electron Microscopy to Materials for optoelectronic devices.**  
**Organizado por:** Adam Mickiewicz University  
**LUGAR:** Nanobiomedical Center, Adam Mickiewicz University, Poznan (Polonia) **FECHA:** Julio 2015
9. **CURSO: TAULA RODONA: Disentangling Ultimate configuration of nanoparticles using aberration corrected transmission electron microscopy.**  
**Organizado por:** Institut de Nanociència i Nanotecnologia (In2UB).  
**LUGAR:** Facultat de Farmàcia, Universitat de Barcelona **FECHA:** 16 Juliol 2015
10. **CURSO: Transmission Electron Microscopy of Nanomaterials (TEM-UCA)**  
**Conferencia:** "Combination of electron microscopy tools to disentangle advanced materials for optoelectronics and energy applications."  
**Organizado por:** Universidad de Cádiz  
**LUGAR:** Facultad de Ciencias Universidad de Cádiz      **FECHA:** 18-22 de Julio 2016.

### 2.3.2 Cursos impartidos relativos a innovación y calidad de la docencia y formación de profesor novel

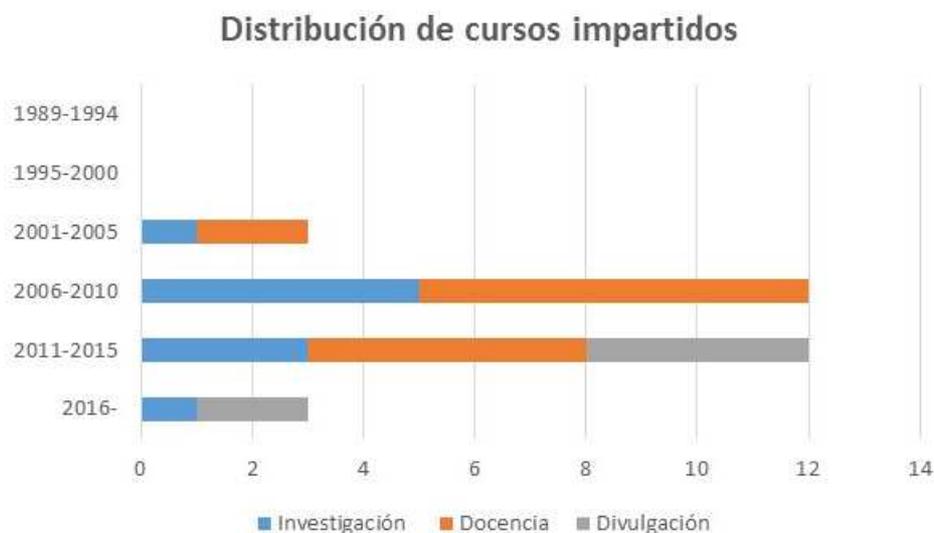
11. **CURSO:** *Trabajo dirigido del estudiante en WebCT*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación.  
**Título:** Docencia Semipresencial de Electrónica Física en WebCT.  
**LUGAR:** Barcelona (España) **FECHA:** 28 de Junio 2005.
12. **CURSO:** *Implementación de asignaturas de Electrónica en entorno Moodle*  
**LUGAR:** Barcelona, Facultad de Física **FECHA:** 25-13 Febrero del 2008
13. **CURSO:** *Coordinació TALLER de Innovació docente: modalitats de docència semipresencial*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación - PMID  
**LUGAR:** Cosmocaixa **FECHA:** 12 de Febrero 2010
14. **CURSO:** *Máster de Docencia Universitària para Profesorado Novel 2011,*  
 Conferencia: Buenas Prácticas de Evaluación. Experiencias innovadoras en evaluaciones del aprendizaje  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación. – Universitat de Barcelona  
**LUGAR:** Palau de les Heures – Universitat de Barcelona / **FECHA:** 3 marzo 2011
15. **CURSO:** *TALLER Learning teaching (aprenent a ensenyar)*  
**Organizado por:** Instituto de Ciencias de la Educación - PMID  
**LUGAR:** Dept.Electrónica **FECHA:** 15 de Septiembre 2012 - 30 de junio 2013

El resumen de esta docencia no reglada de cursos complementarios queda ilustrada en el gráfico de la [Figura 2.6](#), en el que se presenta en porcentaje la tipología de cursos impartidos. Se incluyen también los cursos de divulgación por completitud, aunque el listado y descripción de los mismos se dejará para el capítulo 7. Es importante también señalar que es un gráfico cualitativo que refleja un **interés hacia todas las dimensiones de la actuación docente**, ya que no todos los cursos tienen la misma duración y por lo tanto los porcentajes, en términos de horas de dedicación a cada tipología de curso, no son precisos. En la [figura 2.7](#) vemos la distribución de cursos agrupados en períodos de cinco años coincidiendo con los quinquenios de docencia por los que he sido evaluada.

#### TIPOLOGÍA DE CURSOS IMPARTIDOS



**Figura 2.6** Distribución porcentual cualitativa de la tipología de cursos impartidos.



*Figura 2.7 Distribución temporal de los cursos no reglados impartidos.*

Tiene sentido que durante los dos primeros quinquenios de docencia no participara todavía en actividades no regladas. Este gráfico también revela una **implicación en actividades de mejora de la calidad de la docencia** a partir del quinquenio 2001-2005 (se describirán en el capítulo siguiente), y un **interés creciente en las actividades de divulgación** del conocimiento a partir del quinquenio (2011-2015) que se abordaran en el capítulo 7.

## 2.4 DIRECCIÓN DE TRABAJOS

Otra de las actividades más significativas de un docente es ayudar a los estudiantes a **cerrar una etapa formativa**. Al mismo tiempo, es la oportunidad para **enlazar la formación académica con la formación como investigador**, dando sentido pleno al papel de la investigación avanzada en la Universidad. En este apartado se desglosan los diferentes trabajos dirigidos<sup>1</sup> a distintos niveles:

### 2.4.1 Dirección de prácticas curriculares

La titulación de Física permitía realizar créditos de libre elección y prácticas curriculares en empresa o en departamentos universitarios como colaborador en investigación. Bajo los respectivos convenios de prácticas formalizados, he dirigido las siguientes prácticas curriculares:

- **Gloria Vilches**, Mayo - Junio 2006 (4.5c) / Tareas: Síntesis y caracterización de materiales para pilas de combustible y sensores de gas.

<sup>1</sup> La documentación justificativa se presenta en el **apartado 2.A.3**

- **Carles Panadés**, Mayo - Junio 2006 (4.5c) /Tareas: Caracterización de materiales por Microscopia Electrónica de Transmisión
- **Federico Giordano**, Febrero - Junio 2008 (9c) / Tareas: Síntesis y caracterización eléctrica de materiales para pilas de combustible de óxido sólido.
- **Josep Fábregas**, Marzo - Julio 2008, (9c) / Tareas: Tomografía Electrónica: adquisición, calibración y reconstrucción.
- **Daniel Not Not** – Marzo – Julio (2011) (9c) / Modelización atomística y simulación de imágenes HREM.
- **Catalina Coll** – Abril-Junio (2014) (4,5 c) / Modelización atomística y simulación de imágenes HREM.

## 2.4.2 Trabajos Tutelados de Fin de Grado

La dirección de trabajos de Fin de Grado, generalizados tras la puesta en marcha de la titulación de Grado de Física, es sin duda una de las actividades iniciales que mejor sirve de nexo entre la docencia y la investigación. Hasta la fecha he dirigido los siguientes trabajos:

1. **TÍTULO: *Sample preparation for electron microscopy***  
AUTOR: Toni Silvestre  
DIRECTORES: Francisca Peiró y Sonia Estradé  
PROGRAMA: Grado de Física, Universidad de Barcelona, Facultad/Escuela: Facultad de Física  
FECHA: Julio 2014
2. **TÍTULO: *Determining polarity and ordering in  $In_{0.5}Ga_{0.5}P$  by Transmission Electron Microscopy***  
AUTORA: Catalina Coll  
DIRECTORES: Francisca Peiró y Sonia Estradé  
PROGRAMA: Grado de Física, Universidad de Barcelona, Facultad/Escuela: Facultad de Física  
FECHA: Julio 2014
3. **TÍTULO: *EFTEM-HRTEM characterization of Er-doped silicon nanocrystal-based oxides/nitrides for MOS light emitting devices***  
AUTORA: Alícia Ruiz Caridad  
DIRECTORES: Francisca Peiró y Sonia Estradé  
PROGRAMA: Grado de Física, Universidad de Barcelona, Facultad/Escuela: Facultad de Física  
FECHA: Julio 2014

Este número, a priori reducido, se justifica por dos razones: la primera de ellas, que la titulación de Grado se inició en el curso académico 2009-2010, y que por lo tanto los primeros egresados que acabaron el grado en cuatro años (y fueron muy pocos) finalizaron en el curso académico en 2012–2013; el segundo motivo y más relevante, es que la dirección de trabajos de Fin de Grado, es una excelente oportunidad para que los nuevos doctores o los investigadores en formación a punto de doctorarse se inicien en las tareas de dirección. Así, aunque no figuro como directora formalmente, he participado en la supervisión de estos otros trabajos:

- **TÍTULO:** *Interpretation of HRTEM images of Sr<sub>0.67</sub>Ba<sub>0.33</sub>Nb<sub>6</sub>O<sub>2</sub> by simulations through the multislice approach.*  
AUTOR: Sergi Plana  
DIRECTORES: Sonia Estradé y Lluís López-Conesa  
PROGRAMA: Grado de Física, Universidad de Barcelona, Facultad/Escuela: Facultad de Física  
FECHA: Julio 2015
- **TÍTULO:** *Characterization of crystallographic defects in LaNiO<sub>3</sub> through TEM image simulations*  
AUTOR: Joan Carles Bastons  
DIRECTORES: Sonia Estradé y Catalina Coll  
PROGRAMA: Grado de Física, Universidad de Barcelona, Facultad/Escuela: Facultad de Física  
FECHA: Julio 2016

Más indirectamente he participado en la supervisión de estos otros trabajos:

- TFG - Laura Gomez (2014)
- TFG - Victor Altable (2015)

### 2.4.3 Trabajos de investigación para Diploma de Estudios Avanzados (DEA)

Al inicio de mi trayectoria docente, los trabajos de investigación que conducían a la obtención del **Diploma de Estudios Avanzados (DEA)** eran unos trabajos con una equivalencia de 12 créditos que resumían la primera etapa de investigación de los nuevos doctorandos. Coincide con la docencia de tercer ciclo en el período **1999-2006** (*Figura 2.4*). En calidad de directora de sus respectivas tesis doctorales, supervisé la ejecución de los siguientes trabajos:

1. **TÍTULO:** *Optimizació de capes tampón de InAlAs para dispositivos HEMT*  
DOCTORANDO: Jordi Arbiol Cobos  
PROGRAMA: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELECTRÓNICAS  
FECHA: Julio 1999
2. **TÍTULO:** *Caracterización estructural de sistemas epitaxiales basados en Fe/MgO (001) con propiedades magnetoópticas*  
DOCTORANDO: Frank Güell  
PROGRAMA: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELECTRÓNICAS  
FECHA: Junio 2000
3. **TÍTULO:** *Síntesis y caracterización estructural y eléctrica de electrolitos de óxido sólido basados en compuestos lantánidos para aplicaciones a pilas de combustible*  
DOCTORANDO: Alberto Tarancón  
PROGRAMA: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELECTRÓNICAS  
FECHA: Septiembre 2003
4. **TÍTULO:** *Microscopía Electrónica de Transmisión de materiales nanoestructurados con aditivos catalíticos para aplicación a sensores de gas*  
DOCTORANDO: Emma Rossinyol  
PROGRAMA: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELECTRÓNICAS  
FECHA: Septiembre 2003
5. **TÍTULO:** *Novel design and preliminary results of YSZ electrolyte-based amperometric oxygen sensors*  
DOCTORANDO: Alejandro Morata  
PROGRAMA: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELECTRÓNICAS  
FECHA: Julio 2004

## 2.4.4 Dirección de Tesis de Máster

A partir de la implantación de los programas de Master Oficiales en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior, en el curso académico 2006-2007, los trabajos de DEA, se transformaron en las Tesis de Máster, un trabajo de entre 20-30 créditos dependiendo del máster. En este contexto, los trabajos dirigidos han sido:

- TÍTULO: *Electron Energy Loss Spectroscopy assessment of cationic migration in  $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$  thin films***  
AUTORA: Sònia Estradé Albiol / DIRECTORES: Dra. Francesca Peiró  
PROGRAMA: Master Oficial de Nanociència y Nanotecnología / FECHA: Junio 2007
- TÍTULO: *A novel mesoporous CaO-loaded  $\text{In}_2\text{O}_3$  material for  $\text{CO}_2$  sensing***  
AUTORA: Anna Prim Pujals / DIRECTORES: Dra. Francesca Peiró  
PROGRAMA: Master de Nanocencia y Nanotecnología / FECHA: Junio 2007
- TÍTULO: *(S)TEM Tomography of nanostructured materials***  
AUTOR: Josep Rebled / DIRECTORES: Dra. Francesca Peiró  
PROGRAMA: Master de Nanocencia y Nanotecnología  
Universidad: Barcelona  
Facultad/Escuela: Instituto de Nanociencia y Nanotecnología / FECHA: Septiembre 2008
- TÍTULO: *Electron Microscopy Analysis of Semiconductor Nanowire Complex Structures: From Axial and Coaxial Quantum Wells to Local Stacking Transformations in Atomic Structure***  
AUTORA: Sonia Conesa / DIRECTORES: Dra. Francesca Peiró y Dr. Jordi Arbiol  
PROGRAMA: Master de Nanocencia y Nanotecnología  
Universidad de Barcelona  
Facultad/Escuela: Instituto de Nanociencia y Nanotecnología / FECHA: Septiembre 2008
- TÍTULO: *Mo/Au bilayers deposited by sputtering at Room Temperature for Transition Edge Sensors fabrication***  
AUTOR: Oscar Gil / DIRECTORES: Dra. Francesca Peiró y Lourdes Fábrega  
PROGRAMA: Master de Nanocencia y Nanotecnología  
Universidad de Barcelona  
Facultad/Escuela: Instituto de Nanociencia y Nanotecnología / FECHA: Febrero 2009
- TÍTULO: *TEM and EELS investigations of  $\text{InAlN}/\text{GaN}$  Bragg reflectors grown by plasma-assisted MBE***  
AUTOR: Davood Hosseini / DIRECTORES: Dra. Francesca Peiró  
PROGRAMA: Master de Nanocencia y Nanotecnología  
Universidad de Barcelona  
Facultad/Escuela: Instituto de Nanociencia y Nanotecnología / FECHA: Junio 2010
- TÍTULO: *EFTEM-HRTEM characterization of Si nanocrystals embedded in a multilayer matrix for tandem solar cell applications***  
AUTOR: Lluís López Conesa / DIRECTORES: Dra. Francesca Peiró y Dra. Sònia Estradé  
PROGRAMA: Master de Nanocencia y Nanotecnología  
Universidad de Barcelona  
Facultad/Escuela: Instituto de Nanociencia y Nanotecnología / FECHA: Junio 2011
- TÍTULO: *Electron tomography of nanostructures with magnetic applications***  
AUTOR: Lluís Yedra Cardona / DIRECTORES: Dra. Francesca Peiró y Dra. Sònia Estradé  
PROGRAMA: Máster de Ingeniería Biomédica  
Universidad de Barcelona  
Facultad/Escuela: Instituto de Nanociencia y Nanotecnología / FECHA: Junio 2011
- TÍTULO: *Electron beam precession in transmission electron microscopy: imaging and chemical analysis applications***  
AUTOR: Pau Torruella Besa / DIRECTORES: Dra. Francesca Peiró y Dra. Sònia Estradé  
PROGRAMA: Máster en Nanociència y Nanotecnología

Universidad de Barcelona  
Facultad/Escuela: Instituto de Nanociencia y Nanotecnología / FECHA: Junio 2013

10. **TÍTULO:** *In situ TEM: electrical measurements of a semiconducting nanostructure*  
AUTOR: Edgar Rivas  
DIRECTORES: Dra. Francesca Peiró y Dra. Sònia Estradé  
PROGRAMA: Master en Nanociència y Nanotecnologia  
Universidad de Barcelona  
Facultad/Escuela: Instituto de Nanociencia y Nanotecnología / FECHA: Julio 2014
11. **TÍTULO:** *Making the most of transmission electron microscopy through imaging and spectroscopy simulations*  
AUTORA: Catalina Coll Benejam  
DIRECTORES: Dra. Francesca Peiró y Dra. Sònia Estradé  
PROGRAMA: Master en Nanociència y Nanotecnologia  
Universidad de Barcelona  
Facultad/Escuela: Instituto de Nanociencia y Nanotecnología / FECHA: Julio 2015
12. **TÍTULO:** *Atomistic modeling and High Resolution Electron Microscopy simulations of CeO<sub>2</sub> nanocrystals*  
AUTOR: Javier Blanco Portals  
DIRECTORES: Dra. Francisca Peiró y Dr. Lluís López Conesa  
PROGRAMA: Master en Nanociència y Nanotecnologia  
Universidad de Barcelona  
Facultad/Escuela: Instituto de Nanociencia y Nanotecnología / FECHA: Julio 2016
13. **TÍTULO:** *Retrieving the structure and chemical composition of metal oxide core/shell nanoparticles*  
AUTORA: Alicia Ruíz Caridad  
DIRECTORES: Dra. Francisca Peiró, Dra. Sònia Estradé y Dr. Mike Walls  
PROGRAMA: Master en Nanociència y Nanotecnologia  
Universidad de Barcelona  
Facultad/Escuela: Instituto de Nanociencia y Nanotecnología / FECHA: Julio 2016

De la misma manera, para facilitar la incorporación de las nuevas generaciones a las tareas de dirección, aunque no figura oficialmente mi papel, he participado activamente en la supervisión de la ejecución y redacción de estas otras tesis de máster.

14. **TÍTULO:** *In situ electrical characterization of nanostructures in transmission electron microscopy*  
AUTORA: Gemma Martín / DIRECTORES: Dra. Sònia Estradé y Dr. Albert Cornet  
PROGRAMA: Master en Ingeniería Biomédica  
Universidad de Barcelona  
Facultad/Escuela: Facultad de Física  
FECHA: Julio 2013
15. **TÍTULO:** *Ab Initio calculations of the EELS low-loss spectra in ternary III-nitrides semiconductors*  
AUTORA: Xavier Sastre / DIRECTORES: Dra. Sònia Estradé y Alberto Eljarrat  
PROGRAMA: Master en Nanociència y Nanotecnologia  
Universidad de Barcelona  
Facultad/Escuela: Instituto de Nanociencia y Nanotecnología  
FECHA: Julio 2014
16. **TÍTULO:** *Precession Electron Diffraction Tomography, an innovative structure solution technique*  
AUTORA: Sergi Plana / DIRECTORES: Dra. Sònia Estradé y Dr. Joaquín Portillo  
PROGRAMA: Master en Nanociència y Nanotecnologia  
Universidad de Barcelona  
Facultad/Escuela: Instituto de Nanociencia y Nanotecnología  
FECHA: Julio 2016

## 2.5 DIRECCIÓN DE TESIS DOCTORALES<sup>1</sup>

Entramos en esta sección en plena intersección con la actividad investigadora, sin embargo, académicamente aún se clasifica una tesis doctoral como docencia de Tercer Ciclo, según el Real Decreto 99/2011 (BOE 35, 10 de febrero 2011, pp. 13909), y así lo considera la ANECA tanto en la versión inicial como en la revisión actual (2016) de los baremos de puntuación.

### 2.5.1 Tutorías de Tesis Doctorales

Aunque quizás fuera más oportuno clasificar esta tarea como una tarea de gestión, he creído conveniente incluirla en esta sección por completitud en relación a la actividad docente de Postgrado.

- TUTORIA DE TESIS: Integration of thin film-based micro solid oxide fuel cells in silicon technology  
DOCTORANDO: Iñigo Garbayo Senosain / DIRECTORES: Albert Tarancón Rubio - Neus Sabaté Vizcarra  
CENTRO: Centro Nacional de Microelectrónica de Barcelona (IMB-CNM-CSIC)  
Noviembre 2013
- TUTORIA DE TESIS: Integrating nanoionics concepts in microsolid oxide fuel cells  
DOCTORANDO: Aruppukottai Muruga Bhupathi / DIRECTORES: Albert Tarancón Rubio - Alejandro Morata García / CENTRO: IREC  
Octubre 2015

### 2.5.2 Dirección de Tesis Doctorales

Este apartado, el último de esta sección dedicada a la dimensión docente, es el que mejor **enlazará con el capítulo de investigación**, ya que el desarrollo de estas tesis doctorales puede entenderse como **un reflejo de mi trayectoria de investigación**. Empezamos en primer lugar con un listado:

**1.TÍTULO:** *Metal additive distribution in TiO<sub>2</sub> and SnO<sub>2</sub> semiconductor gas sensor nanostructured materials*

DOCTORANDO: Jordi Arbiol y Cobos

DIRECCIÓN: Dra. Francesca Peiró y Dr. Albert Cornet

FECHA: 2001 Calificación: Excelente Cum Laude por unanimidad

**2.TÍTULO:** *Reorganización atómica y configuraciones espontáneas de baja dimensionalidad en heteroestructuras de semiconductores III-V*

DOCTORANDO: Juan Carlos Ferrer

DIRECCIÓN: Dra. Francesca Peiró y Dr. Albert Cornet

FECHA: 2001 Calificación: Excelente Cum Laude por unanimidad

**3.TÍTULO:** *Síntesis y caracterización de materiales lantánidos para aplicaciones a pilas de combustible.*

DOCTORANDO: Alberto Tarancón.

DIRECCIÓN: Dra. Francesca Peiró y Dr. Guilhem Dezanneau

FECHA: Julio 2007 Calificación: Excelente Cum Laude por unanimidad

<sup>1</sup> La documentación correspondiente se presenta en el **apartado 2.A.2**

**4. TÍTULO: *Crecimiento nanoestructurado de SnO<sub>2</sub> para aplicaciones a sensores de gas: tecnología de capas delgadas nanocristalinas, síntesis de nanopartículas y estructuras mesopóricas***

DOCTORANDA: Emma Rossinyol.

DIRECCIÓN: Dra. Francesca Peiró y Dr. Albert Cornet

FECHA: Enero 2008 Calificación: Excelente Cum Laude por unanimidad

**5. TÍTULO: *Electron energy loss spectroscopy solutions for nanoscale materials science problems***

DOCTORANDA: Sònia Estradé

DIRECCIÓN: Dra. Francesca Peiró y Dr. Jordi Arbiol

FECHA: 21 desembre 2009 Calificación: Excelente Cum Laude por unanimidad

**6. TÍTULO: *Synthesis of nanostructured materials and film deposition technologies for electrochemical devices: application to innovative designs for gas sensing***

DOCTORANDO: Alejandro Morata.

DIRECCIÓN: Dra. Francesca Peiró y Dr. Guilhem Dezanneau

FECHA: 26 Febrer 2010 Calificación: Excelente Cum Laude por unanimidad

**7. TÍTULO: *Electron Microscopy Analysis of Semiconductor Nanowire Complex Structures: From Axial and Coaxial Quantum Wells to Local Stacking Transformations in Atomic Structure***

DOCTORANDA: Sonia Conesa

DIRECCIÓN: Dra. Francesca Peiró y Dr. Jordi Arbiol

FECHA: 11 Marzo 2011 Calificación: Excelente Cum Laude por unanimidad

**8. TÍTULO: *Towards a new dimension in analytical TEM: EELS, Tomography and Spectrum Volume***

DOCTORANDO: LLuis Yedra

DIRECCIÓN: Dra. Francesca Peiró y Dra. Sònia Estradé

FECHA: 18 Desembre 2013 Calificación: Excelente Cum Laude por unanimidad

**9. TÍTULO: *Quantitative Methods for Electron Energy Loss Spectroscopy***

DOCTORANDO: Alberto Eljarrat

DIRECCIÓN: Dra. Francesca Peiró y Dra. Sònia Estradé

FECHA: 21 Octubre 2015 Calificación: Excelente Cum Laude por unanimidad

**10. TÍTULO: *Advanced TEM Imaging Tools For Materials Science***

DOCTORANDO: Lluís López Conesa

DIRECCIÓN: Dra. Francesca Peiró y Dra. Sònia Estradé

FECHA: 18 Desembre 2015 Calificación: Excelente Cum Laude por unanimidad

**TESIS EN DIRECCIÓN**

**11. TÍTULO: *Advanced techniques in electron microscopy for spintronics materials***

DOCTORANDO: Josep Rebled

DIRECCIÓN: Dra. Francesca Peiró y Dr. Josep Fontcuberta

**12. TÍTULO: *EELS- Tomography of complex nanostructured materials***

DOCTORANDO: Pau Torruella

DIRECCIÓN: Dra. Francesca Peiró y Dra. Sònia Estradé

**13. TÍTULO: *Charge transport and crystallographic control on functional nanocomposites synthesized through bottom-up procedures***

DOCTORANDO: Taisiia Berestok

DIRECCIÓN: Dra. Francesca Peiró y Dr. Andreu Cabot

**14. TÍTULO:** Simulations for materials understanding: STEM\_HAADF and DFT  
**DOCTORANDO:** Catalina Coll  
**DIRECCIÓN:** Dra. Francesca Peiró y Dra. Sònia Estradé

**15. TÍTULO:** Atomistic modeling, High Resolution Electron Microscopy simulations and Electron Tomography of functional nanocrystals  
**DOCTORANDO:** Javier Blanco Portals  
**DIRECCIÓN:** Dra. Francesca Peiró y Dra. Sònia Estradé

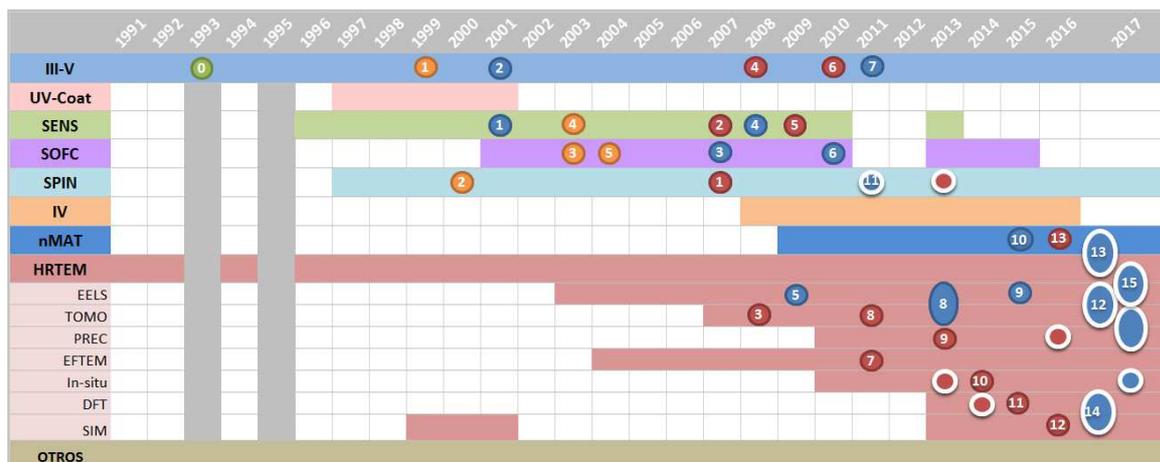
### **SUPERVISIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LAS TESIS EN DESARROLLO**

- **TÍTULO:** In-situ TEM electrical measurements  
**DOCTORANDO:** Gema Martín Malpartida  
**DIRECCIÓN:** Dra. Sònia Estradé y Dr. Albert Cornet
- **TÍTULO:** 3D reconstruction of reciprocal space for electron crystallography  
**DOCTORANDO:** Sergi Plana  
**DIRECCIÓN:** Dra. Sònia Estradé y Dr. Joaquim Portillo

La principal conclusión de este apartado, es la **identificación de las líneas de investigación (figura 2.8)** a raíz de los temas de trabajo de las distintas tesis doctorales. Consideramos unos grandes bloques que se ampliarán posteriormente en el capítulo 4, en el que se describirá con detalle el contenido de las líneas y su desarrollo temporal en relación a los proyectos de investigación. Si distribuimos las tesis doctorales y tesis de master dirigidos o en dirección en relación a cada temática a lo largo del tiempo como muestra la **figura 2.9** podemos **visualizar resumidamente mi contribución como director de trabajos de investigación de tercer ciclo.**

<b>III-V</b>	<b>Semiconductores III-V</b>
<b>UV-Coat</b>	<b>Recubrimientos ópticos</b>
<b>SENS</b>	<b>Sensores de Gas</b>
<b>SOFC</b>	<b>Pilas de Combustible y dispositivos de electrolito sólido</b>
<b>SPIN</b>	<b>Materiales Magnéticos</b>
<b>IV</b>	<b>Semiconductores IV</b>
<b>nPART</b>	<b>Nanomateriales</b>
<b>HRTEM</b>	<b>Microscopía Electrónica de Transmisión de Alta Resolución</b>
EELS	Espectroscopía de pérdida de energía de los electrones
TOMO	Tomografía Electrónica
PREC	Precesión del haz
EFTEM	TEM filtrado en energía
In-situ	Medidas eléctricas in-situ
DFT	Simulación por primeros principios
SIM	Simulación de imágenes HREM y HAADF
<b>OTROS</b>	<b>Otras colaboraciones (FIB)</b>

*Figura 2.8 Principales líneas de investigación a lo largo de mi trayectoria.*



**Figura 2.9.** Distribución de los DEA, tesis de Master, y tesis doctorales dirigidas a lo largo de la trayectoria como PDI.

En esta **figura 2.9**, las líneas verticales en gris marcan los **años de la defensa de mi tesis doctoral** (trabajo marcado con el número 0) y de las **oposiciones a titular respectivamente**. Los colores indican la tipología del trabajo (azul, tesis doctoral; rojo, tesis de máster; amarillo, trabajos de Investigación DEA) y los números del interior se corresponden con los listados que aparecen en los apartados 2.4.3 - 2.4.4 y 2.5.2. Los bordes en blanco indican que se trata de trabajos actualmente en dirección, y los que no contienen número, corresponden a los trabajos supervisados aunque no haya participado nominalmente como director.

Vemos que el primer trabajo dirigido, se concluyó a los cuatro años de la toma de posesión de la plaza de Profesora Titular, y desde entonces, **la implicación en la formación de nuevos investigadores ha sido continua**.

### 2.5.3 Dirección de Investigadores post-doctorales Internacionales

En el marco de distintos proyectos, he tenido la oportunidad de dirigir también a investigadores post-doctorales internacionales:

1. Contrato post-doc en el marco de TMR project "New Optimization concepts for High Quality UV-Coatings" FMRX-CT97-0101. Electron microscopy of UV-coatings (12 man months)  
**Damien Jacob**, University of Lille, France / Periodo: 10.09.1998/09.09.1999
2. Contrato post-doc en el marco de TMR project "New Optimization concepts for High Quality UV-Coatings" FMRX-CT97-0101, Transmission Electron microscopy of UV-coatings (8 man months)  
**Winfried Arens**, Lazer Zentrum Hannover, Germany / Periodo:01.02.2001/30.09.2001
3. Contrato post-doc en el marco de TMR project "New Optimization concepts for High Quality UV-Coatings" FMRX-CT97-0101, Compositional investigations on UV-coatings (14 man months).  
**Guilhem Dezanneau**, LMGP-Grenoble, France / Periodo: 01.02.2001/31.10.2001
4. Contrato post-doc en el marco de. Proyecto "Synthesis of group IV based semiconducting nanoparticles and layers", Human Capital and Mobility, contract ERB FMB ICT 972279  
**Caroline Bonafos**, France / Periodo: 01.09.1997/31.08.1999
5. Contrato post-doc en el marco del Proyecto CONSOLIDER 2009CSD-0018  
**Marie-Helene Chambrier**, France / 01.10.2010/17.12.2010
6. Contrato Post-doc en el marco del Proyecto CONSOLIDER 2009CSD-0018  
**Yuan Bin Qin**, China / 01.10.2011/30.09.2012

### 2.5.4 Otras actividades relacionadas con la formación doctoral<sup>1</sup>

#### a) Tribunales de Tesis

Por completitud, describo también mi participación como miembro de Tribunales de Tesis<sup>2</sup>. Estos trabajos de alguna manera también son **indicativos de los campos de investigación** en que he estado implicada, y del **reconocimiento recibido por parte de otros compañeros investigadores** que han considerado adecuado nombrarme como miembro de estos tribunales<sup>3</sup>.

1. *Processing and characterisation of materials for solid oxide fuel cells*  
**Doctorando:** Belén Ballesteros Pérez / **Director:** Pedro Gómez Romero - Mónica Lira Cantú  
**Centro:** Departament de Química, Facultat de Ciències / Universitat Autònoma de Barcelona (Julio 2006)
2. *Efectos estructurales y de interfase en capas finas de  $La_{2/3}Ca_{1/3}MnO_3$*   
**Doctorando:** Llibert Abad Muñoz / **Director:** Benjamin Martinez Perea y Lluís Balcells Argemí  
**Centro:** Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB-CSIC) / Universitat Autònoma de Barcelona (Julio 2007)

<sup>1</sup> La documentación justificativa se encuentra en el **apartado 2.A.4**

<sup>2</sup> Aunque también he participado en numerosos tribunales de DEA y Tesis de Máster, no creo necesario incluir una lista de todos ellos y me limito a presentar los de las Tesis Doctorales por ser los que más relación tienen con la propia investigación.

<sup>3</sup> Anecdóticamente, nunca he estado en un tribunal de una tesis defendida en el propio Departamento de Electrónica.

3. *Monitorización de dióxido de carbono mediante variaciones de impedancia en películas delgadas de BaTiO<sub>3</sub>-CuO sintetizadas por RF-Sputtering.*  
**Doctorando:** Jaime Herran Planchuelo / **Director:** Gemma García Mandayo  
**Centro:** Escuela Superior de Ingenieros / Universidad de Navarra (Julio 2008)
4. *Synthesis and characterisation of acceptor-doped BaSnO<sub>3</sub> compounds as proton conductors*  
**Doctorando:** Yanzhong Wang / **Director:** Guilhem Dezanneau  
**Centro:** École Central de Paris / CNRS (Septiembre 2009)
5. *Nouveaux conducteurs protoniques de structure fluorite*  
**Doctorando:** Marc-David Braida / **Director:** Guilhem Dezanneau  
**Centro:** École Central de Paris - CNRS (Diciembre 2010)
6. *Integration of ferrimagnetic CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> epitaxial films with silicon*  
**Doctorando:** Patricia de Coux González / **Director:** Dr. Florencio Sánchez – Dra. Bénédicte Barot-Fonrose  
**Centro:** Facultad de Ciències, Dept. de Física / Universidad Autónoma de Barcelona (Julio 2013)
7. *Variability and reliability at the nanoscale of gate dielectrics of MOS devices and graphene based structures.*  
**Doctorando:** Albin Bayerl / **Director:** Marc Porti Pujal  
**Centro:** Departament d'Enginyeria Electrònica / Universidad Autónoma de Barcelona (Septiembre 2013)
8. *Ordered mesoporous metal oxides for solid oxide fuel cells and gas sensors*  
**Doctorando:** Laura Almar Liente / **Director:** Dr. Albert Tarancón Rubio – Dra. Teresa Andreu  
**Centro:** Facultad de Física / Universidad de Barcelona - IREC (Julio 2014)
9. *Integration of micro solid oxide fuel cells in power generator devices*  
**Doctorando:** Dolors Pla Asesio / **Director:** Dr. Albert Tarancón Rubio – Dr. Marc Salleres  
**Centro:** Facultad de Física / Universidad de Barcelona – IREC (Julio 2015)
10. *Nanoanálisis estructural y espectroscópico de nanoestructuras metálicas plasmónicas*  
**Doctorando:** Jose Carlos Díaz Egea / **Director:** Sergio Ignacio Molina Rubio  
**Centro:** Facultad de Ciencias / Universidad de Cadiz (Julio 2016)

#### b) Comisiones de Seguimiento

Finalmente, a caballo entre docencia y gestión, he sido miembro de las comisiones de seguimiento del desarrollo de tesis doctorales en el Programa Oficial de Doctorado en Nanociencias desde el curso académico 2012-2013 hasta la actualidad, habiendo realizado el seguimiento de los estudiantes de doctorado:

- Gemma Martín Malpartida
- Laura Almar Liente
- Xavier Arrese Carrasquer
- Arevik Musheghyan
- Elba Maria Hernandez Rodriguez
- Francesco Maria Chiabrera

## CAPÍTULO 3. *Innovación Docente e Investigación en Docencia*

---

Ser profesora es apasionante, básicamente porque se aprende a medida que se intenta que alguien más aprenda. Sin embargo, la motivación del estudiante por aprender, no por supuesta es menos ausente en muchos casos. Luchar contra esta falta de motivación en los alumnos, a menudo desgasta la propia. Este capítulo, presenta mi manera particular de enfrentarme a este problema, más allá, del Espacio Europeo de Educación superior, de los planes de Bolonia y de la poco afortunada imposición de una evaluación continuada [1] que ha acabado convirtiéndose en una continua evaluación.

### 3.1 MOTIVACIONES PARA LA INNOVACIÓN

#### 3.1.1. Antecedentes

Los inicios fueron bastante simples: **pasar los apuntes manuales a versión electrónica** para poder ponerlos a disposición de los alumnos, ya que empezaron a acostumbrarse a pedírmelos y a hacer fotocopias<sup>1</sup>. Así, que el **primer proyecto de innovación docente**, un proyecto financiado por el Gabinete de Evaluación e Innovación Docente de la Universidad de Barcelona (**GAIU**) en **1997**, iba destinado a publicar una edición formateada electrónicamente de los apuntes de la

---

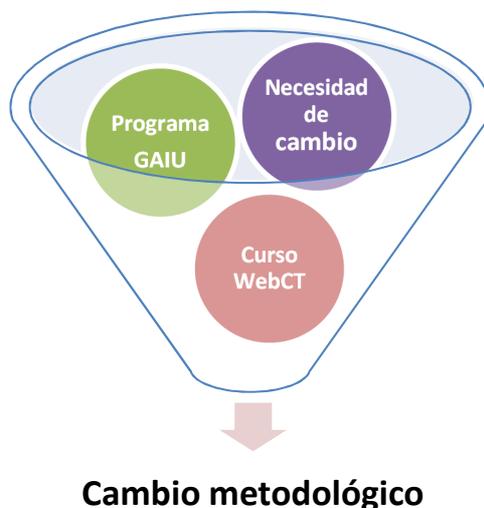
<sup>1</sup> He de confesar aquí que una vez alguien escribió una crítica en ese sentido en la Revista Planta 8: que cómo me atrevía a publicar unos apuntes en hojas de cuadros (los he usado toda la vida y sigo haciéndolo a día de hoy), que me limitaba a repetir mis apuntes en la pizarra (era el material que utilizaba para preparar las clases), y que no sabía Física Cuántica, porque me atrevía a decir que el momento de un fotón es prácticamente nulo (en comparación al de un electrón).

asignatura electrónica Física. Curiosamente, nunca se acabó de editar. Hicimos<sup>1</sup> una primera versión, y revisamos una y otra vez, y nunca acabábamos de verlo suficientemente correcto. Un tema que añadir, un retoque de figura, en definitiva, los apuntes nunca vieron una portada ni una encuadernación, y sólo quedaron liberados de seguir amarilleando en papel, para convertirse en archivos .doc, sometidos a cierta cirugía estética con el paso del tiempo. La verdad es que tampoco es una mala situación porque la modificación de planes de estudio no afectó a la validez de cada uno de los temas individualmente, como seguramente sí hubiera ocurrido con un libro guía cerrado.

Tras la edición en formato electrónico de los apuntes, vino la **preparación de las transparencias** de la asignatura. Si los estudiantes tenían unos apuntes chulos, no tenía sentido repetirlos en la pizarra. Era mejor preparar transparencias con gráficos y material adicional que ilustraran las fórmulas matemáticas y las teorías. Y así se hizo, y al principio la clase era algo más divertida que escribir en la pizarra y mancharse las manos de tiza. Claro que, rápidamente, los alumnos pidieron también disponer de ese material gráfico para el estudio. Y entonces, fue cuando dar clase empezó a convertirse en algo realmente aburrido, los alumnos, cada a vez más pasivos, asistían a clase con las transparencias impresas, sin tomar apuntes, y más ausentes que nunca. Algo había que hacer, porque aquello era aburrido tanto para ellos como para mí.

Aún faltaría un segundo ingrediente. Uno, que se repetiría en otras ocasiones, y que solía empezar con un tiempo condicional “tendríamos que...”. Naturalmente era Albert Cornet, incitándome a pedir un **segundo proyecto** para valorar las actividades de la asignatura y el trabajo del estudiante de cara a establecer la **equivalencia del crédito** en términos de hora de trabajo para armonizar con un futuro **sistema ECTS**.

Ya tenía dos piezas del puzzle, pero faltaría una tercera, que encontraría en el curso de **Entorno Virtual WEB-CT para la planificación de cursos semipresenciales** iniciado en septiembre de 2001. Si los propios estudiantes me dieron la **motivación** y el segundo proyecto (GAIU)<sup>2</sup> el **marco legal** para medir el tiempo de trabajo, este curso me dio las **herramientas de gestión** necesarias para plantearme un **cambio metodológico global** para la docencia de la asignatura que impartía con mayor número de créditos: **Electrónica Física, una asignatura troncal, de séptimo semestre**.



**Figura 3.1.** Esquema de la motivación para el cambio metodológico.

<sup>1</sup> El Dr. Albert Romano figuraba como coordinador del proyecto, y entre ambos se redactaron dichos apuntes.

<sup>2</sup> Más tarde este programa se transformaría en el PMID, Programa de Mejora e Innovación Docente de la UB.

### 3.1.2. Antes del Plan Bolonia

Tras el desarrollo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y su incorporación en las aulas universitarias, el uso de repositorios de documentos electrónicos y la utilización de programas de presentaciones de transparencias deberían haber supuesto un apoyo fundamental para la mejora de la actividad docente y el aprendizaje de los estudiantes. Sin embargo, la experiencia diaria suele reflejar su mal uso tanto por parte de profesores como de estudiantes. Los primeros, abusan a menudo de estos métodos gráficos de presentación, que tienden a acelerar el ritmo expositivo en el aula, muy por encima del ritmo adecuado para una óptima comprensión. Los segundos, suelen confiar demasiado en su capacidad para usar individualmente el material docente puesto a su disposición en las respectivas aulas virtuales. Las consecuencias inmediatas son un alto **grado de absentismo en el aula, un alto porcentaje de abandono del curso y un alto fracaso en el examen final**. Fueron precisamente estos tres aspectos clave los que en su momento constituyeron la fuerza motriz para proponer un cambio metodológico en la docencia de nuestra asignatura, la Electrónica Física de la licenciatura de Física en la Universidad de Barcelona, cuyos contenidos son los fundamentos de los materiales semiconductores y dispositivos electrónicos elementales. Así, en la primavera del 2003 [2], planteé una nueva estrategia docente. El objetivo era claro: si teniendo a disposición el material docente en formato electrónico (teoría y problemas resueltos), los estudiantes optaban por no atender a las clases magistrales y presentarse al examen final con dudoso éxito, la clave sería modificar nuestro papel docente como transmisor de la información, y **pasar a un plano diferente en la que nuestro papel como tutor académico** [3,4] sirviera para hacer un seguimiento del uso de dicho material y del nivel de aprendizaje. Por lo tanto el planteamiento del curso incidió con interés en la **reducción de las clases magistrales expositivas**, substituyéndolas por clases participativas de resolución de problemas y discusión sobre aspectos clave del temario, y actividades de trabajo cooperativo dentro y fuera del aula. La finalidad principal era despertar el interés del alumno por una tarea autodidacta que, además de proporcionarle los contenidos adecuados sobre la materia, le ayudara a formarse en **actitudes de autoaprendizaje y de trabajo en equipo** [5]. La organización de un trabajo importante del estudiante fuera del aula, requirió reducir el número de sesiones presenciales en el aula, y por ello se optó por una denominación de “**curso semipresencial**”, frente al otro grupo con docencia basada en clases expositivas durante la totalidad del período lectivo. El interés fundamental es **impartir un curso centrado en el trabajo del estudiante**, individualmente y en grupo, planificándolo, dejando el tiempo necesario para su ejecución y realizando las *evaluaciones formativas y acreditativas*, con un **contacto profesor estudiante quasi-continuo** a lo largo del curso.

No sería hasta 6 años más tarde que la Universidad de Barcelona implantaría los nuevos grados en cuyos planes docentes sería obligatorio hablar de créditos ETCS, competencias y metodologías centradas en el trabajo del estudiante, además de establecer una normativa de evaluación continuada como primer acercamiento al cambio metodológico que suponían las directrices del Plan Bolonia.<sup>1</sup> **Me adelanté pues a esta pseudorevolución que había de venir**, y me arriesgué a constituir una **singularidad en la Facultad de Física**. Entraremos más en detalle en el apartado 3.3, haciendo un intervalo en el apartado 3.2 para describir los proyectos de innovación docente, varios de ellos el marco bajo los cuales se desarrolló la iniciativa.

<sup>1</sup> En este punto permítanme hacer un apunte. Cuando oigo algunos profesores universitarios “criticar duramente las excelencias del Plan Bolonia” y reclamar la bondad de las clásicas clases magistrales, suelo pensar en una analogía con un cierto aprendizaje informal naturalmente recibido de mi madre: saber cocinar una buena tortilla de patatas. Me planteo qué ocurriría si sólo diéramos una excelente clase magistral sobre cómo hacerla (ingredientes, tiempos, temperaturas, ...) y nada más. Para mí, Bolonia es estar al lado del estudiante mientras se quema su primera tortilla, la segunda se rompe al darle la vuelta y la tercera queda sequísima, hasta conseguir que el estudiante sepa cocinar por sí mismo una buena tortilla de patatas.

## 3.2 PROYECTOS DE INNOVACIÓN DOCENTE

En esta sección presento sólo los proyectos relacionados con la mejora de la calidad de la docencia y la innovación docente<sup>1</sup>. Los proyectos relacionados con la difusión del conocimiento se presentan en el capítulo 7.

### 3.2.1 Proyectos para la generación y mejora del material docente

Para la generación y actualización del material docente, hemos contado con la ayuda del **Programa de Mejora e Innovación Docente de la Universidad de Barcelona (PMID)**. Gracias a las convocatorias de este programa, recibí la ayuda de algunos becarios que colaboraron en la revisión del material docente, y que resultó de especial relevancia en los momentos críticos de traslado de la plataforma WebCT a la plataforma Moodle.

1. **Redacción del texto Guía de la asignatura Electrónica Física.**  
Proyecto GAUI (Gabinet d'Avaluació i Innovació Docent de la Universitat de Barcelona)  
CÓDIGO: **6/III/T-G/21/ROMA-3513** / PERÍODO:1997 / DOTACIÓN: 200.000 Pts.  
*DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dr. Albert Romano*
2. **Electrónica Física**  
Proyecto de Innovación Docente financiado por el Programa de Mejora e Innovación Docente de la Universidad de Barcelona (PMID)  
CÓDIGO: **2002 USD-UB/019** / PERÍODO: 2002 / *DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dra. Francesca Peiró*
3. **Resolución guiada de problemas para Electrónica Física, en el contexto del curso semipresencial de esta asignatura implementado sobre plataforma WebCT.**  
Proyecto de Innovación Docente financiado por el Programa de Mejora e Innovación Docente de la Universidad de Barcelona (PMID)  
CÓDIGO: **2003 PID-UB/05** / PERÍODO: 2004 / DOTACIÓN: 400 €  
*DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dra. Francesca Peiró*
4. **Actualización de los materiales docentes del Campus Virtual de la asignatura Electrónica Física**  
Proyecto de Innovación Docente financiado por el Programa de Mejora e Innovación Docente de la Universidad de Barcelona (PMID)  
CÓDIGO: **2004 PID-UB/045** / PERÍODO: 2004-2005  
*DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Francisca Peiro Martinez*
5. **Implantación de un Laboratorio Virtual de Electrónica como herramienta docente**  
Proyecto de Innovación Docente financiado por el Programa de Mejora e Innovación Docente de la Universidad de Barcelona (PMID)  
CÓDIGO: **2004 PID-UB/041** / PERÍODO: 2004-2005 / DOTACIÓN: 6450 €  
*DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dr. Jaime López*
6. **Implementación de problemas guiados en el curso semipresencial de Electrónica Física y utilización en sesiones de trabajo cooperativo**  
Proyecto de Innovación Docente financiado por el Programa de Mejora e Innovación Docente de la Universidad de Barcelona (PMID)  
CÓDIGO: **2004 PID-UB/035 (1090498734)**  
PERÍODO: 2004-2005  
DOTACIÓN: 5100 €  
*DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dra. Francesca Peiró*

<sup>1</sup> El listado completo y la documentación acreditativa están recogidos en el **apartado 2.B.3.**

### 3.2.2 Proyectos de innovación metodológica

7. **Estrategias de Innovación de la metodología docente no presencial para la impartición de la asignatura Electrónica Física.**  
PROYECTO GAIU (Gabinet d'Avaluació i Innovació Docent de la Universitat de Barcelona)  
CÓDIGO: 10/III/AD-ECTS/05/PEIR / PERÍODO 2001-2002 / DOTACIÓN: 150.000 Pts.  
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dra. Francesca Peiró
8. **Implementació d'un curs semipresencial per a l'assignatura Electrónica Física de l'Ensenyament de Física**  
PROYECTO GAIU (Gabinet d'Avaluació i Innovació Docent de la Universitat de Barcelona)  
CÓDIGO: 11/III/MM-EVA/30/PERE / PERÍODO: 2002 / DOTACIÓN: Becari assignat a la Unitat de Suport a la docència de la Divisió III.  
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dra. Francesca Peiró
9. **Implementación de un curso semipresencial para la asignatura de Dispositivos Electrónicos y Fotónicos de la titulación de Ingeniería Electrónica**  
PROYECTO GAIU (Gabinet d'Avaluació i Innovació Docent de la Universitat de Barcelona)  
CÓDIGO: 11/III/MM-EVA/31/PERE / PERÍODO: 2002  
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Alejandro Pérez
10. **Innovación de la metodología docente sobre fundamentos físicos de materiales y dispositivos semiconductores, basado en la organización de un curso semipresencial implementado sobre plataforma WebCT.**  
Proyecto financiado por per la Generalitat de Catalunya en el programa para la mejora de la calidad docente en las Universidades de Cataluña  
CÓDIGO: 2003MQD 00141 / PERÍODO: 2003-2005 / DOTACIÓN: 7700€  
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dra. Francesca Peiró
11. **Aprendizaje transversal de Electrónica Aplicada mediante el diseño de casos prácticos**  
Proyecto de Innovación Docente financiado por el Programa de Mejora e Innovación Docente de la Universidad de Barcelona (PMID)  
CÓDIGO: 2005 PID-UB/008 / PERÍODO: 2005-2007 / DOTACIÓN: 3000 €  
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dra. Anna Vilà
12. **Aprendizaje transversal de Electrónica Aplicada mediante el diseño de casos prácticos**  
Proyecto financiado por per la Generalitat de Catalunya en el programa para la mejora de la calidad docente en las Universidades de Cataluña  
CÓDIGO: 2005MQD 00150 / PERÍODO: 2005-2007 / DOTACIÓN: 6000 €  
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dra. Anna Vilà
13. **Implementación de un Laboratorio Virtual de Equipos Electronicos para múltiples aplicaciones específicas como refuerzo docente en el área Electrónica: VERiLAB (Virtual ElectRonic LABoratory)**  
Proyecto financiado por per la Generalitat de Catalunya en el programa para la mejora de la calidad docente en las Universidades de Cataluña  
CÓDIGO: 2006MQD 00089 / PERÍODO: 2005-2007/ DOTACIÓN: 6450 €  
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Jaime López NIF: 43518903M
14. **Implementación de cursos de Electrónica y Técnicas de Microscopía en modalidad docente semipresencial con estrategias de trabajo colaborativo y evaluación continua en entorno virtual Moodle**  
Proyecto financiado por per la Generalitat de Catalunya en el programa para la mejora de la calidad docente en las Universidades de Cataluña  
CÓDIGO: 2007MQD 00079 / PERÍODO: 2007-2009 / DOTACIÓN: 7000€  
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dra. Francesca Peiró
15. **Implementación de estrategias docentes basadas en metodologías activas y trabajo cooperativo para la asignatura Electrónica Física del Grado de Física.**  
CÓDIGO: 2012PID-UB/043 / PERÍODO: 2012  
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dra. Francesca Peiró

### 3.2.3 Proyectos de coordinación docente

**16. Física de la materia**

Proyecto de Innovación Docente financiado por el Programa de Mejora e Innovación Docente de la Universidad de Barcelona (PMID)

CÓDIGO: **2007TED-UB/028**

Año: 2007

**17. Equipos docentes en Electrónica**

CÓDIGO: **2006PID-UB/028**

Año: 2006

*DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dr. Albert Cornet*

DOTACIÓN: 4400 €

**18. Implantación de la materia de Física Moderna en el Grado de Física**

Proyecto de Innovación Docente financiado por el Programa de Mejora e Innovación Docente de la Universidad de Barcelona (PMID)

CÓDIGO: **2010PID-UB/077**

Año: 2010

*DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dr. Francesc Salvat*

**19. Establecimiento de una metodología de evaluación continua de competencias de los doctorandos como herramienta de valoración para las comisiones de seguimiento**

Proyecto de Innovación Docente financiado por el Programa de Mejora e Innovación Docente de la Universidad de Barcelona (PMID)

CÓDIGO: **2011PID-UB/208**

Año: 2011

*DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dr. Albert Cirera*

**20. Procesos de Calidad Basados en Equipos Docentes en el ámbito de Electrónica Analógica para el Grado de Ingeniería Electrónica de Telecomunicaciones para la formación en competencias**

CÓDIGO: **2009MQD 00226**

PERÍODO: 2009-2011

DOTACIÓN: 6500 €

*DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dr. Pere Miribel NIF: 38835188X*

**21. E-LINDO: Metodologías activas para la mejora de los aprendizajes.**

CÓDIGO: **GIDCUB-13/018: REF: 002682**

Año inicio: 01/01/2016

Final: 01/01/2019

*DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dra. Francesca Peiró*

### 3.2.4 Proyectos de Investigación en docencia

**22. Título: Análisis del impacto de la implementación de la metodología docente semipresencial en la asignatura de Electrónica Física de la titulación de Física.**

CÓDIGO: **REDICE 0401-43.**

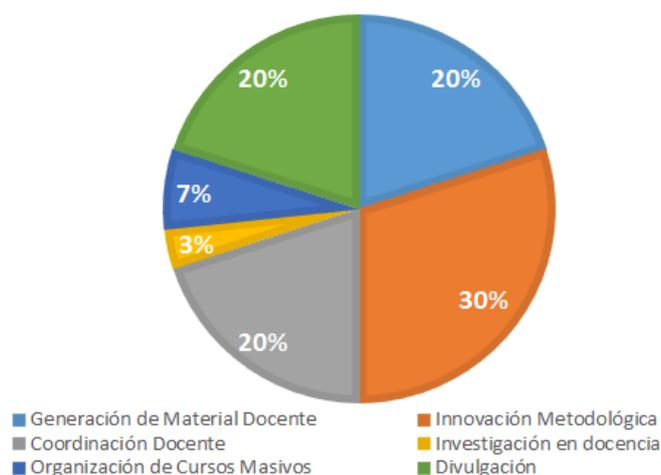
PERÍODO 30/09/2004-30/09/2006

DOTACIÓN: 2800 €

*DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dra. Francesca Peiró*

La **Figura 3.2a** ilustra la distribución de proyectos según su tipología. Además de los relacionados directamente con la docencia universitaria, se incluyen también los proyectos de divulgación y organización de cursos masivos por su clara relación con la actividad docente, para tener un mapa global de mi actividad en esta dimensión docente. Como refleja el gráfico, aunque se ha prestado atención a la generación de material (20%) y a la coordinación (20%), el mayor número de proyectos tiene que ver con la implicación en la innovación metodológica (30%). Por otro lado, aunque la investigación en docencia represente sólo un 3% en número de proyectos, no se ha de infravalorar su relevancia puesto que de los resultados de dicha investigación se deriva una evaluación rigurosa de la innovación metodológica. En términos de financiación, he participado en proyectos cuya financiación global ha sido de más de 100.000 euros, distribuidos según se ilustra en la **Figura 3.2b** y he sido IP de proyectos con una financiación superior a 36.000 euros, (**Figura 3.2c**). Una visión complementaria se obtiene cuando representamos también los distintos proyectos de innovación docente agrupados por tipología y organismo financiador (**Figura 3.3**)<sup>1</sup>.

TÍPOLOGÍA DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN DOCENTE



FINANCIACIÓN DE LOS PROYECTOS DE INNOVACIÓN DOCENTE

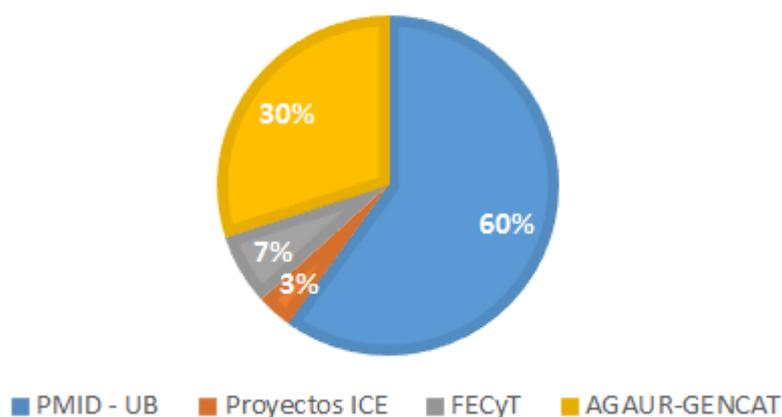


**Figura 3.2.** a) Distribución de los proyectos de innovación docente según las distintas tipologías. b) Financiación global de los proyectos de innovación docente en que he participado (0.1M€) y que he liderado c) (36 k€) distribuida por tipología de proyectos.

<sup>1</sup> Incluyo también los de divulgación que se detallan en el capítulo 7, porque así se tiene una visión más global de las fuentes de financiación.

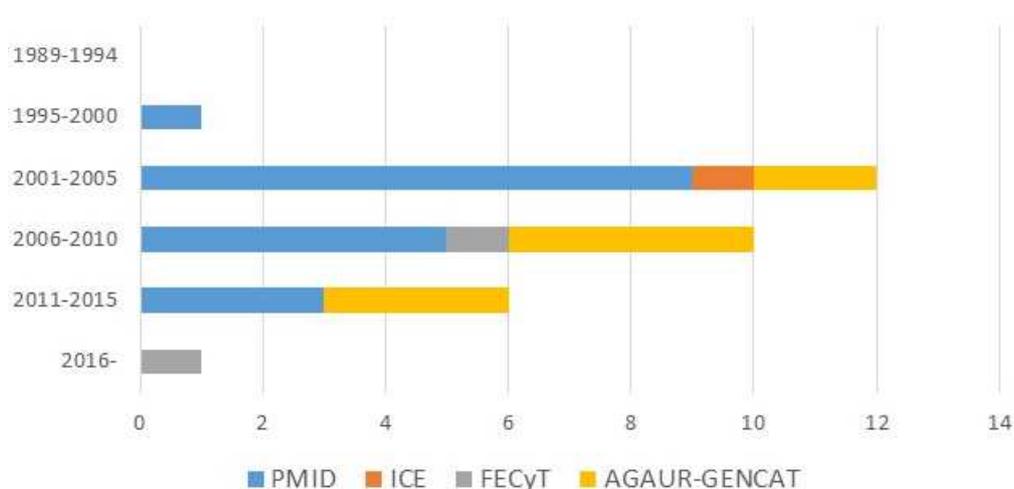
Vemos que los programas propios de la UB son mucho más numerosos. No obstante, la fuente de financiación más significativa, proviene de la Generalitat de Catalunya, ya que muchos de los proyectos PMID<sup>1</sup> no implican financiación económica directa. Si nos fijamos en el gráfico de la [Figura 3.4](#), en que se presenta la distribución temporal de proyectos agrupados por quinquenios, vemos que el período 2001-2005 es el de actividad más intensa. Podemos comparar este gráfico con la [figura 2.7](#) y veremos que existe una cierta **complementariedad docencia-investigación**. Es un período en el que se inician nuevas temáticas de investigación, con nuevas tesis en ejecución (se explicará detalladamente en el capítulo 4) y que se desarrolla en paralelo con una intensa actividad en docencia. En el siguiente apartado abordamos la presentación de la innovación metodológica más significativa llevada al aula gracias a varios de estos proyectos: la modificación de la docencia basada en clases magistrales hacia una modalidad de aula invertida.

### ENTIDADES FINANCIADORAS DE LOS PROYECTOS DE INNOVACIÓN DOCENTE



*Figura 3.3. Distribución de los proyectos según las distintas fuentes de financiación.*

### Distribución temporal de proyectos de innovación



*Figura 3.4. Distribución temporal en quinquenios de los proyectos de innovación docente y divulgación.*

<sup>1</sup> PMID, Programa de Mejora de la Calidad e Innovación Docente de la UB, ICE: Instituto de Ciencias de la Educación; FECyT: Federación Española de Ciencia y Tecnología y AGAUR: Agencia para la Gestión de Ayudas Universitarias y de Investigación

### 3.3 INNOVACIÓN DOCENTE: UN CAMBIO HACIA METODOLOGÍAS ACTIVAS

La Universidad de Barcelona (UB) y el Departamento de Universidades, Investigación y Sociedad de la Información (DURSI) de la Generalitat de Cataluña, plasmaron su compromiso hacia la mejora de la calidad y la innovación en la metodología docente con la creación de los **programas de “Mejora e Innovación Docente” (PMID-UB y MQD-DURSI)**, apoyando institucionalmente proyectos orientados hacia la Convergencia Europea. La implicación en este sentido de los miembros del departamento de Electrónica queda claramente reflejada en la constitución de dos grupos de Innovación Docente Consolidados (GIDC), con varios proyectos financiados en las respectivas convocatorias. Como coordinadora de uno de los dos grupos del departamento<sup>1</sup>, e-LINDO (Innovación Docente en Electrónica), en la primavera del 2003, planteé una nueva estrategia docente sobre fundamentos de los materiales semiconductores y dispositivos electrónicos, contenidos básicos de la asignatura Electrónica Física de la licenciatura de Física, con el objetivo de encarar la reducción del número de créditos presenciales, en favor de una tarea de autoaprendizaje y hacerlo desde la perspectiva de organizar una asignatura versátil para ser adaptada según las normas del Sistema Europeo de Créditos Transferibles (ECTS).

Si bien la organización de un curso semipresencial no requiere a priori la utilización de sistemas multimedia, no podíamos obviar que la aplicación de la Tecnología de la Información y de las Comunicaciones habría de aportarnos ventajas añadidas a la organización del curso, permitiendo la incorporación de **guías de aprendizaje tutorizado**, facilitando el acceso a **herramientas adicionales de aprendizaje** como soporte a la docencia semipresencial, favoreciendo el **diseño de actividades transversales** en materias afines y asegurando el **soporte de comunicación entre alumnos y con el profesor fuera del horario lectivo**. El curso se organizó inicialmente sobre la plataforma virtual WebCT, pasando más tarde a la plataforma Moodle, ambas con herramientas de autoevaluación y para una óptima gestión y seguimiento del curso.

Antes de iniciar el proyecto la oferta de esta asignatura troncal se concretaba en dos cursos por semestre, con horario lectivo de mañana y de tarde, ambos con docencia magistral de teoría y problemas. La modalidad semipresencial se ofreció como sustituto del curso de tarde, asegurando la **optatividad de los alumnos para seleccionar una u otra metodología docente**, con lo que la docencia de la asignatura se ha venido desarrollando en paralelo según las dos metodologías, lo que ha permitido realizar una **comparativa exhaustiva** atendiendo a diferentes aspectos.

Creemos que la implementación de nuevas metodologías docentes, han de ir acompañadas de una seria valoración del impacto de dichas iniciativas. En nuestro caso, uno de los aspectos más inmediatos fué **analizar las diferencias en el rendimiento académico** de los estudiantes que siguieron una u otra modalidad docente, habiendo sido evaluados mediante un examen final común. Indicadores como el número de aprobados, porcentaje de calificaciones elevadas y porcentaje de alumnos presentados al examen fueron mejores que los del grupo con docencia magistral. En este apartado describimos la organización del curso y la tarea de investigación en docencia desarrollada en el marco de un proyecto de

---

<sup>1</sup> El otro grupo es IDEES, Innovación docente para la enseñanza de la Ingeniería, Coordinado por el Dr. Jaime López

Investigación en Docencia financiado por el Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Barcelona dentro del Programa REDICE-04, para evaluar los resultados estadísticos globales, y establecer una comparación exhaustiva entre las dos modalidades docentes en lo que hace referencia a la cuantificación del esfuerzo real de profesores y estudiantes.

### 3.3.1 La organización del curso

Con anterioridad a la programación del curso semipresencial, se preparó una amplia colección de material docente que le permitiera al alumno afrontar la tarea autodidacta sin verse abrumado por la novedad de la metodología. Este material a disposición de los alumnos es el siguiente:

- **Apuntes de la asignatura.** Estos apuntes son el resultado de un proyecto financiado por la Universidad de Barcelona para la realización de un Texto Guía sobre la asignatura. Se organizaron inicialmente sobre la tabla de contenidos de WebCT y posteriormente en Moodle, pero también disponían de ellos en formato impreso.
- **Transparencias** de presentación de los contenidos: este material, más rico en esquemas y figuras que los apuntes, constituye el soporte docente sobre el que se basa la impartición del curso en modalidad clásica de docencia magistral.
- **Colección de problemas resueltos:** se le proporciona al alumno una colección de enunciados, con la indicación de cuales son los más significativos y también la solución de estos problemas en formato electrónico.
- **Definición de objetivos:** se preparó una recopilación de los aspectos clave que deberían ser asimilados para cada uno de los temas, con la finalidad de que los alumnos pudieran ir controlando los objetivos cubiertos a medida que avanzaba el curso.
- **Bibliografía:** se preparó una selección de bibliografía básica para el seguimiento del curso, accesible desde la Biblioteca de la Facultad. Asimismo se incorporaron dos enlaces a dos sitios web para consulta “on line” vía Internet. Naturalmente esta selección de bibliografía en soporte virtual podría ser fácilmente ampliable, pero nuestro criterio ha sido mantener una navegabilidad cómoda dentro del curso, y un exceso de enlaces provoca a menudo una dispersión innecesaria.
- **Aplicaciones de simulación:** con el objetivo de familiarizar a los alumnos con algunas propiedades estructurales básicas de los materiales semiconductores y con el funcionamiento de los dispositivos elementales, se incorporaron enlaces al servidor de “applets” de la Universidad de Búfalo o los generados en la UB.
- **Enunciados y soluciones de ejercicios de examen:** a menudo los alumnos se sienten inseguros ante el desconocimiento del tipo de prueba final que deberán resolver. Los alumnos disponían de los enunciados de los exámenes de años anteriores desde la herramienta de dossiers electrónicos gestionados por la Biblioteca.
- **Cuestionarios de autoevaluación:** por último, destacamos la incorporación de estos cuestionarios para cada uno de los temas. Se organizaron en niveles de dificultad, A y B son de nivel básico, y C-D-E tienen un nivel semejante al del examen parcial que realizarían para cada tema. Las preguntas incorporadas son de varios tipos, de respuesta múltiple, de cálculo, (con datos generados aleatoriamente y respuesta puntuada en función de la tolerancia de error de la solución numérica), de relación e incluso de respuesta corta para corregir por el profesor.

La estrategia docente con la que se imparte cada uno de los temas del curso está basada en la siguiente pauta de actividades distribuidas a lo largo de un período de unas tres semanas:

- **Sesión introductoria** a cada tema basada en clase expositiva: durante una sesión de una hora se presenta el esquema conceptual del tema, resaltando los aspectos más relevantes de los contenidos, y remarcando aquello que es imprescindible conocer al término del tema.
- **Período de estudio autodidacta:** durante un período aproximado de una semana, los estudiantes abordan el estudio individual de la teoría con el material docente de apoyo. Para ello disponen, además de una selección bibliográfica adecuada, de apuntes, cuestionarios de autoevaluación, colección de problemas resueltos y una selección de aplicaciones de simulación. La organización de este material docente se detalla en algunas comunicaciones [6,7] y responde al interés por incentivar una capacidad formativa independiente y continuada a lo largo de la vida, requisito indispensable para un desarrollo profesional óptimo [8].
- **Sesiones de discusión:** en la siguiente semana se programan dos sesiones presenciales dedicadas a la discusión de una selección de preguntas de entre todas las autoevaluaciones disponibles. Se organizan los grupos de trabajo cooperativo y se realiza una puesta en común al final de las sesiones. Una selección adecuada de estas preguntas permite realizar un repaso a todo el contenido del tema enfocándolo desde una visión mucho más aplicada. Con ello, se recuerdan de nuevo los contenidos esenciales, de una manera mucho más participativa, dirigiendo las explicaciones hacia unos alumnos bastante más receptivos ya que previamente se les ha planteado una cuestión o duda a resolver y las explicaciones han de permitir resolver esas dudas o indicar claramente el camino para despejar las incógnitas abiertas.
- **Sesiones presenciales de problemas:** en una sesión, el profesor recurre de nuevo a la clase expositiva pero esta vez de resolución de problemas, en las que se hace énfasis en el análisis de los enunciados, razonamientos, planteamiento de las ecuaciones, condiciones de contorno, etc.
- **Trabajo cooperativo:** durante un período de una semana y media los grupos cooperativos trabajan en la resolución de un cuestionario completo de autoevaluación, y de un problema de examen de años anteriores sobre ese tema. La evaluación de estas dos tareas es compartida por todos los miembros de grupo.
- **Presentación de problemas en clase:** los problemas resueltos en trabajo cooperativo son presentados al resto de los alumnos de la clase. Durante dos sesiones de una hora se presentan 4 de estos problemas. El profesor ha seleccionado previamente qué grupo realizará la presentación oral, pero elige el miembro del equipo que realizará la presentación el mismo día. Con ello se pretende que todos los miembros del grupo se impliquen en la resolución del problema y que todos ellos sean capaces de explicar la resolución al resto de los compañeros.
- **Exámenes parciales:** al término de estas tres semanas de trabajo sobre un tema, se realiza un examen parcial con valoración individual.

Inicialmente, desde la primavera del curso 2002-2003, la organización del curso se apoyó en la plataforma de **Campus Virtual WebCT**. En la décima edición del curso, correspondiente al **otoño del año académico 2007-2008**, este curso se reorganizó utilizando como soporte la **plataforma Moodle Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment** (Entorno Modular de Aprendizaje Dinámico Orientado a Objetos, adoptado por la UB como Campus Virtual en lugar de WebCT).

		GRUPO DE INNOVACIÓN DOCENTE EN ELECTRÓNICA <b>e_LINDO</b> Departamento de Electrónica							
<b>CONTROL DE DEDICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES</b>		<b>NOM:</b> <b>ASIGNATURA ELECTRONICA FISICA</b>			<b>MODALIDAD:</b> <b>CURS:</b> Primavera 2004-2005				
<b>SEMANA 1</b>									
	<b>ACTIVITAT</b>	<b>DATA</b>	<b>14-feb</b>	<b>15-feb</b>	<b>16-feb</b>	<b>17-feb</b>	<b>18-feb</b>	<b>19-feb</b>	<b>20-feb</b>
	Sesiones presenciales	PRES							
	Estudiar teoría individualmente	TEOI							
	Estudiar teoría en grup	TEOG							
	Resolución de problemas individualmente	PROI							
	Problemas/autoevaluaciones en grupo	PROG							
	Realización de autoevaluaciones individuales	AUTO							
	Realización de exámenes parciales	EXAM							
	Consulta con el profesor	TUTO							
<b>CONTROL DE DEDICACIÓN DEL PROFESOR</b>									
<b>NOM:</b> <b>ASIGNATURA ELECTRONICA FISICA T1</b>									
<b>SETMANA 1</b>									
	<b>ACTIVITAT</b>	<b>DATA</b>	<b>14-feb</b>	<b>15-feb</b>	<b>16-feb</b>	<b>17-feb</b>	<b>18-feb</b>	<b>19-feb</b>	<b>20-feb</b>
	Clase presencial PRE	PRE							
	Exámenes en el aula	EXA							
	Consultas d'estudiants presencials	ESP							
	Consultas d'estudiants WebCT	ESE							
	Preparar ejercicios y controles	PEX							
	Corrección	COR							
	Coordinación curso	CUR							
	Becario de soporte	BEC							
	REDICE	RDO							
	Preparar nuevo material docente	PND							

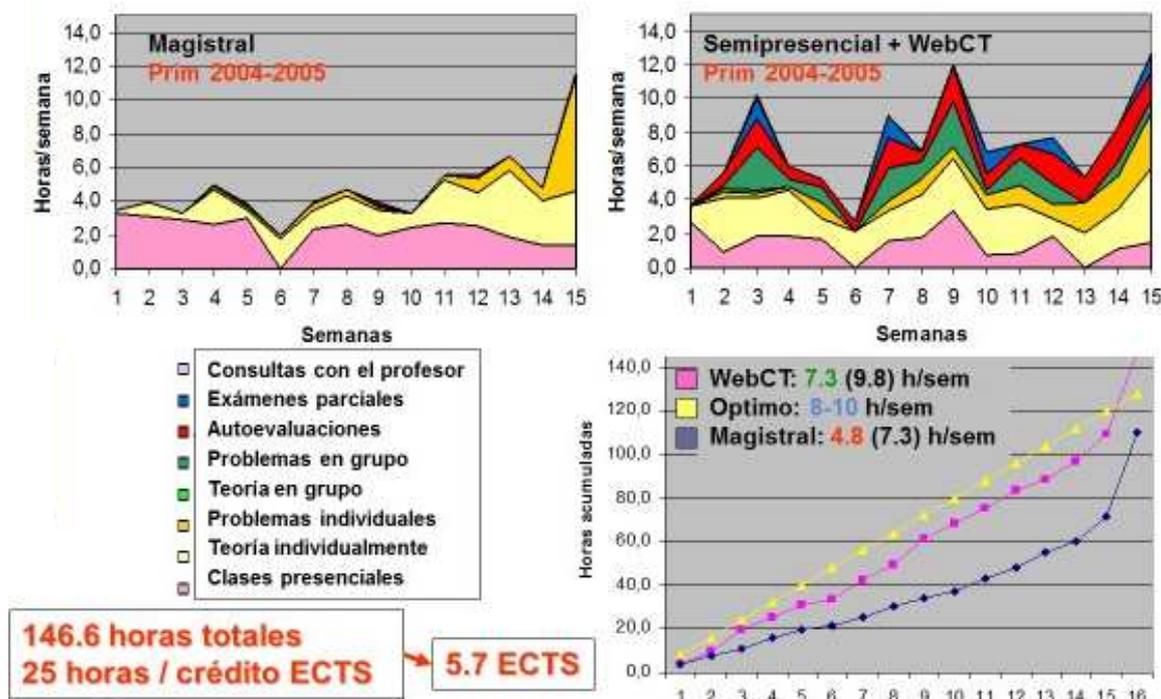
*Figura 3.5. Plantillas para la recopilación del tiempo de dedicación de estudiantes y profesores a la asignatura de Electrónica Física.*

### 3.3.2 Análisis del impacto de la implementación de la nueva metodología docente

Para un seguimiento adecuado del cambio metodológico propuesto, se llevó a cabo un proyecto de investigación en docencia bajo el programa REDICE 2004<sup>1</sup>, en el que se analizaron detalladamente y de forma comparativa entre los grupos que seguían la nueva metodología con respecto a los que seguían el curso según el modelo clásico de clases magistrales, los siguientes indicadores:

- El rendimiento de los estudiantes en cuanto a sus calificaciones y tasas de abandono.
- La dedicación de esfuerzo personal de los estudiantes según una u otra metodología docente.
- Las diferencias de tiempo de dedicación que implica para el profesorado según el modo de impartir la asignatura.
- La posible influencia del incremento de tiempo dedicado a una asignatura impartida en este formato especial sobre el rendimiento en otras asignaturas cursadas en el mismo semestre.

<sup>1</sup> Ver los detalles del proyecto en el apartado 3.2.4. de esta misma memoria.



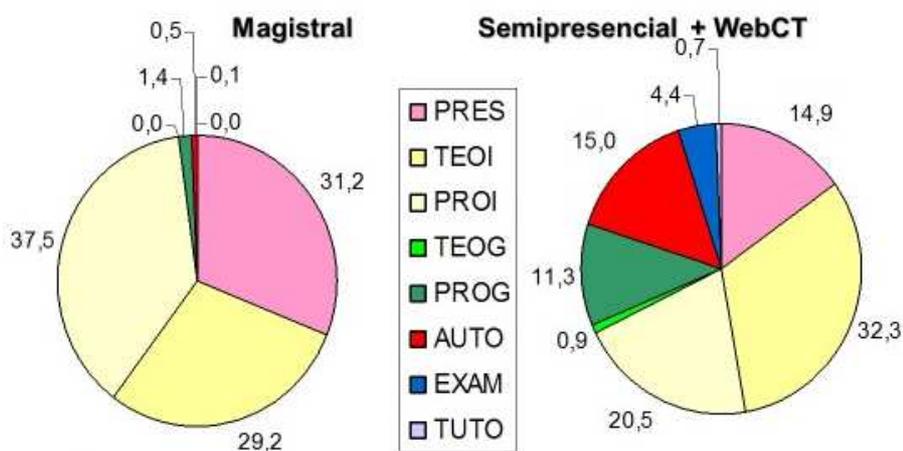
**Figura 3.6.** Distribución semanal de las horas de dedicación de los **estudiantes** en el curso de docencia de clases magistrales y en el curso en WebCT.

Quizás no sea el momento aquí de reproducir todos los resultados detallados de esta investigación, que pueden consultarse en las respectivas publicaciones [2,7] pero sí me gustaría referirme a la **valoración de las horas de la dedicación a la asignatura por parte de los estudiantes y de los profesores** y que se computó durante tres semestres<sup>1</sup>.

Según las encuestas de valoración del curso, más del 90% de los alumnos consideraba que esta modalidad docente, requería una dedicación mayor o mucho más alta que la modalidad convencional de docencia magistral. Partiendo de esta afirmación de los estudiantes sobre el incremento en horas que debieron dedicar a esta asignatura, nos planteamos cuantificar la dedicación total a partir del cómputo del tiempo real dedicado a cada una de las tareas. Así, en base a la colección de documentos por F. Sánchez et al.<sup>9</sup>, según la comunicación presentada en la conferencia TAEE'04, diseñamos unas plantillas adecuadas a las tareas propuestas en nuestra asignatura. Se pidió voluntariamente a los estudiantes rellenar la plantilla a lo largo del curso y se diseñaron plantillas similares para el cómputo de la dedicación de los profesores. Un ejemplo de las plantillas utilizadas para la recopilación de datos semanales se presenta en la **Figura 3.5**. Teniendo en cuenta que la respuesta no fue muy mayoritaria (28% de los estudiantes del curso semipresencial participaron) es posible que los resultados estén algo desplazados al alza, considerando que probablemente respondieran los alumnos a priori más "trabajadores", es decir, que el esfuerzo de dedicación real esté algo sobrevalorado. La **Figura 3.6** resume los datos recopilados en uno de los tres semestres comparando las dedicaciones del grupo magistral y semipresencial acumuladas a lo largo del período lectivo de con un promedio considerado como "óptimo" estimado a partir del número de clases lectivas de la asignatura a la semana. La asignatura EFIS tenía una asignación de 6 créditos lo que equivale a una docencia de 4 horas a la

<sup>1</sup> Mi agradecimiento al Dr. Albert Romano que accedió a pasar estas plantillas a los estudiantes de su curso, impartido con la modalidad clásica de clase expositiva.

semana durante un período de 15 semanas. Inicialmente pues, se consideró como óptima una dedicación de trabajo personal de una hora más por cada hora lectiva del curso magistral, es decir se asumió como óptima una dedicación promedio de 8 horas semanales. Como vemos en la figura **Figura 3.6**, los resultados están algo alejados de la predicción teórica, especialmente en el caso del grupo magistral, para el cual, la dedicación semanal durante el curso (4.8h), apenas supera el tiempo que ya de por sí está asignado a la asistencia a las cuatro horas semanales de clase. Curiosamente, si contamos el esfuerzo global de los alumnos incluyendo la dedicación antes del examen, resulta un tiempo de 7.3h, igual al que los alumnos del grupo semipresencial dedican regularmente durante las 15 semanas del curso. En ambas modalidades destaca un pico de dedicación antes del examen final. En la modalidad semipresencial, los ligeros incrementos periódicos se correlacionan con los exámenes parciales del curso. Es evidente que **el curso semipresencial presenta una distribución del esfuerzo más racional** a lo largo del semestre disminuyendo el número de horas que se han de dedicar justo antes del examen.



**Figura 3.7.** Distribución en porcentaje de las horas dedicadas a cada tipo de actividad por los **estudiantes** en el curso de docencia de clases magistrales y en el curso en WebCT.

La distribución semanal a cada tipo de actividad para la modalidad semipresencial, y para la modalidad de docencia magistral se presenta en la **Figura 3.7**. En la modalidad semipresencial destaca una mayor variabilidad de actividades. El estudio de teoría en grupo, es la tarea a la que se le dedica menos tiempo, a parte de las horas dedicadas a la consulta con el profesor. El estudio individual de la teoría y los problemas comporta el mayor número de horas totales. En la modalidad de docencia clásica, durante el curso la mayor parte del tiempo es la propia asistencia a las clases magistrales (20.4h), incluso por encima del tiempo dedicado al estudio personal de teoría y problemas (18h), y apenas si hay actividad en relación al material docente como las autoevaluaciones puestas a disposición también de este grupo. El esfuerzo de estudio personal se concentra al final del curso en lo que llamaríamos semana 16, en la que prácticamente se dobla y se triplica la dedicación al estudio de teoría y problemas en relación al tiempo dedicado durante el curso. Destacamos que el tiempo de estudio personal de teoría y problemas global es similar en ambos grupos, no habiendo impartido clases de teoría en el curso semipresencial.

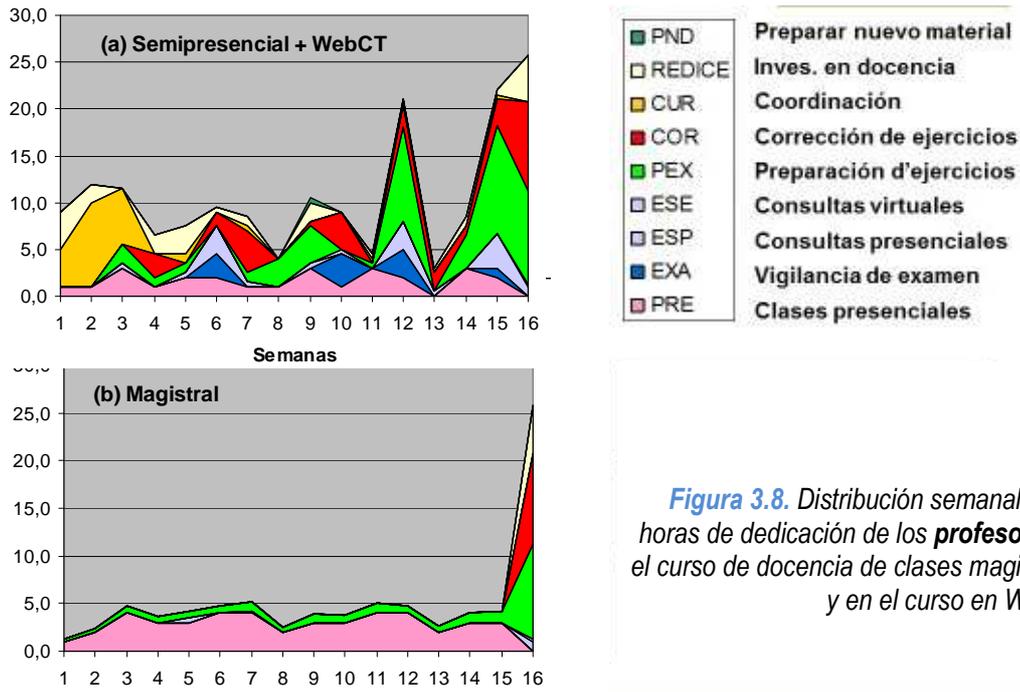


Figura 3.8. Distribución semanal de las horas de dedicación de los profesores en el curso de docencia de clases magistrales y en el curso en WebCT.

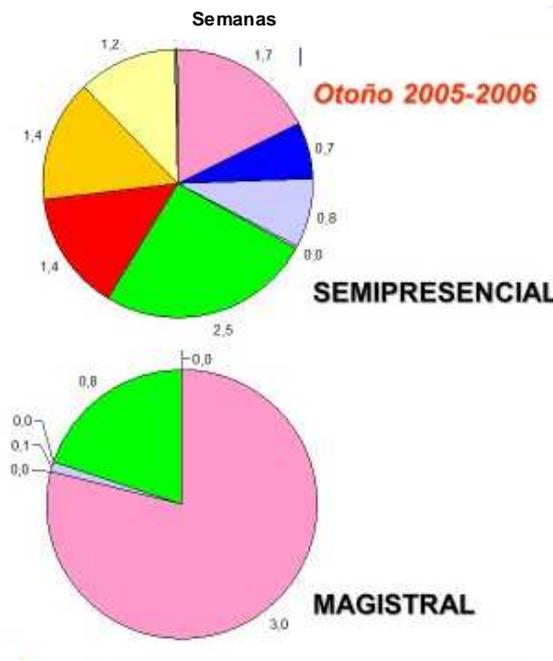


Figura 3.9. Distribución de horas semanales dedicadas a cada tipo de actividad por los profesores en el curso de docencia de clases magistrales y en el curso en WebCT.

<b>SEMIPRESENCIAL</b> 9.8 horas / Semana
<b>NOMINAL</b> 4+4 horas / Semana
<b>MAGISTRAL</b> 3.8 horas / Semana

Se realizó un cómputo similar para evaluar el tiempo dedicado a cada tarea por parte del profesor, incluyendo tareas de gestión y coordinación relativas al curso. Considerando el cómputo para un semestre, el profesor del curso semipresencial dedicó la primavera de 2005, 153 horas en las quince semanas lectivas, sin computar el tiempo para la preparación y corrección del examen final. Esto da un promedio semanal de 10.2 horas, que se reduce a 9.2 si no tenemos en cuenta el tiempo dedicado a las tareas del proyecto Redice. La Figura 3.8 presenta la distribución temporal a lo largo del semestre y la Figura 3.9 los porcentajes globales de dedicación por actividad. Para el profesor, la tarea que implica mayor dedicación, es la preparación de ejercicios para la resolución en equipo y la preparación de los exámenes parciales. Las horas de consulta

computadas por el profesor, son mayores que la media deducida del cómputo de los alumnos, lo que sugiere que alumnos que no han rellenado la plantilla también han realizado consultas. La preparación de material docente, una vez implementado todo el curso, no resulta una tarea excesiva, si bien destacan picos de trabajo asociados a la preparación y corrección de exámenes parciales. En general destaca que, para el profesor, la dedicación resulta claramente mayor que la requerida para los 6 créditos nominales. En principio, tendríamos cuatro horas lectivas, más las correspondientes de permanencia, que frecuentemente, no son utilizadas en tareas relativas a la asignatura. Hay que tener en cuenta, además, que en esta dedicación no se ha computado el tiempo empleado en la preparación inicial del material docente para el curso y el empleado en la implementación de todo este material en la plataforma WebCT. Por el contrario, en el curso de docencia magistral, el promedio semanal durante las quince semanas lectivas es de 3.8 h, y alcanza las 5.2 horas si se tiene en cuenta también la dedicación final justo antes del examen. Si tomamos como indicador un promedio de 4 horas de clase presencial y 4 más de tutoría y preparación, la modalidad docente en clase magistral estaría en un porcentaje del 35% por debajo de la dedicación nominal, mientras que el curso semipresencial estaría un 35% por encima de la dedicación nominal requerida. **Estos datos son un ejemplo objetivo del coste que la implementación de una metodología ECTS tiene para el colectivo de profesores.**

### 3.3.3 Flexibilización de las estrategias de evaluación acreditativa

Durante los primeros cursos impartidos siguiendo estas innovadoras estrategias docentes, se compatibilizó la actividad de evaluación continuada formativa con una evaluación final acreditativa, común con los grupos que se impartían en modalidad de docencia basada en clase magistral. Esta evaluación continuada fue pues una consecuencia natural del modo de impartición de la asignatura, previamente a la normativa de la UB sobre la evaluación [10]. Tras los buenos resultados arrojados sobre esta comparativa en los tres primeros cursos, se optó por una estrategia de evaluación más arriesgada. En definitiva, la calificación final se ha ido estableciendo de diferentes modos [11] a lo largo de las ediciones del curso configurando las tres etapas diferenciadas que se señalan en la **Figura 3.10**: **Fase A**: modalidad mixta con evaluación continua y final, exigiendo a los alumnos del grupo en modalidad semipresencial la misma prueba final que al grupo que cursó la asignatura siguiendo clases magistrales expositivas de teoría y problemas. La prueba final se valoró con un peso del 70%, y el restante 30% con la evaluación continuada del curso, desglosada en: 60% exámenes parciales, 20% resolución de autoevaluación, 15% resolución escrita y presentación a los compañeros de problemas de examen, 5% asistencia y actitud en las clases presenciales; **Fase B**: Igual distribución ponderada para las actividades. La superación de estas actividades permitía aprobar la asignatura por curso, con una calificación máxima de Aprobado, debiendo realizar el mismo examen final común a los del grupo con docencia clásica para mejorar la calificación, con una relación ponderada de 60% examen final y 40% evaluación continua; **Fase C**: Igual distribución ponderada para las actividades propuestas, obteniendo una graduación de la calificación final sin necesidad de examen final, en función de las calificaciones de la evaluación continua y el criterio del profesor.

El resultado de esta experiencia fue un incremento muy evidente del porcentaje de calificaciones “Aprobado” en relación al número total de alumnos matriculados, desde un promedio del 27% de aprobados en la Fase A, a un 51.4 % en esta fase B, alcanzando incluso un 70% de aprobados en el curso 8. Paralelamente se detectó en consecuencia una clara reducción de las calificaciones “Notable” y “Sobresaliente”, pasando de una media de 24.5% en la fase A, al 12.2% en la fase B.

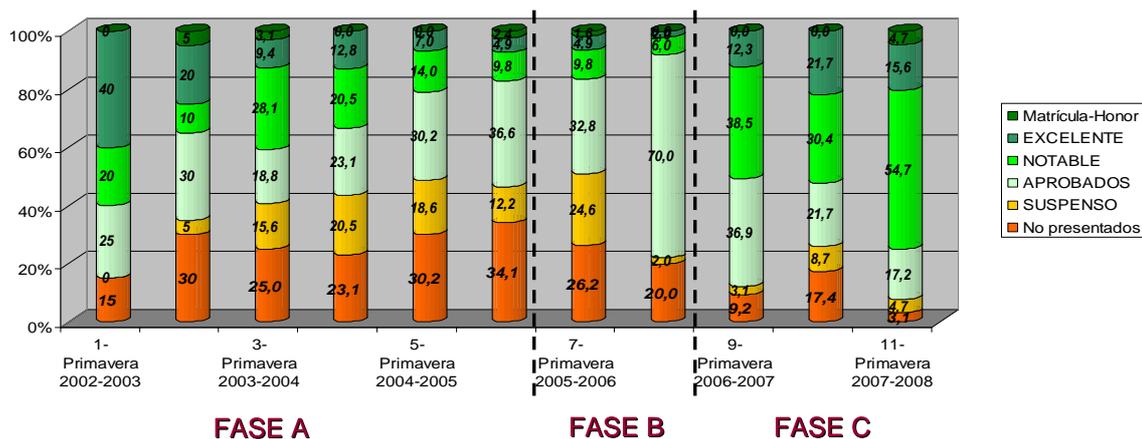
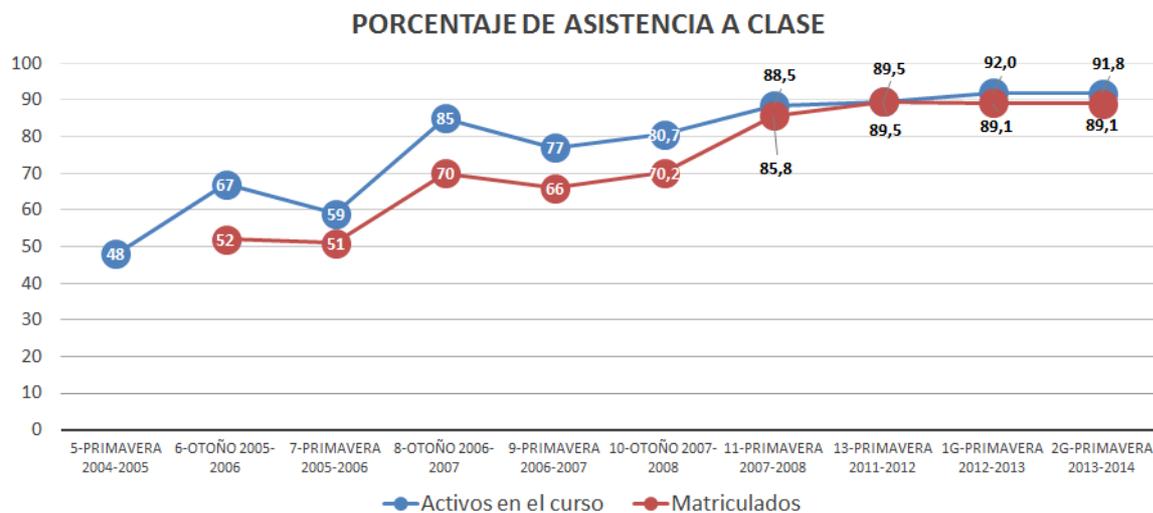


Figura 3.10. Análisis del rendimiento de los estudiantes a lo largo de 11 ediciones del curso y con diferentes modalidades de evaluación.

El porcentaje de alumnos “No presentados” y “Suspendidos” no varió significativamente entre ambas fases de evaluación, siendo de 38.2% y 36.4% y respectivamente. Seguir este criterio de evaluación de la fase B, permitiendo a los alumnos aprobar por curso pero exigiendo el examen final para obtener una calificación superior al aprobado reflejó que un gran porcentaje de alumnos aprobados por evaluación continuada renunciaban a presentarse a un examen para mejorar la calificación, en buena medida para dedicar el esfuerzo a otras asignaturas en los exámenes finales. Este procedimiento de evaluación constituye una clara desvirtualización de las capacidades reales de los estudiantes, ya que infravalora las calificaciones y reduce el expediente global. En la fase C finalmente, se optó por evaluar con calificaciones superiores al “Aprobado” según las calificaciones de las actividades propuestas para la evaluación continuada y el criterio del profesor. Eliminar el examen final, y calificar sólo en base a la evaluación continuada, implica un claro aumento de las calificaciones altas, pasando de un promedio de 34.5% en la Fase A, a un 51.5% en la fase C (Figura 3.10).

### 3.3.4 El nombre adecuado: Semipresencial? Metodologías activas?: Aula Invertida.

Inicialmente, a esta modificación de la estrategia docente en el aula, le puse el adjetivo de “curso semipresencial” atendiendo a la reducción de las clases presenciales para dejar algo más de tiempo de estudio y trabajo en equipo. Tras 13 ediciones del curso en la licenciatura y tras la publicación de la normativa sobre semipresencialidad en la UB, entendemos que esta denominación no fue la más apropiada, no sólo porque no cumple con los requisitos de porcentajes de no presencialidad globales establecidos por dicha normativa [12], sino porque la filosofía subyacente en la planificación del curso, no responde a lo que llamamos semipresencialidad entendida como “enseñanza parcialmente a distancia”. Tras la organización de un taller sobre modalidades semipresenciales en la UB, y la participación en una jornada sobre esta temática organizada por el PMID en CosmoCaixa, consideré que era más adecuado describir la modalidad docente como basada en metodologías activas, autoaprendizaje y trabajo colaborativo. En realidad, hoy en día veo que la iniciativa que tomé en 2003 tiene ahora un nombre específico, **Aula Invertida** [13], y que, como todas las teorías pedagógicas, tiene fervientes defensores y detractores.



**Figura 3.11.** Porcentaje de estudiantes que asisten a clase. En azul en porcentaje relativo a los que son activos en el curso desde el primer día. En rojo en porcentaje relativo al número global de estudiantes matriculados.

Lo importante para mí es comprobar si con los cambios introducidos superé los **escollos de aburrimiento y absentismo** que me motivaron a modificar mi estrategia docente. La **Figura 3.11** responde por sí misma al problema del absentismo. Si los alumnos sienten que su participación activa se valora y si la asistencia a clase es útil más allá de recibir una clase expositiva, la asistencia deja de ser un problema. Respecto al aburrimiento, ni que decir tiene que se resolvió en el mismo momento de iniciar el cambio metodológico.

Así, llegado el curso 2009-2010 y la implantación de los Grados, para la programación de la **asignatura Electrónica Física del Grado de Física opté por una modalidad docente similar**. Los contenidos de la asignatura se modificaron ligeramente, acortando los primeros temas dedicados a la Física del Estado Sólido y añadiendo temas sobre Dispositivos de Efecto de Campo, Contactos Metal Semiconductor y Heterouniones y Dispositivos Optoelectrónicos.

En la actualidad, continúo impartiendo la asignatura en esta modalidad, y los estudiantes parece que la recomiendan año tras año.

## 3.4 PUBLICACIONES SOBRE INNOVACIÓN DOCENTE

### 3.4.1 Publicaciones derivadas del cambio metodológico.

El trabajo intenso en la organización de los cursos y la investigación sobre la metodología docente y la evaluación, queda reflejado en un número significativo de contribuciones a congresos especializados y publicaciones docentes listados aquí y que cubren las diferentes etapas de implementación del curso <sup>1</sup>: Diseño y organización (1,2), comparativas entre la docencia clásica de clases magistrales y la metodología activa (3-8) y valoración de los distintos métodos de evaluación (9-10). El listado completo es el siguiente:

1. Docencia semipresencial sobre plataforma WebCT de la asignatura Electrónica Física de la Titulación de Física de la Universidad de Barcelona  
F. Peiró, A. Romano, A. Herms, A. Cornet  
Libro de Actas del **3er Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación**, (Gerona, 30 Juny-2 Juliol 2004), Vol. 1, pp. 143 (2004) ISBN:84-88795-79-3
2. Innovación de la metodología docente sobre fundamentos físicos de semiconductores y dispositivos, basada en un curso semipresencial implementado en el entorno virtual WebCT  
F. Peiró, A. Romano, A. Herms, A. Cornet  
Libro de Actas del Congreso **Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica** (Valencia, 14-16 Juliol 2004) ISBN: 84-688-7339-X
3. Comparación entre la metodología docente clásica y un curso semipresencial estructurado sobre plataforma WebCT per a la docencia de la asignatura de electrónica física de la licenciatura de Física  
Peiró, F. Grupo de Innovación Docent e-LINDO (2004aGID-UB/05)  
**1ª Encuentro de Grupos de Innovación Docente de la Universidad de Barcelona**.  
CosmoCaixa, Barcelona (18-19 Gener 2005)
4. Innovación de la metodología docente de la asignatura "Electrónica Física", basada en un curso semipresencial en el entorno WebCT  
F. Peiró  
Libro de Actas de la **Reunión de Innovación, Simulación e Internet en la docencia de Física**  
Barcelona (13-14 Gener 2005)
5. Asignatura de Electrónica Física en la Universidad de Barcelona: ¿curso semipresencial en WebCT o clases magistrales?  
F. Peiró, A. Romano, A. Herms, A. Cornet  
Libro de Actas del Congreso **4th Annual WebCT European User Conference** (Barcelona, 7-9 February 2005)
6. Nueva estrategia docente basada en semipresencialidad y trabajo cooperativo para la docencia de Electrónica Física  
Peiró F.  
Actas de las Ponencias del XIII **Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, XIII CUIEET**, Gran Canarias 20-23, Septiembre 2005.  
Ed. Escuela Universitaria Politécnica de las Palmas, p.51/1-17. EUP 2005-0914
7. Electrónica física: ¿metodología ECTS o clase magistral? Comparativa de dedicación del profesorado y del estudiante entre ambas modalidades docentes  
F. Peiró y A. Romano  
Libro de Actas del Congreso **VII Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica TAEE-2006** (Madrid, 12-14 Juliol 2006), pp.99-100, ISBN: 84-689-9590-8

<sup>1</sup> La documentación justificativa se presenta en el apartado 2.B.2

**8. Capítulo 11.** Electrónica Física en la Universidad de Barcelona: Comparativa de dedicación del profesorado y del estudiante entre una modalidad docente basada en clases expositivas o en docencia centrada en el trabajo del estudiante

Peiró, F. and Romano, A.

Edición: Martín Llamas Nistal, Carlos Vaz de Carvalho, y Carlos Rueda Artunduaga, editores

**TICAI2006: TICs para el Aprendizaje de la Ingeniería.** Pags.:81-88

©IEEE, Sociedad de Educación: Capítulos Español, Portugués y Colombiano

ISBN 978-84-8158-375-5

<http://romulo.det.uvigo.es/ticai/index.php/ticai-2006-2/ticai2006>

**9.** Implantación de evaluación continuada en la docencia de Electrónica Física en la Universidad de Barcelona con soporte de Campus Virtual Moodle

Peiró, F.

Resúmenes de los Trabajos del **“VIII Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica TAAE-2008**, p. 144.1-10 (Zaragoza, 2-4 Juliol 2008)

ISBN:978-84-7733-628-0

**10.** Buenas prácticas docentes en la Universidad: Modelos y experiencias en la UB

**Capítulo 15:** Docencia de Electrónica Física: un cambio desde las clases magistrales a metodologías activas y evaluación continua

F. Peiró, Luis Fernández, M. Yepes, Lissette Fernández

**Colección Educación Universitaria, Editorial OCTAEDRO**, pp 179 – 189

ISBN: 978-84-9921-116-9, (2010).

Haciendo balance, aunque parezca que no es una producción muy abundante, el esfuerzo que hay detrás es muy significativo. Dejando a un lado todas estas contribuciones, sin duda lo más importante de la producción han sido los intangibles derivados de la impartición de los cursos cotidianamente: los comentarios críticos o halagadores, pero siempre motivadores, de muchos de los alumnos que un día decidieron optar por una metodología alternativa a las clases magistrales en una facultad de Física.

### 3.4.2 Otras publicaciones relacionadas con la innovación docente

Además de los trabajos derivados del cambio metodológico he sido co-autora de estas otras publicaciones relacionadas con la docencia:

**11.** Organización de un Metacurso en Campus Virtual Moodle para la Coordinación del Master de Nanociencia y Nanotecnología de la Universidad de Barcelona

Peiró, F.

Libro de resúmenes del **V Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación**, (Lérida, 2-4 Julio 2008), Vol1. pp.55, Depósito Legal GI-733-2008

**12.** TEeTI talleres de ingeniería electrónica y tecnología de la información para futuros estudiantes universitarios  
López, J.; Ruiz, O.; Cornet, A.; Peiro, F.; Bosch, J.; Cirera, A.; Gomez, J.M.; Herms, A.; Lopez, M.; Miribel, P.; Prades, D.; Serre, C.; Vila, A.; Fernandez, L.

Libro de Actas del “VIII Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica TAAE-2010 (Madrid, 13-15 Abril 2010). (Oral).

**13. Capítulo 2.5. Capacidad creativa y emprendedora**

Mato, M.; Peiró, F.; Argila, A.M.; Arroyo, F.J.; Juárez, P.;

Coordinador: Alsina, J.

**CUADERNOS DE DOCENCIA UNIVERSITARIA. Rúbricas para la evaluación de competencias.**, Pag : 38-49 (2014)

Editors: Octaedro

ISBN: 978-84-9921-476-4 / Depósito legal: B. 29.316-2013

#### 14. Capítulo 2.5. “Capacitat creativa i emprendedora”

Mato, M.; Peiró, F.; Argila, A.M.; Arroyo, F.J.; Juárez, P.;  
 Coordinator: Alsina, J., **CUADERNS DE DOCENCIA UNIVERSITARIA. Rúbriques per a l'avaluació de competencies.**, Pag : 37-48 (2014)  
 Editors: Octaedro, ISBN: 978-84-9921-500-6 / Depósito legal: B. 29.315-2013

### 3.5 CONGRESOS DE INNOVACIÓN DOCENTE

Además de los congresos que ya se han comentado en el apartado 3.4.1 (que están en su mayoría ligados también a congresos de innovación docente) y que están directamente relacionados con los cambios metodológicos acometidos, en la asignatura de Electrónica Física, he participado en otros congresos nacionales e internacionales que listo a continuación <sup>1</sup>.

#### 3.5.1 Comunicaciones presentadas en congresos de innovación docente

1. **CONFERENCIA INVITADA:** Docencia de Electrónica Física bajo el marco del EEES  
**Congreso:** Encuentros de Información y debate, Grupo G-9 de Universidades, Facultad de Ciencias Universidad e Cantabria  
**Fecha:** 17-18 Mayo 2007 **Localidad:** Santander **País:** ESP – ESPAÑA
2. **CONFERENCIA INVITADA:** Docencia de electrónica física en formato semipresencial con soporte del campus virtual WebCT  
**Congrés:** Jornada de Formación del Plan de Innovación docente para la incorporación al EEES  
**Fecha:** Noviembre 2007 **Localidad:** Sevilla **País:** ESP – ESPAÑA
3. Organización de un Metacurso en Campus Virtual Moodle para la Coordinación del Master de Nanociencia y Nanotecnología de la Universidad de Barcelona  
 Peiró, F.  
 Comunicación enviada al **V Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación**, (Lérida, 2-4 Julio 2008) (Oral).
4. TEeTI talleres de ingeniería electrónica y tecnología de la información para futuros estudiantes universitarios  
 López, J.; Ruiz, O.; Cornet, A.; Peiro, F.; Bosch, J.; Cirera, A.; Gomez, J.M.; Herms, A.; Lopez, M.; Miribel, P.; Prades, D.; Serre, C.; Vila, A.; Fernandez, L.  
 Libro de Actas del “VIII Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica TAAE-2010 (Madrid, 13-15 Abril 2010).

#### 3.5.2 Asistencia a congresos de innovación docente

He asistido sin enviar comunicación a los siguientes congresos:

1. Nuevas tecnologías en la sociedad de la información: la educación en la era de la mundialización  
**Virtual Educa2004: V Encuentro internacional sobre educación capacitación profesional y tecnologías de la Información.**  
**Foro Iberoamericano de Encuentro, ámbito multilateral de convergencia**  
 Forum Universal de las Culturas Barcelona 16-18 de Junio, (2004)

<sup>1</sup> El listado global y la documentación justificativa se incluye en los apartados 2.C.1 y 2.C.2

2. **VI Jornadas de Redes de Investigación en docencia Universitaria.**  
Vicerectorado de Planificación estratégica y calidad. Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad de Alicante (20h) 9-10 Junio 2008
3. OpenCourseWare Consortium Global 2009  
**Open Education Conference 2009** (Monterrey, Mexico) 21-24 Abril 2009)  
Instituto Tecnológico de Monterrey
4. **2009 European Science Education Research Association** ESERA Conference (Estambul, 31 Agosto-4 Setiembre 2009).  
Entidad organizadora: Universidad de Gazi
5. JORNADA SOBRE INNOVACIÓN DOCENTE: **Conferencia de Rectores de Universidades españolas** (CRUE) – Universidad de Barcelona  
Universidad de Barcelona, Aula Magna de la Facultad de Biología, 21-22 de Junio 2012.
6. JORNADA **de Semipresencialidad en la Universidad de Barcelona**  
Vicerectorado de Política Docente y Científica - ICE  
Universidad de Barcelona, Aula Capella, 11 de Julio 2012.
7. JORNADA **La semipresencialidad en el contexto de la Red Vives: situación actual y retos de futuro**  
Universidad de Barcelona, Aula Magna, 28 de Septiembre del 2012
8. JORNADA: **La formación centrada en el alumno a través del aula invertida** (4h).  
Organizado por: Instituto de Ciencias de la Educación Universidad de Barcelona- ICE  
**LUGAR:** Aula Magna Facultad de Biología **FECHA:** 23 de Septiembre de 2015  
Código: UNI2015004
9. JORNADA: **Aula Moodle: aprender y enseñar en la UB** (6h).  
Organizado por: Instituto de Ciencias de la Educación Universidad de Barcelona- ICE  
**LUGAR:** Campus Mundet **FECHA:** 14 de Noviembre de 2014  
Codi: UNI2014016

Podemos hacer un **pequeño resumen de la contribución a congresos y publicaciones de docencia:**

INDICADOR	Nº	Descriptor
Conferencias Invitadas	2	Universidad de Sevilla, Universidad de Cantabria
Congresos Nacionales	5	CUIET2005, TAAE2004, TAAE2006, TAAE2008, TAAE 2010
Congresos Internacionales	3	WebCT2005, CIDUI2004, CIDUI2008
Congresos Locales	2	Jornadas UB
Asistencia a Congresos	4	OCW, ESERA, VIRTUAL EDUCA
Jornadas de Innovación docente	5	Semipresencialidad, redes de investigación en docencia, CRUE
Artículos en revista	1	IEEE
Capítulos de libro	3	OCATEDRO
Publicaciones en libros de Actas de Congresos	8	Publicaciones derivadas de los congresos Nacionales e Internacionales
Premios	3	TAAE2006, OCW-UB 2009, TAAE 2010

**Figura 3.12.** Tabla resumen de la productividad en relación a la difusión de la actividad de innovación docente e investigación en docencia.

## 3.6 EVALUACIÓN DE LA ACTUACIÓN DOCENTE

La evaluación de nuestra actividad como docentes tiene también distintas dimensiones. En primer lugar, deberíamos hablar de la valoración Institucional, aquella que proviene del Ministerio y por otra parte la propia Universidad de Barcelona y de la Agencia de Calidad para las Universidades (AQU), que curiosamente tienen procedimientos muy dispares de valoración y que conducen a la consecución de los llamados “Tramos Docentes”. En segundo lugar, consideraremos las encuestas institucionales. Seré crítica con lo que de verdad puede aportar este tipo de encuestas para la mejora de la actividad docente. Finalmente, comentaré los resultados de las encuestas personales realizados en el contexto de las asignaturas que he impartido. Seguro que su validez estadística es cuestionable, empezando por el simple hecho de no ser anónimas. Sin embargo, han sido la herramienta que me ha permitido captar la **opinión más constructiva del alumnado sobre la que fundamentar cambios metodológicos y de organización del curso a lo largo de las diferentes ediciones.**

### 3.6.1 Evaluación oficial: Tramos Docentes

En el nivel más básico de evaluación encontramos la evaluación puramente temporal. Lo llamados Quinquenios de Docencia, que se alcanzan de forma automática por el mero hecho del transcurso del tiempo y que vienen acompañados de un complemento económico. Sin embargo, el procedimiento de evaluación para optar al mismo reconocimiento por parte de la Generalitat de Catalunya, supone un largo proceso. La Universidad de Barcelona ha organizado una comisión **Comisión de Evaluación de la Docencia de la Universidad de Barcelona (CADUB)**, que bajo las directrices de un **Manual de evaluación de la actividad docente del profesorado de la UB (2013)**<sup>14</sup> acreditado por la AQU Catalunya el 15 de octubre del 2014, y el procedimiento establecido en la Carpeta Docente del Profesorado es la encargada de valorar las múltiples dimensiones de la actividad docente acompañadas de un largo Autoinforme sobre:

- Planificación y desarrollo de la actividad docente con análisis de puntos fuertes y débiles, innovaciones y mejoras realizadas o propuestas
- Descripción y valoración de los resultados académicos
- Valoración del grado de satisfacción de los estudiantes
- Descripción de méritos docentes entre una categoría tan especificada como los son los criterios de complementariedad entre las distintas evidencias que se pueden escoger.
- Otros aspectos que se quiera hacer constar.

Posteriormente, las evaluaciones positivas de la actividad docente deben ser validadas por la Comisión de Profesorado de Consejo de Gobierno. En la actualidad, tengo evaluados positivamente cuatro tramos de Docencia <sup>1</sup> correspondientes a los períodos:

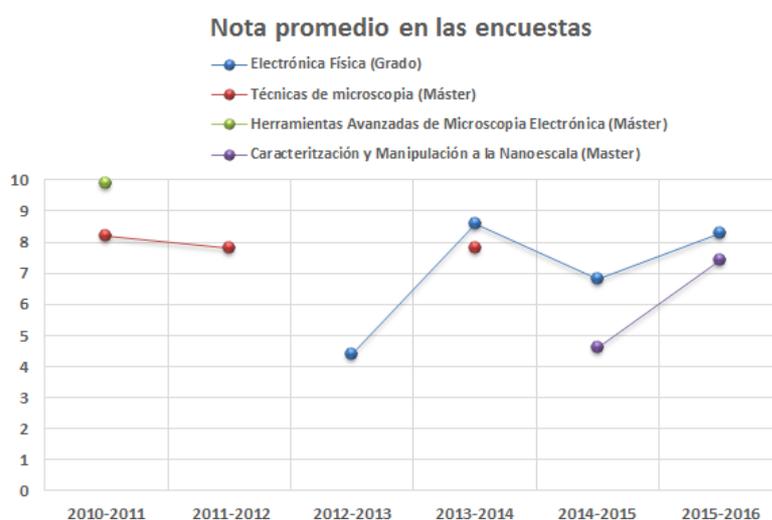
- **Tramo 1:** 1995 – 2000
- **Tramo 2:** 2001 – 2005
- **Tramo 3:** 2006 – 2010
- **Tramo 4:** 2011 – 2015

<sup>1</sup> El correspondiente certificado se adjunta en el **apartado 2.B.1** de la documentación

### 3.6.2 Encuestas institucionales

Algunas de las dimensiones valoradas en el procedimiento descrito en el apartado anterior, son las mismas que se han ido desgranando en este mismo capítulo (publicaciones docentes, congresos de docencia, etc.). Otro de los indicadores relevantes es el **resultado de las encuestas de satisfacción de los estudiantes**. Estas encuestas han ido reduciendo paulatinamente el número de preguntas, con la intención de mejorar los índices de participación ya que, desde la puesta en marcha de los aplicativos informáticos para realizar las encuestas en línea, estos índices se han ido reduciendo dramáticamente, probablemente también debido a la proliferación del número de encuestas. En la **Figura 3.13** hemos representado la nota promedio de las encuestas de los últimos cinco años. Vemos que la dispersión es bastante significativa entre las distintas asignaturas e incluso en una misma asignatura en función del curso académico. Por ejemplo, mi nota media puede oscilar entre un 10 en una asignatura de máster, con estudiantes motivados y número reducido, y un 4,4 en una asignatura de grado, en la que hubo una incidencia<sup>1</sup> en un examen el **curso académico 2012-2013**, la **valoración más baja** que he obtenido en las encuestas de satisfacción de los estudiantes. Desde mi punto de vista, las preguntas de esta encuesta están redactadas de manera tan genérica, y la participación es tan baja, que los resultados sólo son un indicativo, a menudo sesgado hacia buenos o malos comentarios en función de las incidencias que haya podido haber durante el curso.

A modo de ejemplo la **Figura 3.14** ilustra esta dispersión de resultados, en los que se pasa de unas calificaciones muy bajas a otras más altas en el curso siguiente, incluso muy por encima de la media del profesorado del grado, sin apenas haber modificado la actuación docente. La tabla de la **Figura 3.15b**, en la que se incluye además los índices de participación en la encuesta, ilustra que el interés por la encuesta crece si hay algo de lo que quejarse. Finalmente, incluimos también **uno de los mejores resultados obtenidos en las encuestas** de satisfacción, la del curso **2003-2004**, al inicio de la implementación del cambio metodológico en la docencia, como ilustra la **Figura 3.16**. Todos los ítems están muy bien valorados excepto el número 12, que hace referencia al esfuerzo requerido para superar la asignatura.



**Figura 3.13.** Resultados de las encuestas de los cinco últimos cursos académicos.

<sup>1</sup> Acepté hacer un examen extra a dos estudiantes que tenían que viajar el mismo día del examen común, que era por la tarde. Una parte del examen eran preguntas de teoría en línea y el resto ejercicios de dispositivos FET. Por error dejé visible y accesible sin proteger por contraseña la parte de teoría, y los estudiantes la vieron y consideraron que era autoevaluación y empezaron a trabajar en ella. Yo me di cuenta y sin tiempo para volver a generar otra batería de preguntas en línea, preparé un examen sólo de ejercicios de dispositivos. Naturalmente, las quejas fueron amargas porque algunos sólo habían estudiado teoría y este hecho se reflejó claramente en las encuestas.

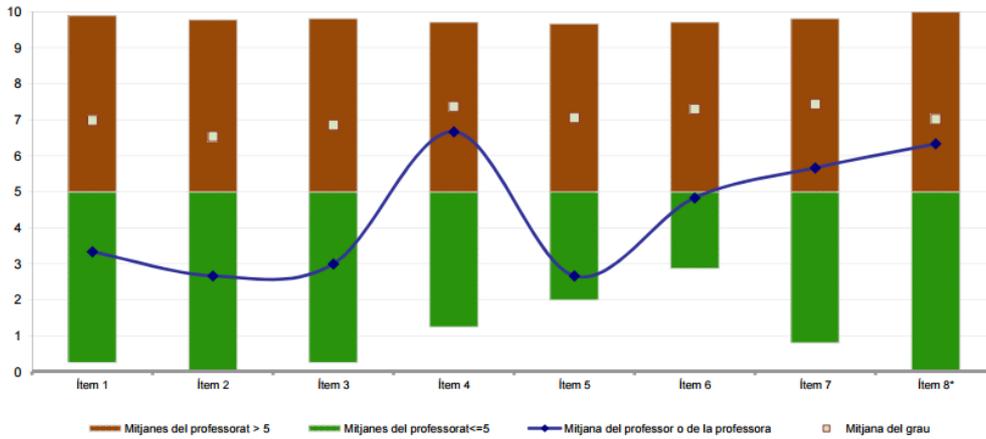
a)

Curs 2012 - 2013  
2n semestre

Alumnat matriculat en el grup participant: 26  
Nombre d'enquestes emplenades: 6

Percentatge de res  
23,08%

Gràfic de mitjanes: situació del professorat en el conjunt del Grau



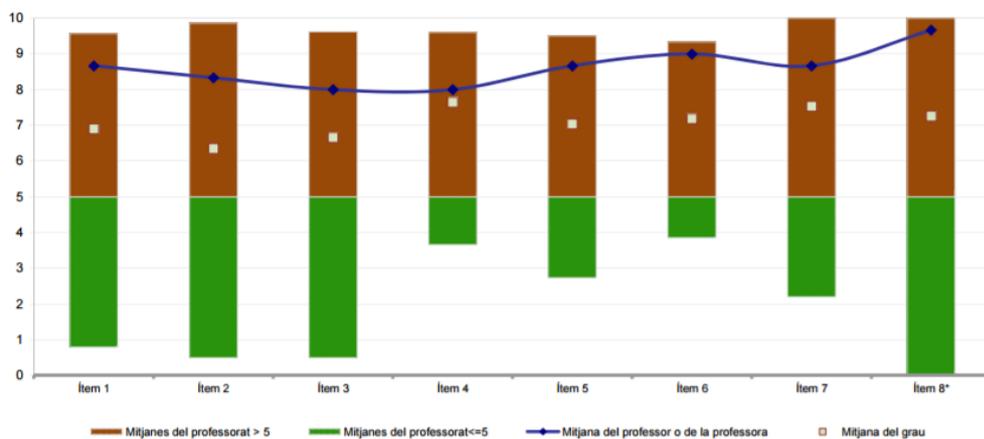
b)

Taula de freqüències de les respostes (%)

1	En general, estic satisfet/a amb l'activitat docent duta a terme pel professor/a de l'assignatura
2	La manera de desenvolupar l'activitat docent aconsegueix motivar l'alumnat
3	Transmet amb claredat els continguts de l'assignatura
4	L'activitat docent ha permès complir el programa de l'assignatura
5	Les activitats d'avaluació proposades pel professor/a han estat adequades a l'assignatura
6	El material d'estudi i de consulta proposat (bibliografia, documents, recursos didàctics, etc.) ha estat útil per a l'aprenentatge de l'assignatura
7	Manté un bon clima de comunicació i relació amb l'alumnat
8	(En cas que n'hàgiu fet) Les activitats proposades pel professor/a al Campus Virtual han estat útils en el procés d'aprenentatge de l'assignatura

Figura 3.14. Ejemplo de encuestas de la asignatura Electrónica Física del Grado de Física. a) resultados del curso 2012-2013; b) Preguntas de la encuesta; c) Resultados del curso 2013-2014.

Gràfic de mitjanes: situació del professorat en el conjunt del Grau

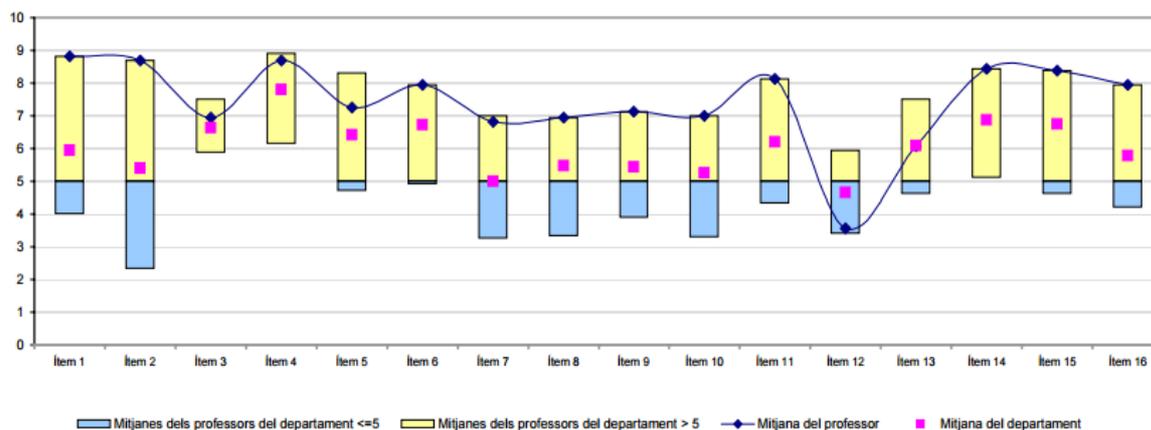


c)

a) Asignatura	Año	Nota	Participación (%)	Comparación
Electrónica Física (Grado)	2012-2013	4,4	23,01	<<
	2013-2014	8,6	8,8	>>
	2014-2015	6,8	15,2	<<
	2015-2016	8,3	11,9	>>

b) Asignatura	Año	Nota	Participación (%)	Comparación
Técnicas de microscopia (Máster)	2010-2011	8,2	13,6	>
	2011-2012	7,8	75,0	>
	2013-2014	7,8	83,3	>
Herramientas Avanzadas de Microscopia Electrónica (Máster)	2010-2011	9,9	60,0	>>
Caracterización y Manipulación a la Nanoescala (Master)	2014-2015	4,6	56,8	<<
	2015-2016	7,4	28,6	>>

**Figura 3.15.** Nota promedio, índices de participación y comparativa con el resultado promedio de los profesores del grado (a) y de máster (b) obtenida en las asignaturas con mayor número de horas de docencia asignadas



**Figura 3.16.** Encuesta de la asignatura Electrónica Física de la licenciatura de Física del curso 2003-2004. Comparativa de mi nota promedio con la nota promedio de los profesores del departamento.

En vista de la variabilidad de los indicadores en cursos consecutivos, y la repercusión de cualquier incidencia en la valoración del profesorado, la Institución debería reflexionar sobre utilidad de estas encuestas para la evaluación de sus docentes, tanto sobre cómo mejorar el procedimiento y los índices de participación.

### 3.6.3 Encuestas particulares

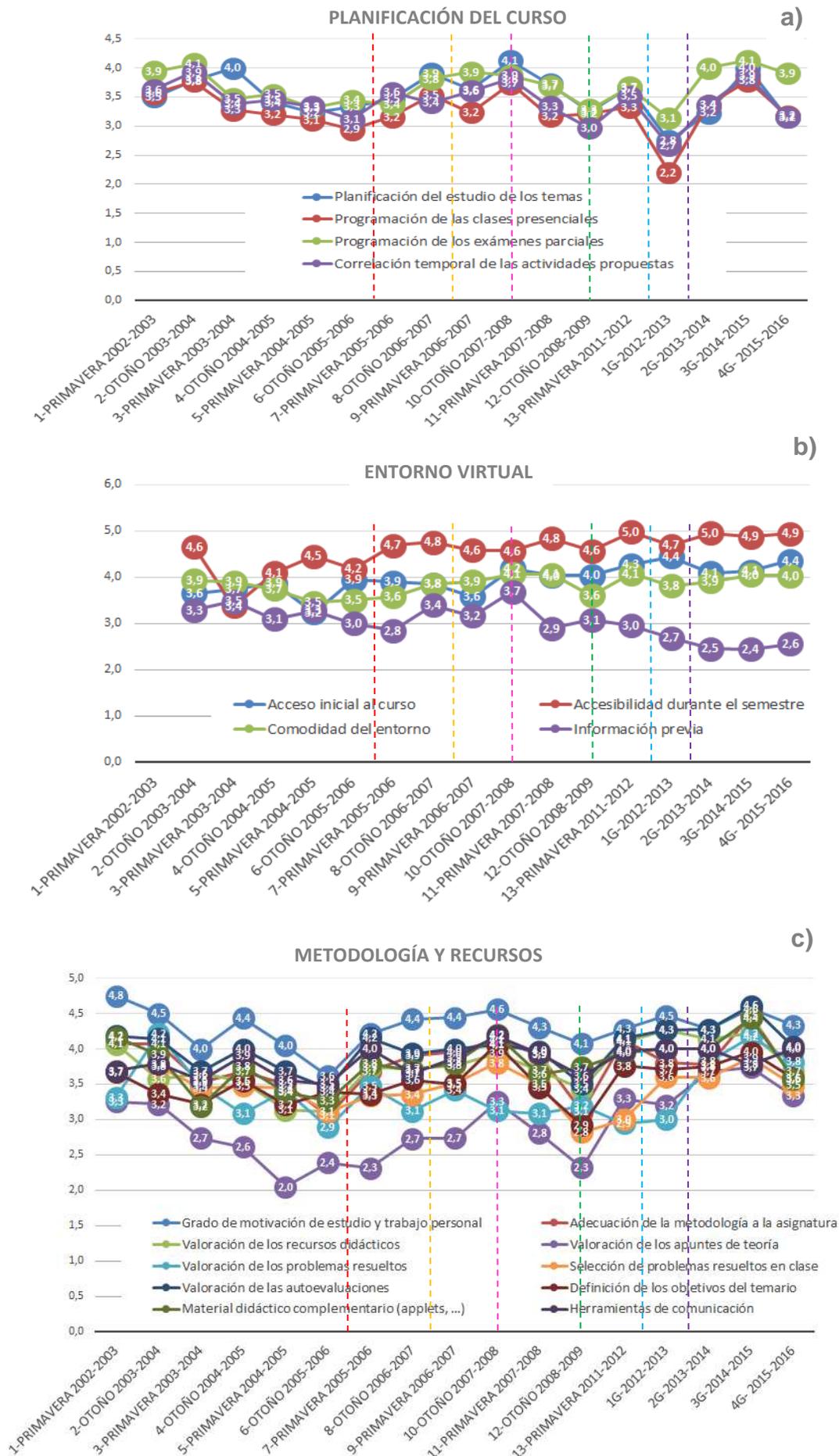
A lo largo de todos los cursos académicos he realizado un **seguimiento de la opinión de los alumnos para obtener indicadores sobre los que basar las modificaciones de la planificación y ejecución del curso** que he ido introduciendo. En particular, me he centrado en la asignatura de Electrónica Física, porque era muy importante tener una realimentación anual de la opinión de los estudiantes cuando son los agentes prioritarios de un cambio metodológico en el aula. La encuesta incluye preguntas relativas al entorno de trabajo, el profesor, la planificación de actividades, el material docente, la evaluación, y deja espacio para la opinión personal abierta. Se trata de una encuesta con un **amplio número de preguntas**, pero ello no necesariamente es negativo. Creo que las encuestas que sólo contienen 8 ó 10 preguntas, o incluso sólo cuatro como las actuales, no pueden dar respuesta a la valoración de todos los aspectos significativos a considerar, si lo que se pretende es que las encuestas **sean un instrumento al servicio de la evaluación de la calidad y de los procesos de mejora**, y no un fin en sí mismas para extraer unos indicadores puramente numéricos. El listado de preguntas se puede ver en la **Figura 3.17**. y la valoración de cada ítem es en una escala de 6 grados. Esta encuesta se realiza voluntariamente a final del curso, después de los exámenes y se encuentra en el Campus Virtual al que se accede con el código identificativo del estudiante.

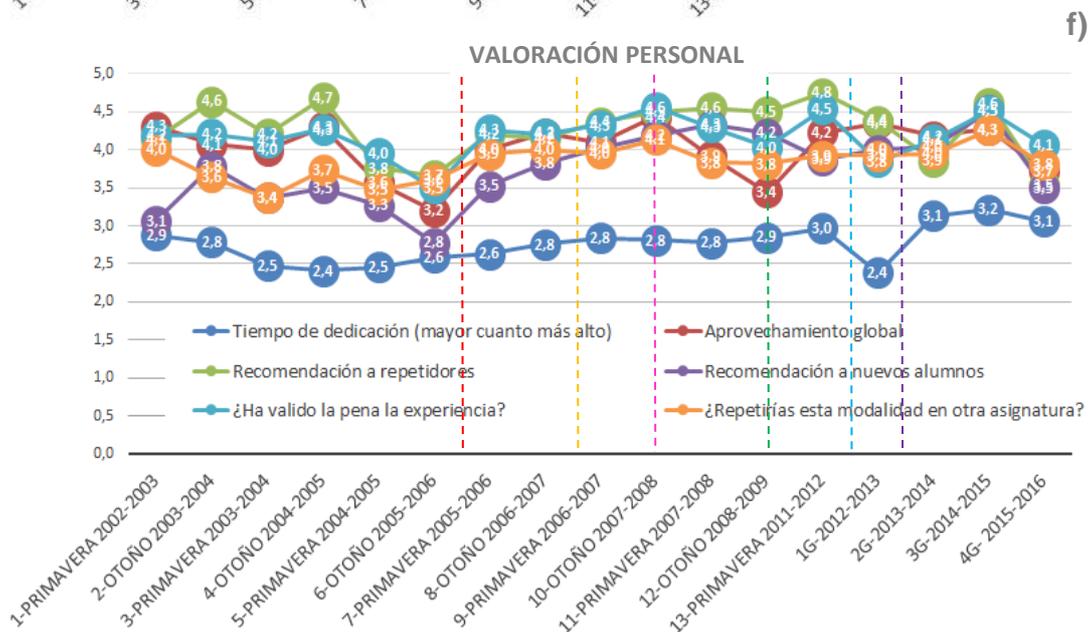
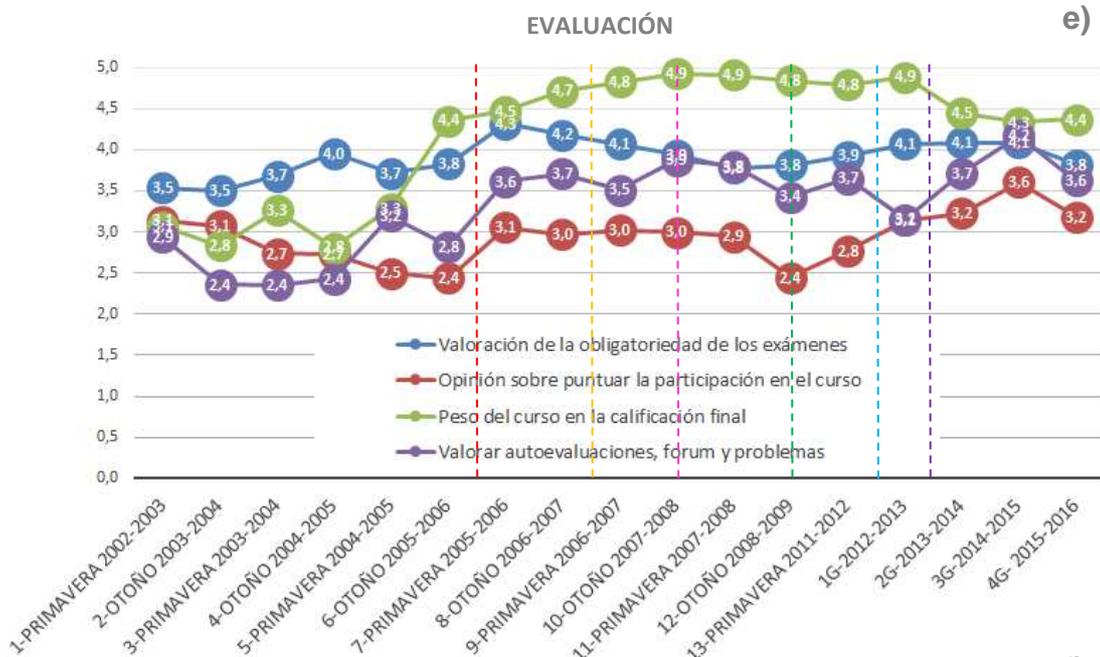
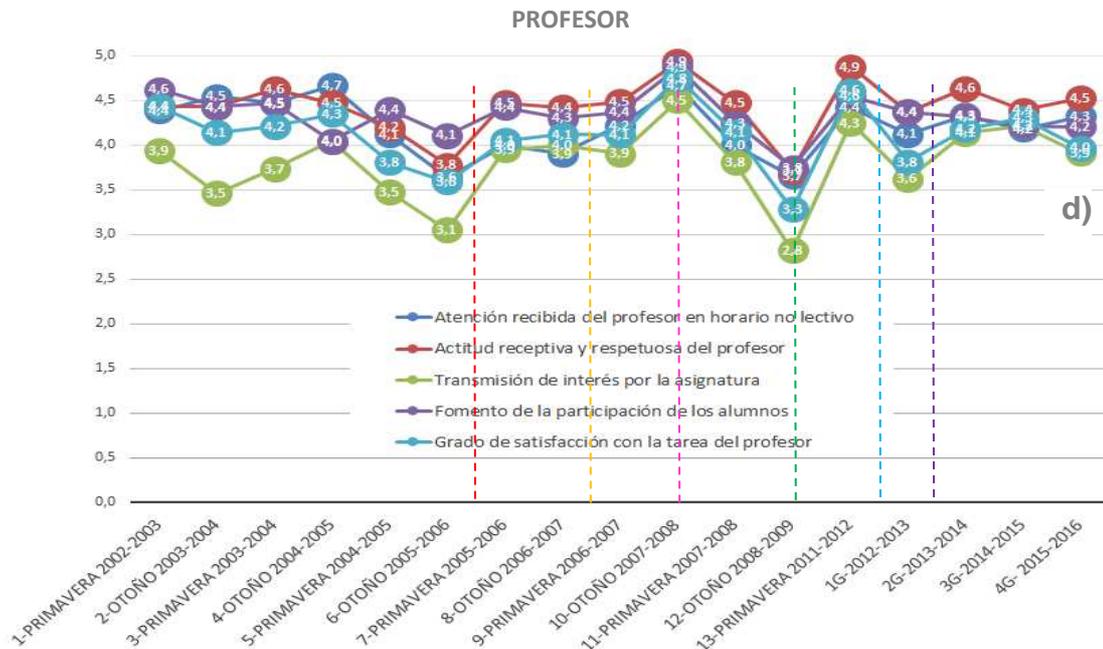
ENTORNO DE TRABAJO	
Acceso inicial al curso	
Accesibilidad durante el semestre	
Comodidad del entorno	
Información previa	
PROFESORADO	
Atención recibida del profesor en horario no lectivo	
Actitud receptiva y respetuosa del profesor	
Transmisión de interés por la asignatura	
Fomento de la participación de los alumnos	
Grado de satisfacción con la tarea del profesor	
PLANIFICACIÓN DEL CURSO	
Planificación del estudio de los temas	
Programación de las clases presenciales	
Programación de los exámenes parciales	
Correlación temporal de las actividades propuestas	
METODOLOGÍA Y RECURSOS DOCENTES	
Grado de motivación de estudio y trabajo personal	
Adecuación de la metodología a la asignatura	
Valoración de los recursos didácticos	
Valoración de los apuntes de teoría	
Valoración de los problemas resueltos	
Selección de problemas resueltos en clase	
Valoración de las autoevaluaciones	
Definición de los objetivos del temario	
Material didáctico complementario (applets, ...)	
Herramientas de comunicación	
EVALUACIONES	
Valoración de la obligatoriedad de los exámenes	
Opinión sobre puntuar la participación en el curso	
Peso del curso en la calificación final	
Valorar autoevaluaciones, forum y problemas	
VALORACIÓN PERSONAL	
Tiempo de dedicación (mayor cuanto más alto)	
Aprovechamiento global	
Recomendación a repetidores	
Recomendación a nuevos alumnos	
¿Ha valido la pena la experiencia?	
¿Repetirías esta modalidad en otra asignatura?	

■ MUY MALA
■ MALA
■ REGULAR
■ BIEN
■ EXCELENTE
■ NO SABE

**Figura 3.17.** Preguntas de la encuesta en el Campus Virtual de la asignatura Electrónica Física y escala de valoración de cada ítem.

**Figura 3.18.** En las dos páginas siguientes se presenta la evolución de la calificación promedio por cada ítem en función de los distintos cursos académicos de licenciatura y de grado. Cada gráfico se corresponde a un bloque de preguntas de la tabla de la izquierda. Las líneas punteadas indican cambios en algún aspecto del curso.





En estos gráficos, a primera vista demasiado compactos y con poca variación, se pueden señalar aspectos relevantes en relación a alguno de los cambios introducidos en la asignatura.

- **En rojo:** En los cursos 7-8 (primavera de 2005-2006 y otoño del 2006-2007) se empezó a ensayar el método de aprobar por evaluación continua y optar al examen final para obtener calificación superior al aprobado.
  - Es muy significativo el incremento de la motivación de los estudiantes al no tener que realizar un examen final para aprobar la asignatura
- **En naranja:** A partir del curso 9 (primavera del 2007) se empieza a realizar la evaluación continuada sin examen final con toda la escala de calificaciones.
  - Si nos fijamos en los gráficos de la figura 3.9, prácticamente todos los indicadores suben del curso 6 al 7 y del 8 al 9. Especialmente, en el caso de la evaluación, para la que la valoración se mantiene muy positiva hasta el inicio de los cursos de grado.
- **En rosa:** El curso 10 (otoño de 2007-2008) supuso la transición desde la Plataforma WebCT a la Plataforma Moodle.
  - Estos dos cambios se reflejan en incremento de la valoración de la accesibilidad del entorno virtual que se mantiene estable.
  - La nota más baja en relación a la información previa, responde al hecho de que la información no se obtiene del Campus Virtual o de forma oficial, si no de los comentarios de amigos y otros estudiantes del curso lo que supone un indicador de que el “boca a boca” entre estudiantes nos es favorable.
- **En verde:** El curso 12 fue impartido por otro profesor.
  - Curiosamente, la percepción sobre los recursos también baja, aunque eran exactamente los mismos que en los cursos anterior y posterior.
- **En azul:** El curso 13 corresponde al último curso de la licenciatura y el siguiente 1G, corresponde al primer curso del nuevo grado. En ese momento se dejaron de recomendar los apuntes de la antigua licenciatura, para pasar a utilizar un libro virtual [15].
  - Curiosamente, los apuntes empezaron a ser mejor valorados, después de una evolución claramente a la baja desde el inicio (ver gráfico Metodología y Recursos).
- **En lila:** El curso 2013-2014 supuso un cambio de la plataforma Moodle a la versión 2.4.

En definitiva, vemos que estas **encuestas exhaustivas, nos aportan mayor información** que las institucionales y a menudo correlacionan bien con los cambios introducidos en el curso y nos permiten valorar si son o no una mejora real. Además de esta batería de 40 preguntas, la encuesta deja **espacio libre para indicar lo más positivo o negativo del curso, así como posibles propuestas de mejora**. En todas las ediciones hay comentarios positivos y negativos, pero siempre desde una perspectiva constructiva, y han resultado muy útiles para la mejora del curso. Finalmente, en las **Figura 3.19** (a-f) de las dos siguientes páginas se ilustran los **resultados de estas encuestas sólo para los cursos de grado**, en columnas de porcentaje de selección de respuesta para cada pregunta. Las respuestas posibles a las preguntas no son siempre las que se indican en la leyenda, pero por simplicidad, he preferido representarlas con esta escala de cinco niveles (más el de “no sabe”) de manera global y comentar seguidamente las excepciones.

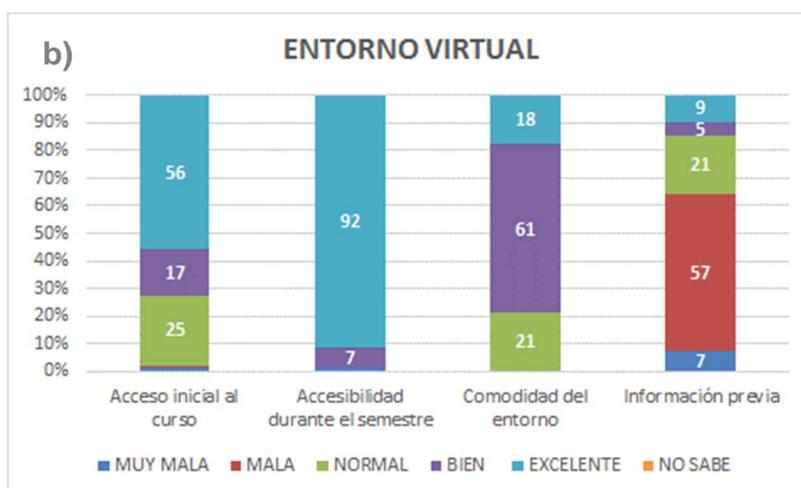
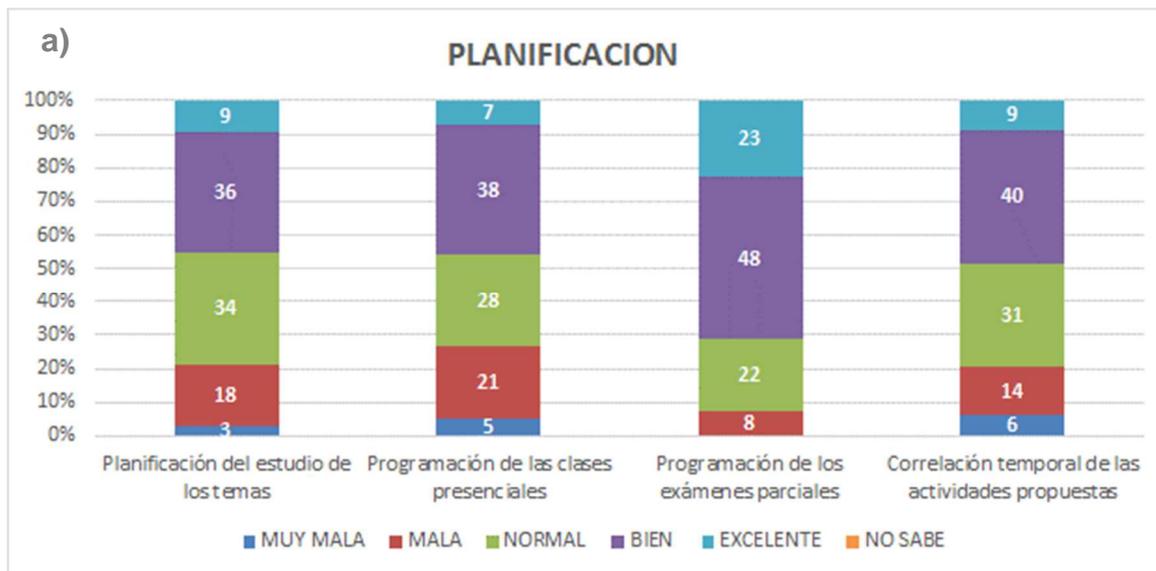
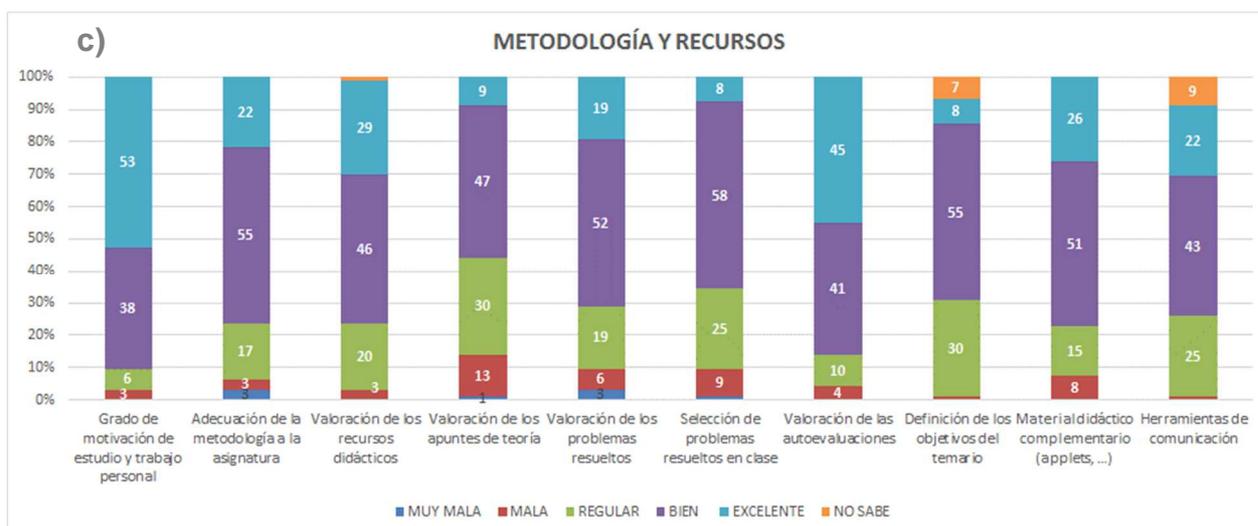
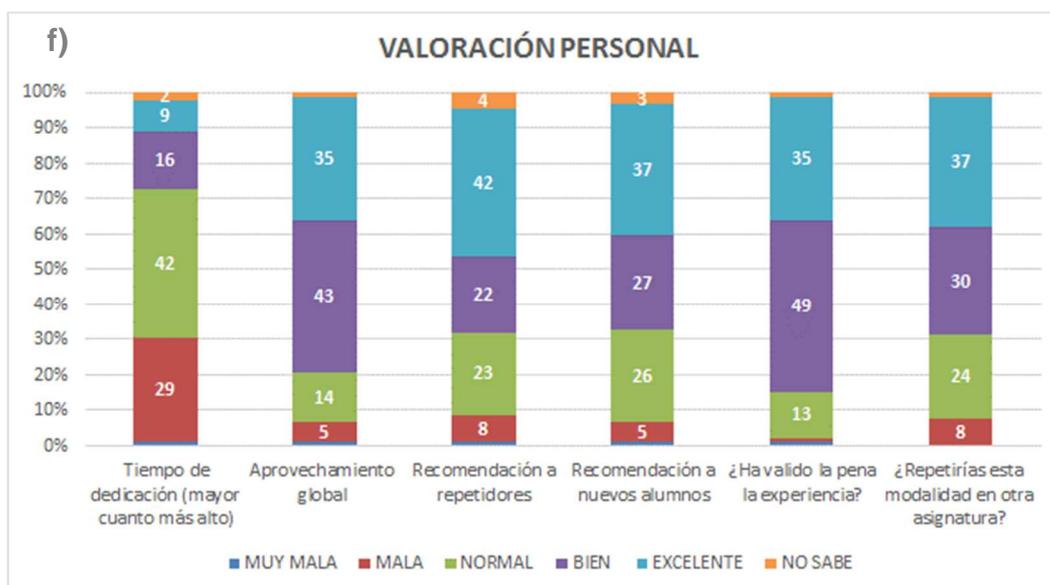
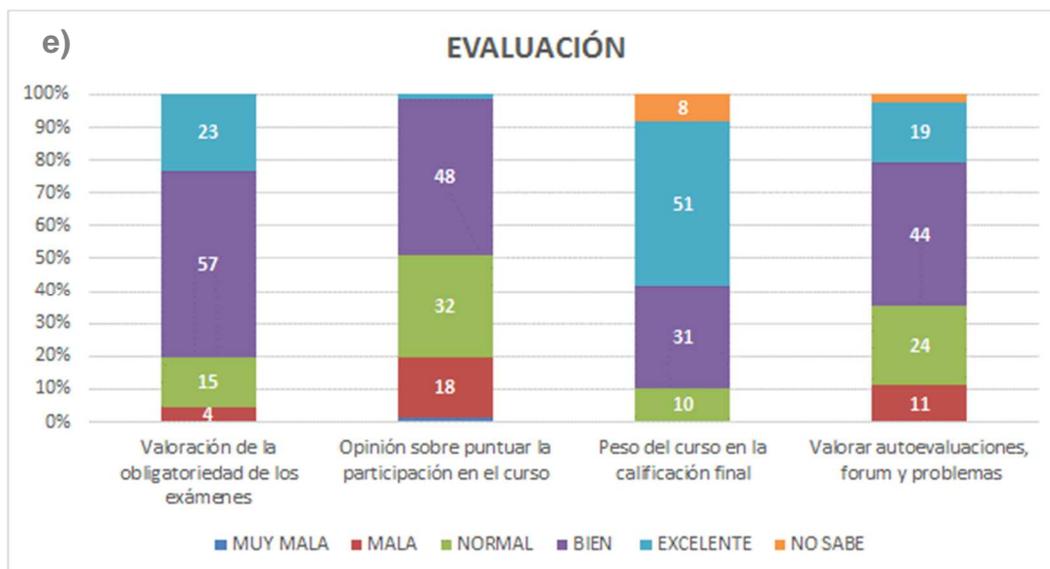
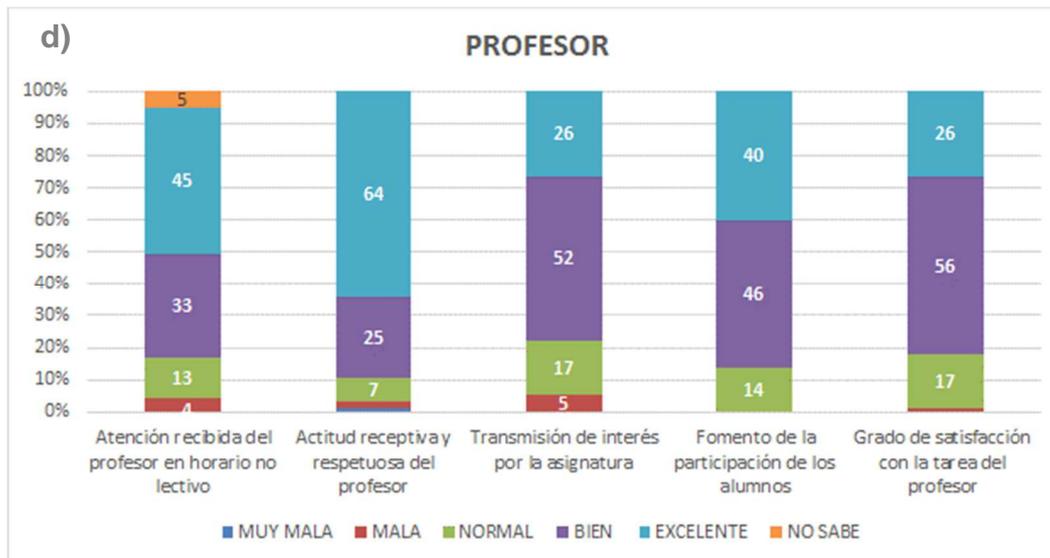
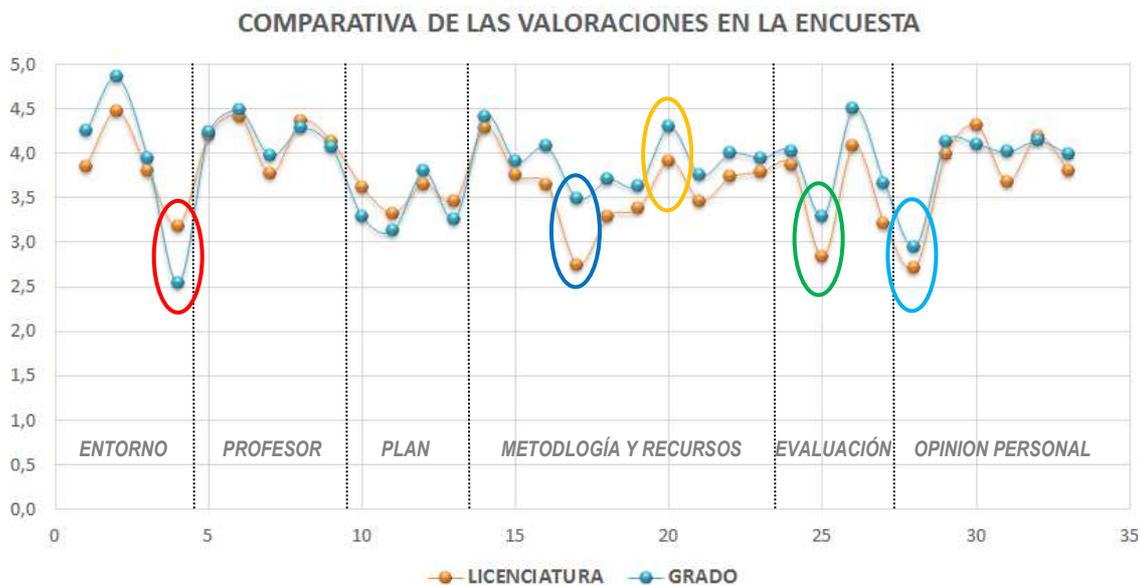


Figura 3.19. Resultados de la encuesta sobre Electrónica Física agregados para los cuatro cursos del Grado de Física.







**Figura 3.20.** Comparativa de opinión de los estudiantes sobre la asignatura Electrónica Física en la Licenciatura y en el Grado.

En la **Figura 3.20** se presenta una comparativa entre los alumnos de licenciatura y de grado. En general, los alumnos de grado puntúan algo mejor la mayoría de ítems de la encuesta pero las diferencias no son demasiado significativas.

Respecto a la **planificación del curso**, las encuestas hacen válido aquello de “*nunca llueve a gusto de todos*”, porque lo que es bueno para unos, resulta malo para otros. Por ejemplo, hacer una sesión inicial de presentación de cada tema, para unos estudiantes resulta muy útil, y otros lo consideran una pérdida de tiempo. En general, las valoraciones positivas se sitúan en el entorno del 80%.

En cuanto al **entorno virtual** y la valoración de **la información recibida** (cuarta columna de datos), las respuestas en rojo (57 %) corresponden a haber recibido la información directamente del profesor del curso, y las respuestas en verde (21%) a haber recibido la información de los compañeros. No son por tanto respuestas negativas, sino diferentes a las que consideramos óptimas, es decir que los estudiantes consulten por sí mismos la información disponible en el Campus Virtual y en la Guía del estudiante. Curiosamente, un 7% escoge la modalidad sin tener ninguna información previa. En cuanto al acceso al curso, el 25% en verde corresponde a tener que esperar para acceder al campus virtual, lo que suele ocurrir para estudiantes que han matriculado otro curso y luego cambian de grupo.

Atendiendo a la **metodología y el material docente del curso**, parece que **los apuntes** reciben la peor parte, pero la **Figura 3.20** refleja claramente que son mejor valorados cuando se han dejado de utilizar como referencia, y se ha propuesto alternativamente el libro en línea. Las **autoevaluaciones** están muy bien valoradas.

- El 7% de los estudiantes no utilizan el listado de objetivos del curso y el 9% tampoco utiliza las herramientas de comunicación del Campus Virtual (3.10c).

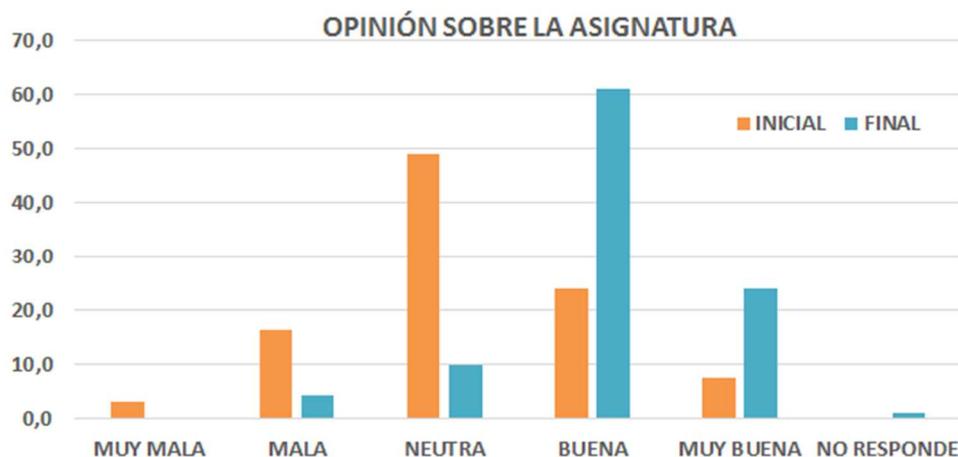
Por lo que respecta a los **métodos de evaluación**, los estudiantes presentan muchas reticencias a que se valore su **participación activa en el entorno del Campus Virtual** y en el curso y más del 80% considera necesarias las evaluaciones parciales (**figura 3.19e**).

Finalmente, después de ver **la valoración global de los estudiantes**, destacaría:

- Claramente los estudiantes perciben que **hacen mucho más esfuerzo**, pero el 78% de los estudiantes considera que el aprovechamiento es mayor o mucho mayor (**figura 3.19f**).
- El 84% de estudiantes considera que ha valido la pena tener la experiencia de cursar una asignatura con una modalidad docente muy distinta.
- El 67% repetiría seguro y 24% cree que si repetiría (**figura 3.19f**).

Finalmente, una manera más compacta de valorar si nuestra actuación docente ha tenido algo de sentido es comparar la opinión que los alumnos tienen de la asignatura (por comentarios de los compañeros y amigos) antes y después de haberla cursado. Los resultados se presentan en la **Figura 3.21**, en la que se observa una tendencia ligeramente positiva, pero más que suficiente para iniciar cada año un nuevo curso académico frente a alumnos claramente escépticos y con cara de "...ahora tengo que ponerme a trabajar en grupo y a estudiar por mi cuenta?".

En la actualidad, ahora que la metodología está bien establecida y aceptada, es posible implicarse en nuevas iniciativas como la organización de cursos masivos y las actividades de divulgación y relación con la enseñanza secundaria. Pero eso será otra historia que ya será explicada en detalle en el capítulo 7.



**Figura 3.21.** Opinión de los estudiantes sobre la asignatura Electrónica Física antes y después de cursar la asignatura.

### 3.7 PREMIOS Y MENCIONES EN DOCENCIA

Para finalizar el capítulo dedicado a la dimensión docente, destacaría los 3 premios recibidos por el trabajo realizado en el contexto de la asignatura de Electrónica Física <sup>1</sup>:

- PREMIO A LA MEJOR COMUNICACIÓN ORAL presentada en el Congreso "Tecnologías aplicadas a la enseñanza de la Electrónica" <sup>2</sup>, celebrado en Madrid del 12-14 de Julio de 2006, con el título: "Electrónica física: ¿metodología ECTS o clase magistral? Comparativa de dedicación del profesorado y del estudiante entre ambas modalidades docentes".
- PREMIO A LA MEJOR ASIGNATURA "Electrónica Física", como "**Mejor asignatura Open Course Ware-UB 2009**" en el OCW de la Universidad de Barcelona el año 2009.
- PREMIO<sup>3</sup> A LA MEJOR COMUNICACIÓN ORAL en la modalidad Metodologías e Innovación Docente: TEeTI talleres de ingeniería electrónica y tecnología de la información para futuros estudiantes universitarios  
López, J.; Ruiz, O.; Cornet, A.; Peiro, F.; Bosch, J.; Cirera, A.; Gomez, J.M.; Herms, A.; López, M.; Miribel, P.; Prades, D.; Serre, C.; Vila, A.; Fernandez, L.  
"VII Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica TAEE-2010 (Madrid, 13-15 Abril 2010).



**Figura 3.22.** Diploma del Premio a la Mejor Comunicación en el Congreso TAEE2006.

<sup>1</sup> Documentación justificativa en el apartado 2.B.4

<sup>2</sup> Una cena de Gala magnífica en el Restaurante La Bolsa de Madrid

<sup>3</sup> Aunque soy coautora de esta publicación, el mérito debe atribuirse a los compañeros responsables de esta iniciativa y especialmente a los Dres. Jaime López y Oscar Ruíz.



## CAPÍTULO 4. *Dimensión de Investigación*

---

Debía haberme iniciado en la investigación analizando los efectos de recocido por tratamiento láser sobre silicio implantado. Más allá de estar presente en la instalación de un equipo láser, y de redactar la solicitud de la beca FPU, nunca abordé dicha línea de investigación. Al ocupar la plaza de técnico en los SCT (ahora ya los CCyT, Centros Científicos y Tecnológicos), si bien en principio mi tarea principal debía ser el análisis de imagen, pronto me ocupé de la atención a los usuarios de microscopía electrónica de transmisión y de la preparación de muestras y mantenimiento de los equipos<sup>1</sup>. La situación laboral iba a la perfección para poder compaginar el trabajo con la realización de la tesis doctoral. El uso de la microscopía electrónica para la validación de los procesos de crecimiento de heteroestructuras tensionadas de semiconductores III-V se convirtió en la temática de la tesis, y los momentos de silencio y concentración a oscuras en el microscopio en una pasión que rodó en paralelo con la que empecé a sentir por los semiconductores III-V. Este capítulo narra los inicios de esta relación, los intentos por romperla, la consolidación a pesar de las ingerencias y las tribulaciones de hoy día por mantener viva una llama contra vientos adversos que soplan desde distintas direcciones.

### 4.1 INICIOS DE LA ACTIVIDAD INVESTIGADORA

El período de técnico laboral supuso para mí una inmersión en un mundo muy nuevo. Durante la carrera no tuve oportunidad de acercarme a la investigación, así que comenzar mi trabajo

---

<sup>1</sup> Creo que la razón fundamental para prepararme las oposiciones a profesor titular, fue liberarme de las tareas de mantenimiento del equipo Duo Mill de Gatan. Limpiar el interior de la cámara de bombardeo iónico para adelgazar las muestras de materiales, con papel de lija y disolventes y con periodicidad casi mensual, era una tarea tediosa y penosa pero alargó la vida de los dos equipos, que pasaron a mejor vida en cuanto se dejó de realizar esta tarea con asiduidad.

utilizando instrumentación avanzada y en contacto con investigación puntera, no sólo en el campo de los materiales semiconductores sino en otras muchas disciplinas, fue realmente muy enriquecedor. Comienzo precisamente con alguna referencia a estas otras disciplinas, a modo de anécdota para no desviarme demasiado del núcleo de mi tarea como investigadora.

#### 4.1.1 Análisis de imagen y microscopía de materiales.

El curso que recibí en París, sobre análisis y tratamiento de imágenes, (más que un curso un congreso donde se exponían trabajos de análisis con recursos de procesamiento de imágenes), me proporcionó conocimientos básicos que me han servido hasta día de hoy: filtrado, segmentación, binarización, erosión, dilatación, apertura, cierre, cuantificación, son conceptos que ido aplicando desde entonces y que se han completado con otros relativos a la reconstrucción tridimensional sin caer en la obsolescencia.



**Figura 4.1.** a) Vista general del sistema IBAS 2000, b) Periférico para impresión. c) Monitor y teclado y d) Discos de almacenamiento de 8 pulgadas.

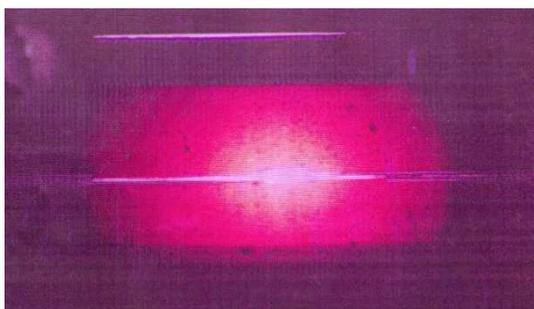
La **Figura 4.1** presenta algunas imágenes del sistema **IBAS 2000** de Kontron [16] (**Interactive image analysis system GmbH**), comercializado en 1979 con un procesador Z80. No hace falta mencionar la “solidez” del sistema de digitalización, a la derecha de la imagen en (a), o la gran “portabilidad” de los disquetes (d). Utilicé este equipo prácticamente durante toda la etapa predoctoral, hasta que la llegada del microscopio Philips CM30 y del espectroscopio de fotoelectrones (XPS) de Perkin Elmer desplazaron el equipo.

La lista de trabajos en los que participé sería interminable porque la medida del tamaño de partícula en metales, de los granos de polen, etc...se relaciona con muchas de las propiedades funcionales de estos sistemas. Solo mencionaré algunos de los trabajos más curiosos que recuerdo:

- Medida del tamaño de misidáceos de las Islas Medas.
- Tamaño de las secciones de las alas de la mosca *Drosophila*.
- Efectos de los cosméticos sobre la piel mediante replicación de siliconas.
- Tamaño y color de los pájaros disecados del museo de la Facultad de Biología.
- Áreas de sotobosque expuestas al sol mediante la captura de fotografías hacia el cielo.

La segunda vertiente de actividad durante esta etapa, fue la colaboración en microscopía electrónica de transmisión trabajando con los microscopios H800-NA y H800-MT, este último todavía operativo, con muchos de los usuarios de los CCyT <sup>1</sup>. En particular recuerdo:

- Las más de dos horas de tiempo que costaba tener algunos mapas de calidad de espectroscopía de Rayos X de la distribución de elementos en algunos pigmentos extraídos de ciertas obras de arte.
- La dificultad de obtener imágenes con resolución de las columnas atómicas en el H800-NA.
- La preparación de una muestra de Si, con pulido plano, prácticamente toda ella transparente (**figura 4.2**).
- La incertidumbre en la calidad del revelado de los negativos de las películas de emulsión de sales de plata.
- Las primeras imágenes de nanopartículas cúbicas de platino orientadas en eje de zona, para obtener un patrón de difracción en nanodifracción <sup>2</sup>
- Los primeros experimentos *in situ* con portamuestras de calentamiento sobre cintas metálicas obtenidas por aleado mecánico <sup>3</sup>.



**Figura 4.2.** Vista con microscopio óptico y luz transmitida de una muestra de Si con una capa de polisilicio preparada en sección transversal con pulido plano y bombardeo iónico.

<sup>1</sup> En aquel tiempo, quien tenía que ser el director de la Unidad, el Dr. Joaquín Portillo, entonces aún no doctor, estaba realizando el servicio militar en milicias, compaginándolo con una estancia en Lovaina donde desarrollaba la tesis doctoral. Quim es una de las **cuatro personas (las encontraremos a lo largo de la memoria) más inteligentes que he conocido** y el saber instrumental que ha ido acumulando, lo ha convertido en un gran especialista en microscopía electrónica.

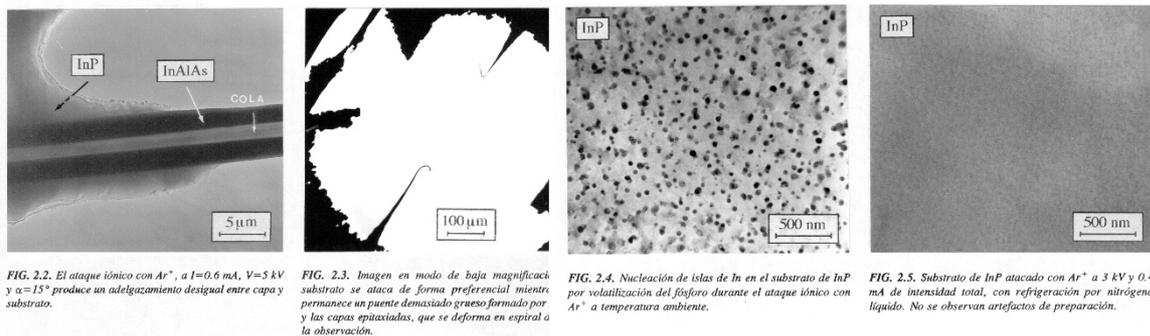
<sup>2</sup> Colaboración con el Dr. Jordi Llorca, hoy profesor miembro del Instituto de Técnicas Energéticas de la Universidad Politécnica de Catalunya.

<sup>3</sup> Colaboración con el Dr. Joan Josep Suñol, hoy profesor en el Departamento de Física en la Universidad de Girona

En la mayoría de los casos estas **colaboraciones como técnico** no se reflejaron en las correspondientes publicaciones, más allá de la mención de los CCyT en los agradecimientos. En algunos casos, sí dieron lugar a alguna comunicación conjunta a algún congreso, como fue el estudio de las cintas metálicas<sup>1</sup> de  $\text{Fe}_{73.5}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{17.5}\text{B}_5$  o la caracterización de recubrimientos de diamante sobre silicio<sup>2</sup>, pero fueron las menos. En cualquier caso, de todos estos trabajos algo aprendí y algo quedó para posteriores análisis.

#### 4.1.2 La tesis y los semiconductores III-V.

El curso académico 1988-1989 es el de **inmersión en el TEM y en los semiconductores III-V**, con una tesis doctoral francesa y los manuales del microscopio electrónico como máximos entrenadores, a la espera de que llegaran las primeras muestras del proyecto ESPRIT en el marco del cual se desarrollaría la tesis doctoral. Desde mediados del 1989 hasta verano de 1990 en que presenté el trabajo de tercer ciclo, el aspecto más crítico fue la **optimización de los métodos de preparación de muestras de substratos de InP en láminas delgadas para TEM**, con el objetivo de evitar los artefactos de preparación (**Figura 4.3**), como adelgazamientos preferenciales durante el bombardeo iónico o la formación de islas metálicas de In bajo la acción del haz de electrones.



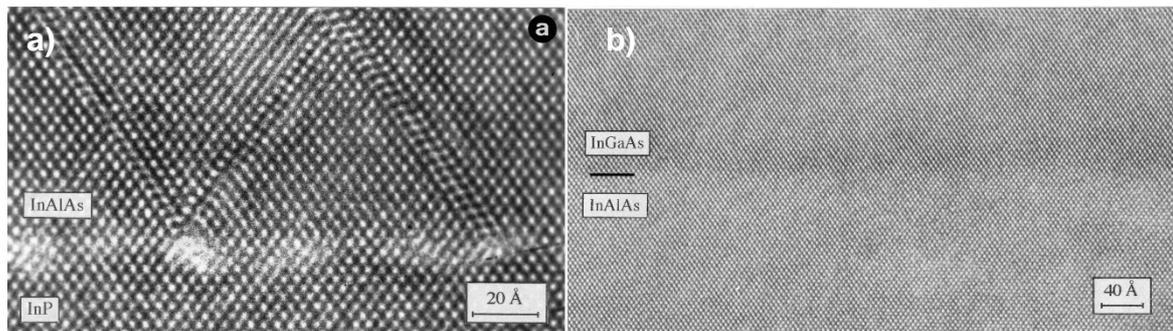
**Figura 4.3.** Figuras extraídas de la tesis doctoral para ilustrar la generación de artefactos por bombardeo iónico.

Entrando en la validación de las etapas tecnológicas de fabricación de los dispositivos HEMT (transistores de efecto de campo de alta movilidad de portadores), el siguiente aspecto fue la **optimización de los tratamientos térmicos del substrato para la desorción del óxido nativo previamente a la epitaxia por haces moleculares** (**Figura 4.4**). Se determinó que una temperatura de 530 °C con una atmosfera de sobrepresión de As era suficiente para tener una superficie limpia de óxido y plana para el posterior crecimiento de las capas de InAlAs e InGaAs. La siguiente etapa se centró en la **optimización de las capas tampón de  $\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}$**  con parámetro de red cercano al del substrato para adaptar las sucesivas capas tensionadas. Así, se analizaron los defectos de apilamiento y dislocaciones que aparecían si el crecimiento tenía lugar a temperaturas muy bajas (sobre 300 °C), y los fenómenos de segregación de In que tenían lugar a temperaturas mayores de 530 °C, estableciendo una temperatura óptima entorno a los 530 °C. Otro punto clave fue el análisis de la **estabilidad de los compuestos ternarios** crecidos dentro del gap de miscibilidad según la temperatura y la composición del material. Se abordaron

<sup>1</sup> Aún guardo algún trozo de esas cintas porque creo que un día absorbí accidentalmente con el “chupóptero” una de las muestras.

<sup>2</sup> Colaboración con la Dra. Carmen Polo del Departamento de Física Aplicada y Óptica.

fenómenos de **modulación de composición**, formación de agregados ricos en uno u otro elemento y estabilización de fases ordenadas en ciertas condiciones. Una vez optimizadas las condiciones de crecimiento, el análisis de la **relajación de las deformaciones de las capas tensionadas** mediante generación de dislocaciones fue el siguiente tema de trabajo con el objetivo de configurar pozos de potencial para el confinamiento de portadores en capas de  $\text{In}_{0.60}\text{Ga}_{0.40}\text{As}$ . Finalmente, el proyecto, y con él la tesis<sup>1</sup>, se concluyó exitosamente con la **fabricación de un dispositivo HEMT** con un canal de  $\text{In}_{0.60}\text{Ga}_{0.40}\text{As}$  tensionado de 15 nm de grosor y con características de intensidad de drenador óptimas.



**Figura 4.4.** Dos de las mejores imágenes de HREM tomadas durante la realización de la tesis doctoral en el microscopio H800-NA, en la que se aprecian defectos de apilamiento generados en los restos de óxido en la interficie entre la capa de InAlAs y el sustrato (a) y una interficie perfecta (b).

Aunque la descripción de la productividad científica se aborda con más detalle en el apartado 4.4, merece la pena ir destacando aquellas contribuciones que resultaron por uno u otro aspecto más significativas en mi trayectoria como investigadora. De esta etapa doctoral merecen ser señaladas las siguientes:

- Influence of the composition modulation on the relaxation of  $\text{In}_{0.54}\text{Ga}_{0.46}\text{As}$  strained layers.  
F. Peiró, A. Cornet, J.R. Morante, S. Clark, R.H. Williams.  
*Appl. Phys. Lett.* **59**, 1957 (1991).

**La primera publicación**, relacionada además con una comunicación oral en el congreso “Microscopy of Semiconducting Materials” (MSM) en Oxford en 1991, que fue impartida por el Dr. Albert Cornet y al que aún no tuve la oportunidad de asistir<sup>2</sup>.

- Influence of the desorption and growth temperatures on the crystalline quality of MBE InAlAs layers.  
F. Peiró, A. Cornet, A. Herms, J.R. Morante, A. Georgakilas, G. Halkias.  
*J. Vac. Sci. Technol.* **B10**, 2148 (1992).

Aprendí que una muestra debe ser examinada con mucho detalle, en distintos ejes de zona, en sección planar y transversal, y con baja y alta resolución. Sólo así se puede llegar a captar todo lo que esa muestra tiene que decirnos para poder correlacionar sus propiedades estructurales y funcionales. No es una publicación con mucho índice de impacto ni citas (15), pero ver cómo cambia la visión de los defectos según la dirección de observación y **descubrir esa clara anisotropía, fue una experiencia que después pude extender a la caracterización de otros materiales.**

<sup>1</sup> Fue una tesis editada en Word Perfect, dejando espacio para pegar las ecuaciones y las imágenes. Estas últimas, por cierto, se hicieron revelando negativos, haciendo positivos, y pegando etiquetas hechas a mano según el aumento con que se adquirieron las imágenes. Gracias a José M<sup>o</sup> Herrero por contribuir al positivado de las imágenes.

<sup>2</sup> Las discusiones de último momento pocos días antes de ir al congreso, me enseñaron la importancia de no enviar a un congreso ningún abstract antes de tener bien claro el contenido de la posible charla.

- Quasi-periodic contrast inhomogeneities induced by clusters in the  $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{As}/\text{InP}$  interface.  
F. Peiró, A. Cornet, J.R. Morante, A. Georgakilas, A. Christou  
*Appl. Phys. Lett.*, **62**, 2265 (1993).

Interesante por el reto que supuso optimizar la preparación de muestras en sección planar a diferentes distancias de la interficie entre capa y sustrato hasta llegar a encontrar los precipitados de InAs en la interficie<sup>1</sup>.

- On the occurrence of phase separation in InGaAs/InP systems  
F. Peiró, A. Cornet, J.R. Morante  
*8th Oxford Conference on Microscopy of Semiconducting Materials*. Oxford, Abril (1993).

Mi primera presentación oral<sup>2</sup> en un congreso y en Oxford<sup>3</sup>, en medio de una discusión científica entre la escuela inglesa y la escuela americana sobre el origen de las modulaciones de contraste que se observaban en los semiconductores III-V. Fue mi primer contacto con expertos microscopistas europeos en un magnífico escenario, además: el Keble College (Figura 4.5).



**Figura 4.5.** Imágenes del Keble College en Oxford, lugar donde se organizaba la conferencia MSM bianualmente antes de que empezara a celebrarse alternativamente entre Oxford y Cambridge.

<sup>1</sup> Los ratos en el microscopio y la ilusión al ver los precipitados y entender la cuestión fueron apasionantes.

<sup>2</sup> Ensayé la charla la noche anterior esperando en el pasillo de un hospital a que un familiar próximo fuera operado de hernias abdominales. Así que tuve varias horas para repetir la charla.

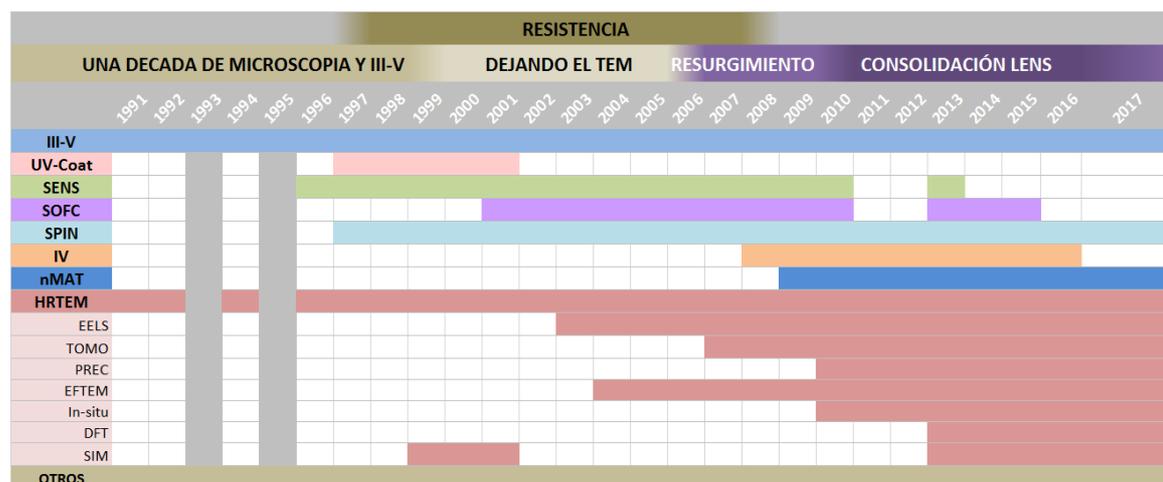
<sup>3</sup> Estar alojada en el Keble College fue como vivir en Hogwarts durante una semana y recorrer Londres entre las 8 de la mañana y las cuatro de la tarde hasta la hora del vuelo de vuelta, me hizo ver lo privilegiada que era al tener un trabajo que implicaba poder viajar.

## 4.2 ETAPAS TEMÁTICAS DE LA ACTIVIDAD INVESTIGADORA

La época post-doctoral, fue una de las mejores etapas de mi vida en el aspecto profesional. Explotar el resto de resultados de la tesis en publicaciones y en sendas comunicaciones, disfrutar de las estancias en Heraklion, relacionadas con la cooperación bilateral hispano-griega y empezar en la dirección de otras tesis doctorales mientras compaginaba la investigación con el trabajo en los CCyT era más de lo que podría haber imaginado al acabar la carrera.

Al final del capítulo 2 se dibujaron ya las **temáticas de investigación**, en relación a la actividad de dirección de trabajos de investigación en tercer ciclo (figura 2.9). En este apartado, y utilizando el mismo gráfico he identificado las distintas **etapas temporales** que mejor ilustran mi evolución como investigadora sin perder de vista dichas temáticas (Figura 4.6): **a) 1989-2001 Más de una década de microscopia;** **b) 2000-2009 Dejando el TEM: pintando en colores o esculpiendo;** **c) 1998-2008 Una década de resistencia,** **d) 2006-2009 El resurgimiento de los III-V y el TEM y e) 2010-2016 La consolidación de LENS.** Los siguientes apartados describen cada uno de estos periodos. Naturalmente estas etapas no son disjuntas así que los años que definen los límites no coincidirán (sin que sea un error de cómputo), siendo la fecha de inicio la más relevante en tanto que responde a algún hito significativo en la transición entre etapas.

Aunque a lo largo de este apartado mencionaré algunos proyectos de investigación, los detalles y el listado completo se dejará para el apartado 4.3.

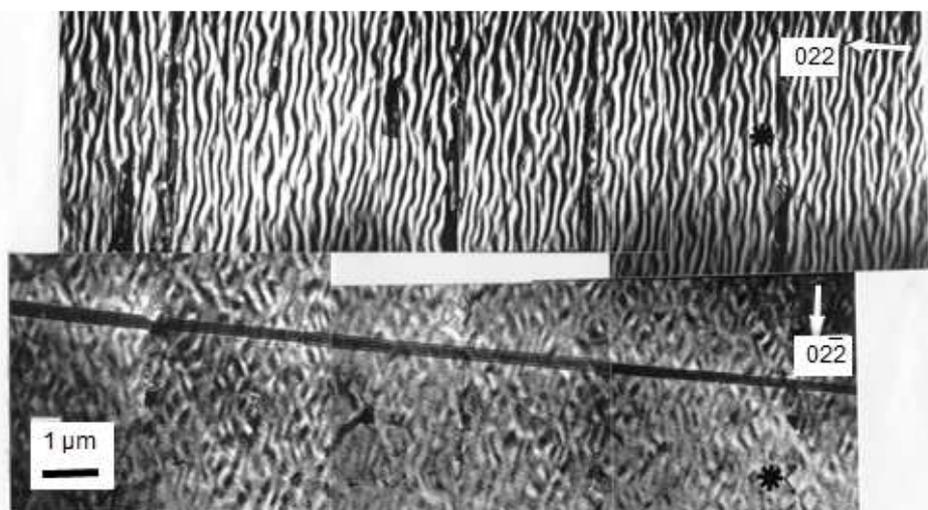


III-V	Semiconductores III-V
UV-Coat	Recubrimientos ópticos
SENS	Sensores de Gas
SOFC	Pilas de Combustible
SPIN	Materiales Magnéticos
IV	Semiconductores IV
nPART	Nanomateriales
HRTEM	Microscopía Electrónica de Transmisión
EELS	Espectroscopia de pérdida de energía de los electrones
TOMO	Tomografía Electrónica
PREC	Precesión del haz
EFTEM	Imágenes Filtradas en energía
In-situ	Microscopía Electrónica in-situ
DFT	Simulación por primeros principios
SIM	Simulación de imágenes
OTROS	Otras colaboraciones

Figura 4.6. Tabla resumen de las líneas de trabajo y de su evolución temporal.

### 4.2.1 1989 - 2001: más de una década de microscopía electrónica de transmisión

La fecha de inicio, 1989, se corresponde con la del primer sexenio de investigación. La actividad en **microscopía electrónica de semiconductores III-V**, que ya hemos comentado que comprende la propia tesis doctoral (1989-1993), se extendió más allá de la consecución de la plaza de titular (1995) **y culminaría en la defensa de una tesis doctoral (J.C. Ferrer<sup>1</sup> 2001)**. Durante este periodo<sup>2</sup> avanzamos en la problemática de la **descomposición de los compuestos ternarios III-V**, ampliando el conocimiento sobre la influencia de la **desorientación del sustrato** en la separación de fases, formación de superestructuras ordenadas y la formación de corrugaciones superficiales como mecanismo de relajación elástica de las deformaciones de las capas tensionadas. De nuevo la **anisotropía en la distribución de defectos (Figura 4.7)** entre las dos direcciones [011] y [01-1] fue un aspecto clave. Correlacionamos estos fenómenos con las propiedades eléctricas de los transistores HEMT e ilustramos la potencialidad de la descomposición natural de estos compuestos para la **formación espontánea de estructuras de baja dimensionalidad**, como los hilos y pozos cuánticos.



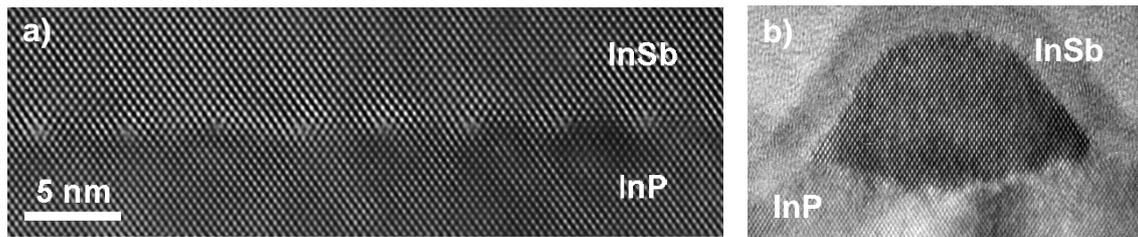
*Figura 4.7. Imágenes en campo claro y dos haces, de dispositivos HEMT vistos en sección planar. El asterisco marca exactamente la misma posición.*

También en relación a los semiconductores III-V, en una segunda etapa la actividad se centró en la caracterización de **estructuras de baja dimensionalidad**, evolucionando desde la problemática de **estructuras 2D a 1D y 0D**. Así se abordaron los fenómenos de **difusión en las intercaras** de los pozos de GaAs/GaP, cuantificando la **segregación de elementos** a partir de la **medida de las posiciones atómicas** en las imágenes de microscopía electrónica de alta resolución, y analizando la deformación tetragonal de la red con respecto a la cúbica en volumen<sup>3</sup>. Otro aspecto a destacar fue la caracterización de la **morfología y facetado de pozos cuánticos de InSb (Figura 4.8b)**, así como la determinación de los estados de tensión residuales, en función de las dimensiones de los puntos. Incluimos también en este bloque las **metalizaciones** de Au e In sobre compuestos ternarios semiconductores de InGaAs, InAlAs y sobre GaN. para fabricación de contactos Schottky.

<sup>1</sup> Juan Carlos Ferrer es hoy día Profesor Agregado en la Universidad Miguel Hernández.

<sup>2</sup> Los proyectos en cuyo contexto se desarrolló esta investigación se relacionan en el apartado 4.3.1

<sup>3</sup> Las mejores imágenes de alta resolución obtenidas en el microscopio Philips CM30 corresponden a esta línea de trabajo.



**Figura 4.8.** Imágenes de alta resolución don redes de dislocaciones en la interficie entre InSb y el InP en capa delgada (a) o en un punto cuántico (b).

Poco a poco, **la atención en los materiales III-V se fue diluyendo en favor de la actividad relacionada con los materiales sensores de gas**, la principal línea de investigación del grupo EME, (Ingeniería y Materiales Electrónicos), liderado por el Prof. J.R. Morante. Así, manteniendo el foco en el TEM, en paralelo a los materiales estructurados en capa delgada me involucré en la investigación ligada a los materiales sensores de gas, focalizándola en el análisis de la **distribución de metales catalíticos introducidos en nanopartículas** de  $\text{TiO}_2$  y  $\text{SnO}_2$  para mejorar la comprensión de los mecanismos de detección de gases, atendiendo a la física y la química de superficies y en relación a las propiedades nanocristalinas de los materiales para optimizar la respuesta de éstos como sensores de gas. En particular, se contribuyó al estudio de la **transición de fase anatasa-rutilo** del  $\text{TiO}_2$  en función de la concentración de Nb, y se determinó la distribución de Pt y Pd, en polvos semiconductores estableciendo diferentes mecanismos como la difusión metálica, la agregación superficial, la macroaglomeración metálica y la ultradispersión, siendo este el núcleo de la **segunda tesis doctoral dirigida (J. Arbiol <sup>1</sup> 2001)**.

Además de las dos tesis doctorales señaladas, considero que algunas de las contribuciones más significativas de esta etapa son:

- Quantum wire-like induced morphology in InGaAs wells grown on  $\text{In}_y\text{Al}_{1-y}\text{As}$  tensile buffer layers over (100)InP vicinal surfaces  
F. Peiró, A. Cornet, J.R. Morante, A. Georgakilas, C. Wood, A. Christou  
***Appl. Phys. Lett.* 66**, 2391 (1995).

Continuando con el interés de la optimización de los parámetros para la epitaxia por haces moleculares (MBE) para el crecimiento de heteroestructuras tensionadas de InAlAs/InGaAs sobre InP, para el diseño de transistores de alta movilidad de portadores (HEMT). El objetivo principal fue la investigación de los efectos de la orientación del sustrato y la variación de la temperatura de crecimiento y del estado de tensión de la capa tampón de InAlAs, sobre los fenómenos de descomposición espinodal y formación espontánea de corrugaciones como mecanismo de relajación elástica de la deformación. La comparación entre dispositivos crecidos sobre sustratos de InP (100) y sobre sustratos desorientados  $4^\circ$  hacia la dirección {111}, nos permitió demostrar que la formación de escalones en la superficie desorientada favorece la descomposición de la capa tampón de InAlAs tensionada, en zonas ricas en In y zonas ricas en Al. La formación de estos dominios laterales, limitados por planos {122} y {133}, se propagaba desde la capa tampón hasta el canal de conducción de InGaAs, induciendo la aparición de zonas ricas en In y zonas ricas en Ga debido a la velocidad de crecimiento preferencial sobre regiones menos tensionadas. Esta descomposición inducía una corrugación anisótropa en la dirección [011]. La comparación entre la formación de una red de dislocaciones en las capas crecidas sobre sustratos orientados, y el desarrollo de una modulación lateral en las capas crecidas sobre sustratos desorientados, reveló este último como un mecanismo eficiente en la relajación elástica de la deformación.

<sup>1</sup> El Dr. Jordi Arbiol es actualmente Profesor Icrea en el Instituto Catalán de Nanociencia y Nanotecnología (ICN2).

- Self-assembled quantum dots of InSb grown on InP by ALMBE: morphology and strain relaxation  
J.C. Ferrer, F. Peiró, A. Cornet y J.R. Morante, G. Armelles, T. Utzmeier, F. Briones  
*Appl. Phys. Lett.* **69**, 3887 (1996).

En este trabajo se aborda la formación espontánea de puntos cuánticos de InSb para la configuración de dispositivos optoelectrónicos en el dominio del infrarrojo. Los objetivos principales eran determinar por TEM el modo de crecimiento del InSb sobre substratos de InP, obtenidos mediante la técnica de epitaxia por haces moleculares en modo pulsado (ALMBE) y la caracterización de las posibles nanoestructuras espontáneas. Se demostró la formación de puntos cuánticos a partir del depósito de InSb en una cantidad equivalente a 1.4 monocapas, extendiendo el análisis de la morfología hasta un total equivalente a 5 y 7 monocapas, describiendo el facetaje de las estructuras, y la relajación de la deformación entre el InSb y el InP mediante una red de dislocaciones en la interficie. Al número de citas de este trabajo (**26 citas**), se han de sumar las del trabajo paralelo *J. Appl. Phys.* **81**, 6339 (1997) (**36 citas**), en que la caracterización por espectroscopía Raman corroboró estados de tensión y facetado de las nanoestructuras.

- Effects of Nb doping on the TiO<sub>2</sub> anatase-to-rutile phase transition  
J. Arbiol, J. Cerdà, G. Dezanneau, A. Cirera, F. Peiró, A. Cornet, J. R. Morante  
*J. Appl. Phys.* **92**, 853-861 (2002)

En este trabajo, de gran repercusión internacional (**202 citas**), analizamos la influencia de la introducción de Nb como dopante en la transición de fase de anatasa a rutilo en el TiO<sub>2</sub>. Se demostró que la transición de anatasa-a-rutilo se veía retardada para nivel de dopaje en Nb bajo. Se propuso un modelo para la transición de fase y crecimiento de las nanopartículas de TiO<sub>2</sub> basado en las siguientes consideraciones: a) la presencia de Nb sustitucional en la anatasa, inhibe la transición de fase a rutilo y el crecimiento del tamaño de grano. b) al aumentar la temperatura de recocido, los iones de Nb son segregados de los granos formando clusters de NbO en la superficie de los granos. Esta segregación, es más evidente con el aumento de la concentración de dopante. C) Una vez el Nb queda fuera de la estructura anatasa, el número de vacantes de oxígeno ha de ser recuperado para mantener la neutralidad de carga, favoreciéndose la transición a rutilo y el crecimiento del grano sometido a menor tensión que cuando tenía Nb incorporado en la estructura. Este modelo, fue claramente corroborado mediante la caracterización por microscopía electrónica de transmisión, modelización atómica de las estructuras observadas y posterior simulación de las imágenes de alta resolución a partir de los modelos atómicos propuestos.

- Self-organization of low-Dimensionality Structures as Quantum Wires and Dots in III-V compounds  
*International Workshop on Characterisation of Mesoscopic Structures using Transmission Electron Microscopy Techniques*  
(Noviembre 1998) Marburg, ALEMANIA

Esta fue **mi primera conferencia invitada**<sup>1</sup> en una conferencia internacional, como culminación a la investigación en los fenómenos de descomposición lateral y su correlación con las propiedades eléctricas de los dispositivos, así como en la formación de nanoestructuras espontáneas como los puntos e hilos cuánticos.

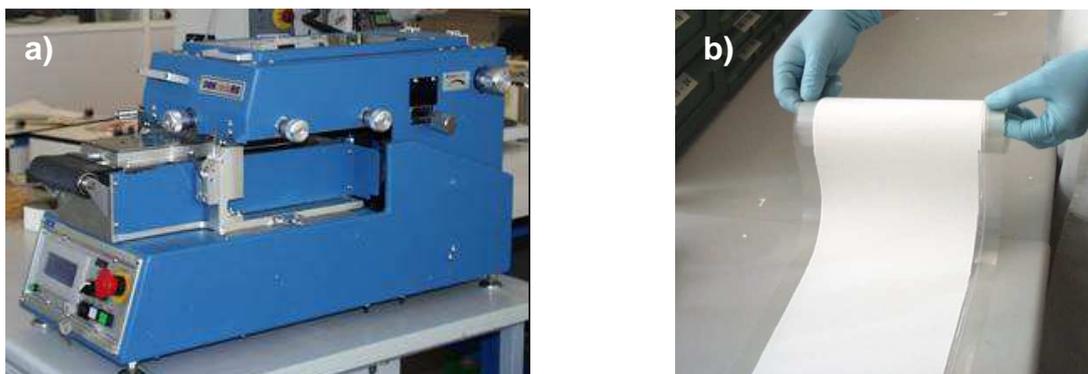
---

<sup>1</sup> Los otros conferenciantes invitados eran de muy reconocido prestigio en la época: P. Werner (Max Planck Institute-Halle), P. Swander (Institute for Semiconductor Physics, Frankfurt O.) y A. Gomyo (NEC corporation Research Labs-Tsukuba, Japón). Fue la primera vez que vi noche oscura a las 15.30 de la tarde.

#### 4.2.2 2000-2009: ¿pintando en colores o esculpiendo?: los sensores de gas y las pilas de combustible

A pesar de la productividad en la línea de investigación de microscopía de los semiconductores III-V, financiada con las colaboraciones bilaterales o por subcontratación en el marco de un proyecto europeo, la continuación en esta actividad no era prioritaria para la estrategia del grupo<sup>1</sup>. Así que fui incentivada a involucrarme en la preparación de un proyecto sobre sondas cerámicas para la detección de gases exhaustos (cero puntos en común con cualquier cosa que hubiese hecho hasta el momento), con la zanahoria de un IP de proyecto P4 (**MAT2000-0206-P4-03**)<sup>2</sup> que tuvo continuidad en un MAT2004. Así que a eso me puse y de aquí emergió la actividad en sensores amperométricos y pilas de combustible, ambos dispositivos basados en la conducción a través de electrólitos de estado sólido. El esfuerzo valió la pena y cristalizó en **dos nuevas tesis doctorales (A. Tarancón 2007, A. Morata 2010)**<sup>3</sup>. La finalidad del proyecto era diseñar y **fabricar sondas cerámicas basadas en multicapas de óxidos metálicos con aditivos catalíticos para el control de gases exhaustos a altas temperaturas** y los objetivos prioritarios fueron:

1) Desarrollar tecnología de presinterización, apilamiento y sinterización; 2) desarrollar metodologías de printing (**figura 4.9a**) y de pasivación que asegurasen la estabilidad y funcionalidad del sistema bajo condiciones de alta temperatura; 3) optimizar métodos de obtención de cerámicas activas a partir de los materiales precursores compatibilizando los procesos de síntesis con posteriores tratamientos térmicos a alta temperatura; 4) analizar los mecanismos de incorporación de los elementos catalíticos, identificar su papel en el aumento de la sensibilidad y selectividad del material sensor y establecer la estabilidad del dopado bajo condiciones de alta temperatura y uso prolongado; 5) desarrollar metodologías de encapsulado de los dispositivos que protegieran eficazmente el sistema sensor en ambientes de trabajo hostiles y finalmente, 6) Diseñar y fabricar un prototipo multisensor de estructura multicapa. Los objetivos 1 - 2 y 5 se desarrollaron en estrecha colaboración con la empresa FAE. Por ello se comentará con algo más de detalle en el capítulo 5, correspondiente a la transferencia de tecnología.



**Figura 4.9.** a) Máquina de serigrafía utilizada para depositar las estructuras multicapa. b) “Green Tapes” fabricadas a partir de nanocerámicas en colaboración con la empresa FAE.

<sup>1</sup> Continuar en esta temática era visto como querer pintar siempre en blanco y negro, y recibí el consejo de que había que saber pintar en colores. Pasar de la microscopía electrónica a los sensores de gas, para mí fue pasar de la pintura a la escultura. Suerte que el plano de la realidad (cinecía) se me dió mejor de lo que sin duda se me hubiera dado si lo simbólico (arte) fuere la actividad que me ocupare.

<sup>2</sup> Recuerdo haber pasado la noche en blanco en el departamento el día anterior al del bautizo de mis dos hijas gemelas, para dejar toda la documentación impresa y poder presentarla al siguiente lunes.

<sup>3</sup> Hubieran podido ser dos más, la de Anna Prim y la de Luis Fernández, pero Anna renunció a su beca FPI para entrar a trabajar en la central nuclear de Vandellós, y esta FPI no pudo ser traspasada a Luis, que obtuvo financiación para realizar su tesis en otro grupo de investigación.

### a) Dispositivos de electrolito sólido: Pilas de combustible SOFC y sensores amperométricos

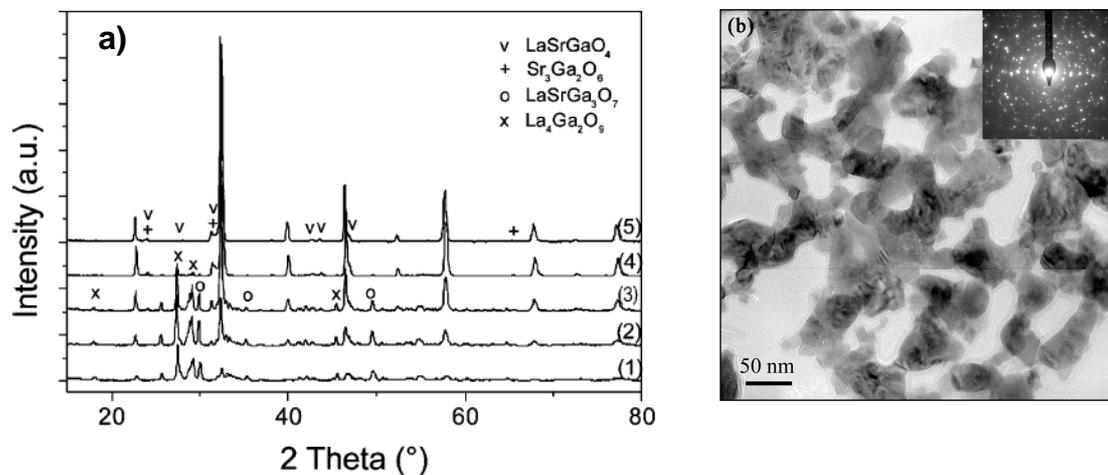
De esta línea de trabajo destacaría los siguientes resultados:

- Synthesis of nanocrystalline materials for SOFC applications by acrylamide polymerisation  
G. Dezanneau, A. Tarancón, F. Peiró, J.R. Morante  
*Journal of Power Sources* **118**, 256-264 (2003).

Con un significativo impacto internacional (**69 citas**), corresponde al trabajo realizado en la optimización de un nuevo método de síntesis de materiales cerámicos basado en la polimerización de acrilamida o metacrilamida. Mediante este método se obtuvieron una gran variedad de compuestos nanocristalinos de óxidos cerámicos con aplicabilidad tanto a sensores de gas como a pilas de combustible de óxido sólido:

- Compuestos con funciones de electrolito  
 $Zr_{0.84}Y_{0.16}O_{1.92}$  (YSZ),  $Ce_{0.8}Gd_{0.2}O_{1.9}$  (CGO)  
 $La_2Mo_2O_9$  (LAMOX)  
 $La_{0.9}Sr_{0.1}Ga_{0.8}Mg_{0.2}O_{2.85}$  (LSGM)
- Compuestos con funciones de electrodo:  
 $La_{0.8}Sr_{0.2}CoO_{3-\delta}$   
 $La_{0.8}Sr_{0.2}FeO_{3-\delta}$

Se demostró la robustez y versatilidad del procedimiento de síntesis, así como las grandes posibilidades de aplicación a multitud de compuestos. La novedad radicaba en la sustitución de acrilamida (con alto grado de toxicidad), utilizado hasta el momento, por la metacrilamida (con grado de toxicidad inferior) sin suponer una alteración substancial de las propiedades micro-estructurales ni de la pureza química de los compuestos, presentándose así, como una posible solución para un escalado industrial del método. Se ha llevado a cabo la caracterización microestructural de los materiales obtenidos, mediante técnicas de difracción de rayos X (XRD más análisis Rietveld de los espectros), SEM, TEM, así como medidas de superficie específica (BET) y se determinó la distribución de los tamaños de grano grano entre 10 y 50 nm con una distribución de tamaño estrecha y alto grado de cristalinidad. Se analizó también la pureza química, morfología y grado de aglomeración, así como el estudio en temperatura de algunas de estas propiedades ([Figura 4.10](#)).

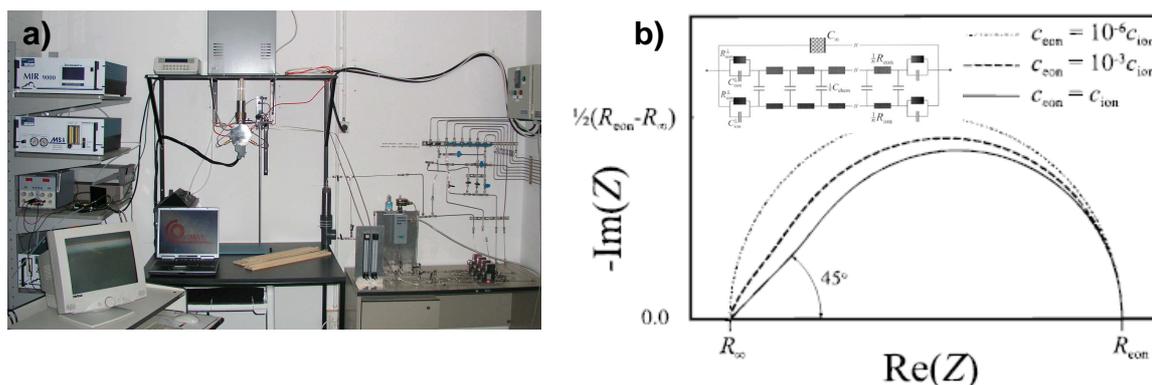


**Figura 4.10.** a) Espectros de XRD de LSGM recocido a (1) 800°C, (2) 900°C, (3) 1000°C, (4) 1100°C, (5) 1300°C durante 5 horas. b) Imagen de TEM de los polvos de LSF.

Para valorar la aplicabilidad de estos materiales como cerámicas activas en dispositivos de electrolito sólido, se procedió a la caracterización eléctrica tanto de las propiedades de los materiales individuales sintetizados como de los sistemas electrodo-electrolito mediante técnicas de espectroscopia de impedancias, potenciostáticas y galvanostáticas, siguiendo las siguientes líneas básicas. Para ello fue necesario la **construcción y montaje del sistema de caracterización eléctrica a alta temperatura** (Figura 4.11a) constituido por:

- Portamuestras de dos cámaras independientes con posibilidad de control de la mezcla de gases y temperatura de trabajo de ánodo y cátodo.
- Sistema mezclador de gases con capacidad para controlar presiones parciales de hasta tres gases en atmósferas húmedas y secas.
- Software de control de presiones parciales de los gases y temperatura de cada cámara. Adquisición y proceso de datos.

Además, se puso a punto el **analizador de espectros de impedancia** para proceder a la deconvolución de los espectros de impedancia y a la modelización por circuitos equivalentes, con el objetivo de esclarecer las restricciones impuestas por las reacciones de catálisis en los electrodos (oxidación y reducción) y caracterizar la conducción iónica de oxígeno del electrolito (Figura 4.11b).



**Figura 4.11.** a) Sistema de caracterización eléctrica a alta temperatura con control de presión parcial de hasta tres gases en atmósferas húmedas y secas. b) Espectro de impedancias y modelo equivalente para conducción mixta en el compuesto  $\text{BaCeO}_3$  dopado con Y y Nd.

Uno de los materiales más novedosos que fueron sintetizados por primera vez por este método, fue el molibdato de lantano ( $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ )<sup>1</sup>. Se determinó que este compuesto era un buen conductor iónico a temperaturas menores que los electrolitos sólidos habituales en un rango amplio de presiones parciales de oxígeno, examinado la variación de conductividad del compuesto entre las fases de alta y baja temperatura (Figura 4.12). Se abordó también la caracterización estructural y química mediante técnicas de microscopía electrónica de alta resolución (HRTEM). En concreto, mediante espectroscopía de pérdida de energía de los electrones (EELS), combinada con microscopía electrónica con detector en campo oscuro de ángulo alto (HAADF), y se detectó la presencia de una organización de vacantes de oxígeno en la fase de baja temperatura, causante de la drástica reducción de conductividad en esta fase.

<sup>1</sup> Conductivity dependence on oxygen partial pressure and oxide-ion transport numbers determination for  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$   
Tarancón, T. Norby, G. Dezanneau, A. Morata, F. Peiró, J.R. Morante  
*Electrochemical Solid State Letters* 7, A373-A375 (2004) (25 citas)

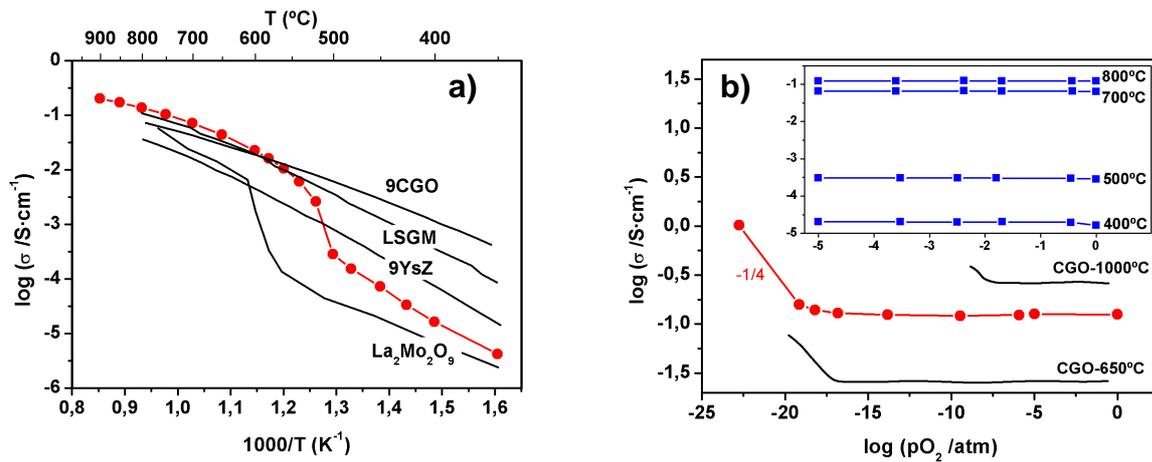


Figura 4.12. a) Conductividad del  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$  en comparación a otros electrolitos sólidos habituales. b) Dependencia de la conductividad del  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$  en función de la presión parcial de oxígeno.

Siguiendo con los dispositivos basados en electrolitos de óxido sólido, esta vez ya en relación a sensores de gas, destacaría el siguiente trabajo:

- Development and characterisation of a screen-printed mixed potential gas sensor  
A. Morata, J.P. Viricelle, A. Tarancón, G. Dezanneau, C. Pijolat, F. Peiro, J.R. Morante  
*Sensors and Actuators B* **130**, 561–566, (2008) (IF: 23 Citas)

Tras la **optimización de la tecnología de depósito por serigrafía**, se logró el control adecuado para el depósito capas finas densas de cerámicas sobre soporte tanto denso como poroso y **se realizó un nuevo diseño de sensor de oxígeno amperométrico** (Figura 4.13), con la aproximación de utilizar una capa de zirconia estabilizada con Ytrio, (YSZ) porosa jugando un doble papel de electrolito sólido para la conducción iónica y a la vez barrera de difusión. El dispositivo se fabricó utilizando la tecnología de “screen printing”, incluso para el depósito de los electrodos de Pt, de manera que la configuración era plana, compacta ( $50\mu\text{m}$ ) y fácilmente escalable a nivel industrial. Los sensores fabricados según esta aproximación novedosa, presentaban una sensibilidad adecuada para un rango de presiones parciales de oxígeno entre 0.3% y 3% en  $\text{N}_2$  con respuesta lineal a la concentración (Figura 4.14).

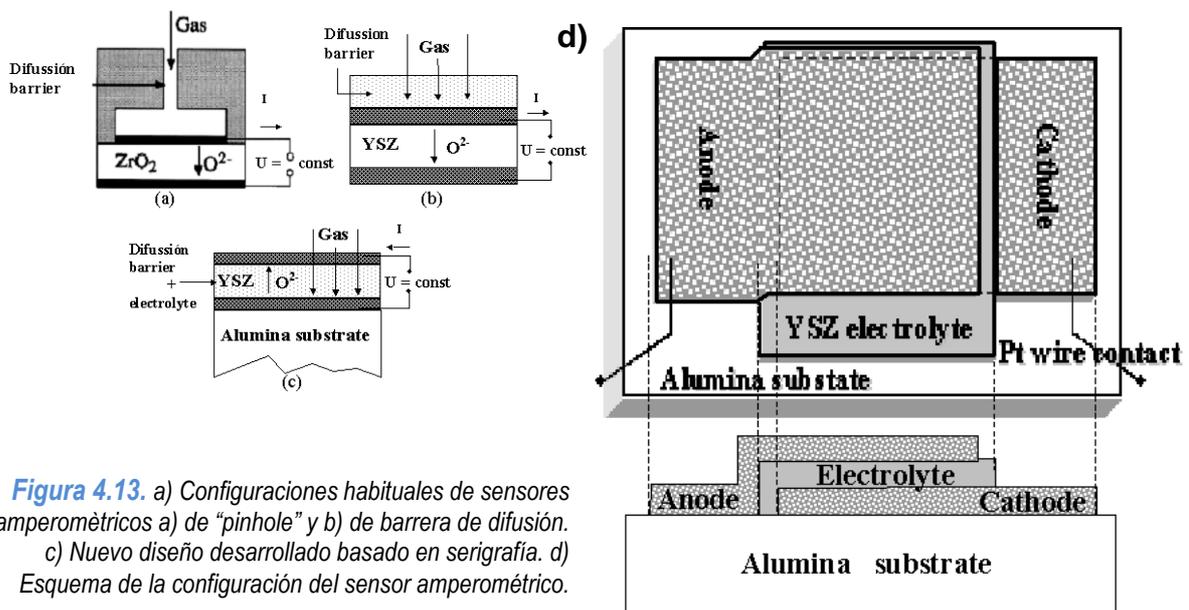
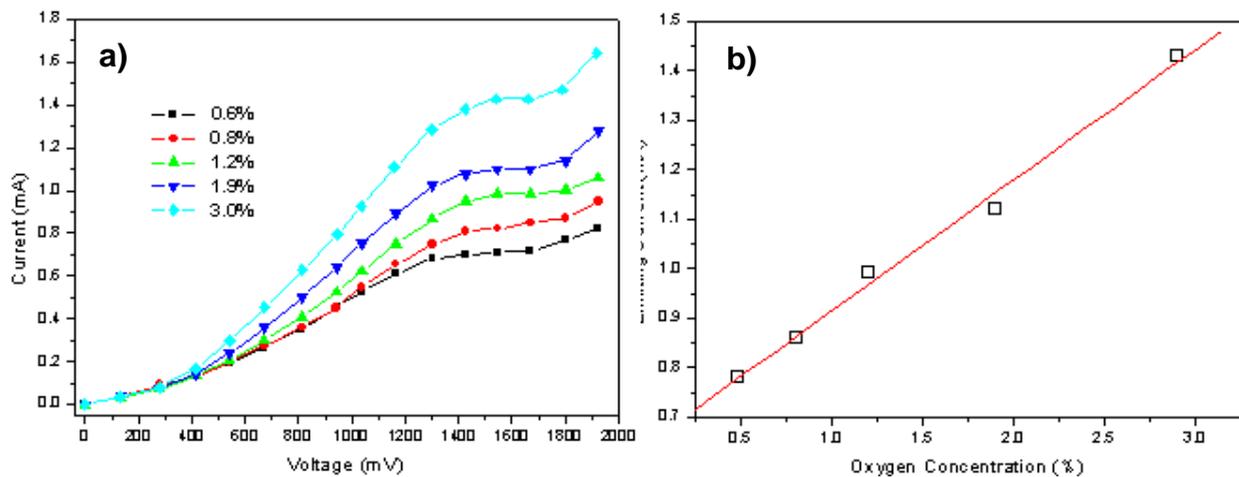


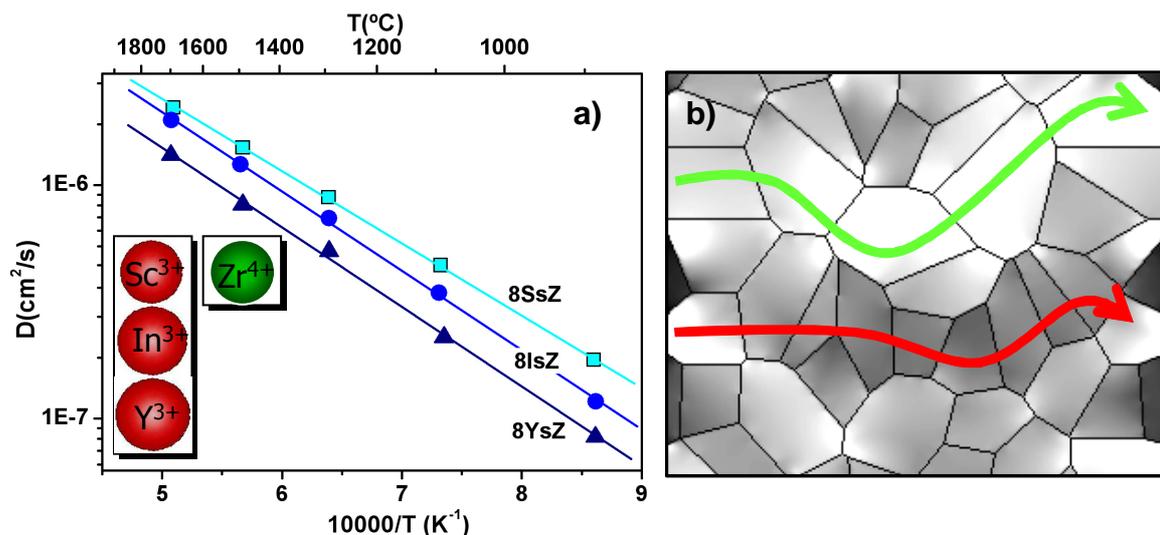
Figura 4.13. a) Configuraciones habituales de sensores amperométricos a) de “pinhole” y b) de barrera de difusión. c) Nuevo diseño desarrollado basado en serigrafía. d) Esquema de la configuración del sensor amperométrico.



**Figura 4.14.** Caracterización eléctrica del nuevo diseño de sensor amperométrico. a) Curvas  $I(V)$  en función de diferentes concentraciones de oxígeno, y b) valores de corriente en el régimen de corriente saturada en función de dicha concentración.

En este punto es conveniente completar la descripción de la investigación en esta línea, con un apunte sobre el **interés por las herramientas de simulación** para alcanzar una óptima comprensión del comportamiento funcional de los materiales <sup>1</sup>. Así, abordamos la **modelización de las propiedades de conducción iónica** utilizando conceptos de minimización de energía en dinámica molecular para calcular:

- Coste en energía y relajaciones en el entorno de un defecto (dopante, vacante, superficie libre...)
- La energía de activación para hacer pasar un átomo de O de una posición atómica a otra.
- Propiedades de difusión de oxígeno a alta temperatura (Figura 4.15a).
- Simulación de la influencia de las fronteras grano sobre las propiedades de conducción (Figura 4.15b).



**Figura 4.15.** a) Resultados de difusividad de diferentes dopantes en YSZ en función de la temperatura. b) Simulación de las líneas de baja (rojo) y alta (verde) conductividad en un material policristalino.

<sup>1</sup> Las correspondientes publicaciones son, *Applied Physics Letters* **88**, 141920 (2006), *Solid State Ionics* **177**, 3117-3121(2006) y *Fuel Cells* **11**, 26-37 (2011)

Retomando algunas reflexiones personales, no sería justo acabar esta etapa sin mencionar que a pesar de la angustia inicial frente al cambio de modalidad artística de la pintura (microscopía) a la escultura (SOFC y sensores), iniciar una nueva línea de investigación en el departamento fue un reto apasionante que no hubiera llegado al mismo puerto si no hubiese **contado con excelentes investigadores a mi lado**. De directora de estancia post-doctoral de Guilhem Dezanneau<sup>1</sup> y de directora de tesis de Alberto Tarancón<sup>2</sup> y Alejandro Morata<sup>3</sup> (**figura 4.16**), he pasado apenas sin darme cuenta a ser una colaboradora científica, a través de acciones integradas bilaterales y participación en proyectos nacionales, que han ido produciendo publicaciones conjuntas hasta el día de hoy en temáticas como: la caracterización de **membranas de YSZ para SOFC micromecanizados** [*Solid State Ionics* 181, 322-331 (2010)], en la caracterización de **materiales mesoporosos como electrodos de pilas de combustible** [*Journal of Materials Chemistry A* 1, 4531-4538 (2013), y *J. Mater. Chem. A* 2, 3134-3141 (2014)], el análisis de **niobatos de tierras raras como conductores protónicos** [*Fuell Cells*, 13, 29-33 (2013) y *Journal of the European Ceramic Society* 35, 3051–3061, (2015)] y algún que otro más reciente en preparación sobre **nuevos materiales como el  $\text{Sr}_{0.67}\text{Ba}_{0.33}\text{Nb}_2\text{O}_6$  con propiedades de relaxor uniaxial**.



**Figura 4.16.** Nada mejor que una partida de sobremesa compartiendo algo más que ciencia con Guilhem, Alejandro y Alberto. (7 de enero 2017).

<sup>1</sup> El Prof. Guilhem Dezanneau es hoy director del laboratorio Structures Propriétés et Modélisation des Solides unidad mixta de investigación del CNRS y la Ecolé Central de Paris (<http://www.ecp.fr/cms/site/spms>).

<sup>2</sup> El Dr. Albert Tarancón es director del Grupo de Investigación en Nanioiónica y Pilas de Combustible del Instituto Catalán de Investigación en Energía (IREC). **Otra de aquellas cuatro personas** de personalidad arrolladora que empezamos a mencionar al pie de la página 79.

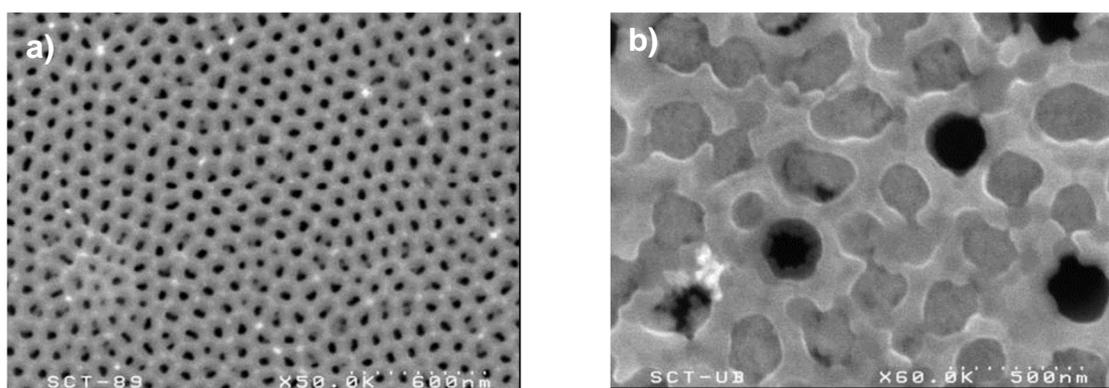
<sup>3</sup> El Dr. Alejandro Morata, investigador del mismo grupo (<http://www.irec.cat>).

### b) Sensores de gas basados en materiales mesoporosos.

Habiéndole cogido el gusto a esto de esculpir, la actividad en sensores de gas tuvo continuidad en un nuevo proyecto (**MAT2004-06859-C02-01**), en colaboración con el grupo del Dr. Enrique Castaño del Centro de Estudios e Investigaciones Técnicas de Guipúzcoa, (CEIT, <http://ceit.es/es>), en el que también actué **como coordinadora**. Si en el proyecto anterior el reto era fabricar dispositivos sensores basados en serigrafía, en este proyecto el reto era **fabricar microsensores de dióxido de carbono basados en nanomateriales sobre estructuras micro-nanomecanizadas**. El CEIT centró su tarea en el diseño de sensores de CO<sub>2</sub> basados en capas delgadas de BaTiO<sub>3</sub>-CuO sobre sustratos de alúmina, constituyendo heterouniones PN cuyo mecanismo de sensado eran las variaciones de capacidad-resistencia. Se estudió la influencia de los parámetros tecnológicos del crecimiento y de la variación temperatura y frecuencia de medida, así como el efecto de incremento de respuesta al introducir plata como dopante durante el crecimiento de las capas.

En nuestro caso, una de las primeras etapas tecnológicas en las que se trabajó, fue la **optimización de membranas de alúmina porosa** como molde para el crecimiento de nanohilos. La posibilidad de desarrollar micromecanizados basados en óxido de aluminio anodizado como sustitutivos de plataformas basadas en silicio permitiría ampliar el rango de aplicabilidad de los sensores de gases, dado que en ocasiones se requieren variaciones de temperatura de centenares de grados en pocos milisegundos y con un consumo de potencia mínimo.

El anodizado del aluminio en medio ácido oxálico permitió obtener capas de alúmina porosa con una distribución de poros homogénea y cuyo tamaño pudo modularse variando la concentración de ácido oxálico, el potencial aplicado y el tiempo de anodizado. Así, por ejemplo, cuando se lleva a cabo la anodización del aluminio en una disolución 0,60 mol dm<sup>-3</sup> de ácido oxálico aplicando E=+45 V a 20 °C puede obtenerse una capa de alúmina con un tamaño de poro de alrededor de 35 nm, mientras que si la anodización se realiza en una disolución 0,30 mol dm<sup>-3</sup> aplicando E=+55 V a 20°C el poro era de unos 80 nm de diámetro. El uso de un doble anodizado permitió mejorar sustancialmente la calidad de las capas obtenidas, que se caracterizaron mediante microscopía electrónica de barrido con emisión de campo (Field Emission Scanning Electron Microscopy, FESEM), tanto en visión plana como en sección transversal. Se realizaron tratamientos térmicos para evaluar su estabilidad térmica y mecánica. El siguiente paso fue el ensayo de distintos métodos de impregnación con el fin de obtener nanohilos de SnO<sub>2</sub> a partir de plantillas de AAO y empleando SnCl<sub>4</sub> como precursor. De entre los métodos utilizados (goteo, aerografía...) el que dió mejores resultados fue la impregnación bajo presión.

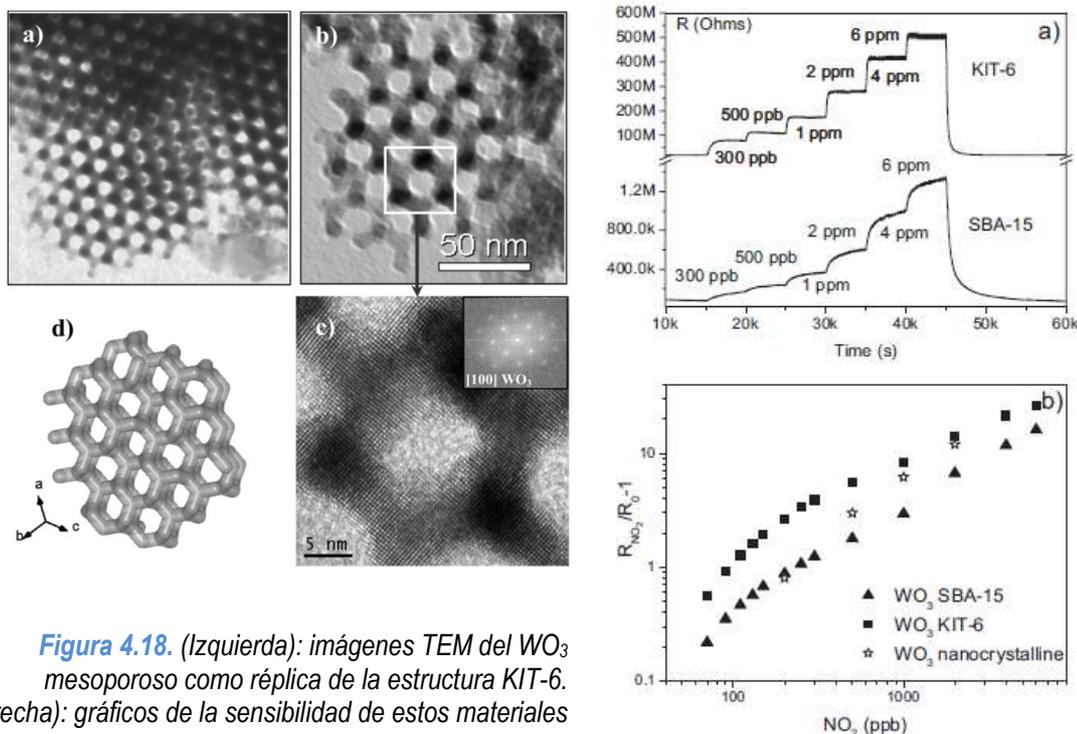


**Figura 4.17.** a) Top-view de lámina de alúmina porosa obtenida mediante anodización de aluminio en medio oxálico. b) formación de SnO<sub>2</sub> sobre una membrana de AAO.

La dificultad de impregnación de la membrana mesoporosa y de la recuperación de los nanohilos sintetizados, sugería un cambio de metodología, y rápidamente pasamos a una aproximación muy diferente basada en la **síntesis de material nanoporoso como réplicas de plantillas mesoporosas de óxido de silicio**. En este contexto se desarrolló la tesis doctoral de **Emma Rossinyol (2008)**<sup>1</sup>. De esta etapa, los mejores resultados se pueden encontrar en:

- Synthesis and Characterization of Mesoporous Chromium-Catalyzed Tungsten Oxide for Gas Sensing Applications  
Rossinyol, E.; Prim, A.; Pellicer, E.; Arbiol, J.; Hernández-Ramírez, F.; Peiró, F.; Cornet, A.; Morante, J.R.; Solovyov, L.A.; Tian, B.; Bo, T. and Zhao D.  
**Advanced Functional Materials**, 17, 1801–1806 (2007)

Este trabajo (**141 citas**) describe la síntesis de  $\text{WO}_3$  mesoporoso como material réplica de matrices también mesoporosas de  $\text{SiO}_2$  de tipo KIT-6 y SBA-5, presentando una mezcla estructural de fases monoclinica y triclinica. Se introdujo en la matriz elementos dopantes Cr y Cu como aditivos catalíticos. Se concluyó que el Cr no formaba agregados, sino que estaba distribuido a nivel atómico en el material, mientras que el Cu se encontraba en una mayor concentración en la superficie del material. Además de la detallada caracterización estructural por TEM y XRD, en una segunda parte se analizó el comportamiento funcional del material como sensor de gas, determinando la sensibilidad y tiempo de respuesta de los sensores frente a diferentes concentraciones de  $\text{NO}_2$ . La réplica de  $\text{WO}_3$  del KIT-6 presentó unos tiempos de respuesta menor y mayor sensibilidad que la réplica de SBA-15, debido a que la morfología del sensor basado en KIT-6 era óptima para mejorar las propiedades sensoras (menor tamaño de grano y mayor área específica), mientras que el material basado en SBA-15 tendía a formar agregados. La incorporación de cromo en la matriz de  $\text{WO}_3$  hizo disminuir los tiempos de respuesta y mejoró la respuesta del sensor a bajas concentraciones de gas.



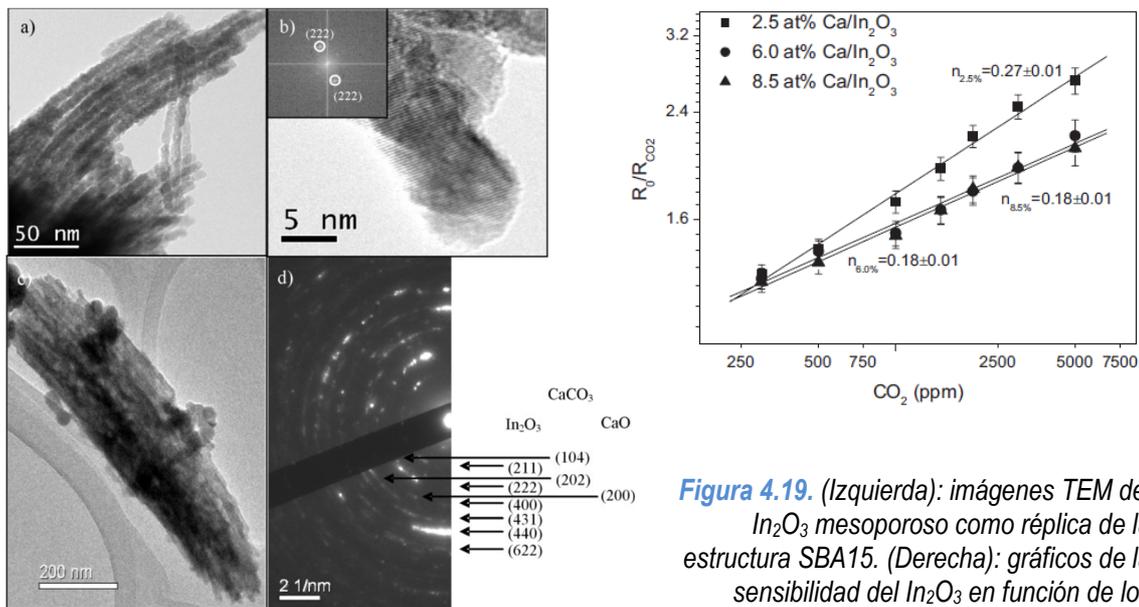
**Figura 4.18.** (Izquierda): imágenes TEM del  $\text{WO}_3$  mesoporoso como réplica de la estructura KIT-6. (Derecha): gráficos de la sensibilidad de estos materiales mesoporosos a distintas concentraciones de  $\text{NO}_2$ .

<sup>1</sup> La Dra. Emma Rossinyol es hoy en día técnica especialista en microscopía en los Servicios de Microscopía de la Universidad Autónoma de Barcelona (<http://sct.uab.cat/microscopia/es>).

- A novel mesoporous CaO-loaded  $\text{In}_2\text{O}_3$  material for  $\text{CO}_2$  sensing  
Prim, E. Pellicer, E. Rossinyol, F. Peiró, A. Cornet, J. R. Morante  
*Advanced Functional Materials* 17, 2957–2963 (2007).

Finalmente, conseguimos fabricar un nuevo sensor resistivo de  $\text{CO}_2$ , basado en  $\text{In}_2\text{O}_3$  mesoporoso usando  $\text{CaO}$  como dopante. El  $\text{In}_2\text{O}_3$  se obtuvo como réplica de una matriz de sílica SBA-15. La caracterización estructural por (HR)TEM, Raman y XPS TEM, mostró que el polvo final tras la introducción de dopante, estaba formado por una matriz de  $\text{In}_2\text{O}_3$  nanocristalino, con pequeñas cantidades de  $\text{CaO}$  y  $\text{CaCO}_3$ . Se compararon los resultados con dopado directo usando  $\text{CaCO}_3$  pero no se detectaron agregados de calcita por TEM, indicando una óptima distribución en forma de nanopartícula de los dopantes.

La caracterización eléctrica bajo diferentes concentraciones de  $\text{CO}_2$ , demostró el incremento de sensibilidad al añadir  $\text{CaO}$ , sin existir diferencias significativas entre el uso de  $\text{CaO}$  o  $\text{CaCO}_3$  como dopantes. Sin embargo, la eficiencia sensora disminuía al aumentar el número de ciclos de trabajo. Se interpretó esta degradación en términos de la deshidratación del material sometido a calentamiento por encima de  $350\text{ }^\circ\text{C}$  en aire sintético y se demostró la reversibilidad con tratamientos térmicos cortos en ambiente húmedo. Este sensor presentaba una sensibilidad muy buena comparada a otros sensores dopados con calcio, que se atribuyó al incremento de la relación masa/superficie en la estructura mesoporosa. Un estudio complementario realizado mediante DRIFT, permitió discutir el mecanismo de sensado en términos de la interacción entre  $\text{CO}_2$  y  $\text{CaCO}_3$  para formar bicarbonatos, responsables del cambio de resistividad.



**Figura 4.19.** (Izquierda): imágenes TEM del  $\text{In}_2\text{O}_3$  mesoporoso como réplica de la estructura SBA15. (Derecha): gráficos de la sensibilidad del  $\text{In}_2\text{O}_3$  en función de los distintos grados de dopado con  $\text{CaO}$ .

Tampoco podría cerrar este apartado sin mencionar la **excelente contribución de la Dra. Eva Pellicer** y la **Dra. Teresa Andreu**<sup>1</sup>, cuyos conocimientos de síntesis química y electroquímica fueron indispensables para los experimentos de anodización de la alúmina y la síntesis e impregnación de los materiales mesoporosos. También recordar la participación de Anna Prim como becaria FPI del proyecto, que realizó su tesis de master en Nanociencia y Nanotecnología (2007) durante esta investigación, y Luis Fernández, quien realizó buena parte de los trabajos sobre AAO y de test de respuesta de los materiales sensores.

<sup>1</sup> En la actualidad, Eva es Investigadora Ramón y Cajal en la facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) y Teresa investigadora en el Instituto Catalán de Investigación en Energía (IREC).

Del desarrollo de este proyecto también destacaría haber conocido al Dr. Enrique Castaño y a la Dra. Gemma Mandayo, del CEIT y el excelente trato recibido durante las visitas de seguimiento del proyecto a San Sebastián <sup>1</sup> en 2006 y en 2008, para formar parte del Tribunal de Tesis de Jaime Herran.



*Figura 4.20.* Con Albert Cornet en San Sebastián para la reunión en el CEIT (17 de enero 2006).

### 4.2.3 1998-2008: una década de resistencia.

Demos un salto atrás en el tiempo hacia finales de la década de los 90. La creciente actividad en sensores de gas en el departamento, y la falta de interés por los materiales III-V y la microscopía electrónica, hizo difícil continuar en esta temática. Más aún, el auge de las microscopías de sonda próxima, con resolución atómica de la superficie y con capacidad de nanomanipulación y los informes de asesoría de los expertos internacionales<sup>2</sup> sobre el mapa de nanotecnología en Cataluña, y la relevancia de las microscopías de fuerzas atómicas y de corriente túnel, relegaron a un segundo plano las capacidades del TEM. Sin embargo, a pesar de la presión del entorno, y de implicarme yo misma de lleno en el mundo de los sensores **mantuve, casi en la clandestinidad, una intensa actividad relacionada con la microscopía electrónica**, gracias a la participación activa en un proyecto europeo <sup>3</sup> y a la dirección de **mi primer proyecto como IP** <sup>4</sup> (MAT98-0974-C03-02). 1998 corresponde precisamente a la fecha de inicio de dicho proyecto, aunque la

<sup>1</sup> Poco esperaba que a la vuelta de esa visita de Enero de 2006, y en apenas un mes perdiera a mi padre.

<sup>2</sup> El Profesor Miquel Salmerón actuó como asesor de la Generalitat en esta cuestión.

<sup>3</sup> **New Optimization concepts for High Quality UV-Coatings**, Proyecto TMR subvencionado por la CEE (1997): FMRX-CT97-0101 (DG12-MHT)

Investigador responsable: Dr. Salvador Bosch, Departamento de Física Aplicada.

<sup>4</sup> **Nanoestructuras magnéticas epitaxiales para el desarrollo de sensores magneto-ópticos**, coordinador por el Dr. Alfonso Cebollada, CNM-CSIC, Madrid.

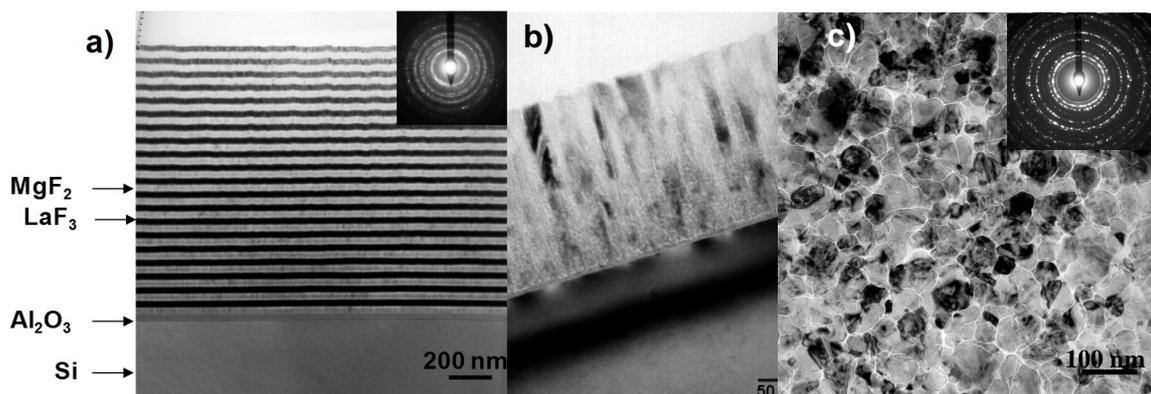
planificación y preparación del mismo se realizó a finales del 1997<sup>1</sup>. Estos dos proyectos marcan **sendos hitos en mi carrera investigadora** por un lado, en tanto **representan abrir la microscopía electrónica a otros materiales y fenómenos**<sup>2</sup>. Por otro, en tanto **son las primeras actividades como investigadora principal de un grupo de microscopía**.

Así, **en relación al proyecto europeo TMR**, desarrollado entre 1998-2001 dedicado a la obtención de recubrimientos ópticos de alta calidad para aplicaciones ópticas en el rango del ultravioleta se abordó la influencia de las técnicas de depósito por pulverización catódica asistida por iones, y la evaporación asistida por haz de electrones en la calidad estructural de **los recubrimientos reflectantes y antireflectantes** de  $\text{MgF}_2$  y  $\text{LaF}_3$ .

De esta etapa destacaría:

- Ultraviolet optical and microstructural properties of  $\text{MgF}_2$ - and  $\text{LaF}_3$ -coatings deposited by ion-beam sputtering and boat and electron-beam evaporation  
D. Ristau, S. Günster, S. Bosch, A. Duparré, E. Masetti, J. Ferré-Borrull, G. Kiriakidis, F. Peiró, E. Quesnel, and A. Tikhonravov  
*Applied Optics* **41**, 3196-3204 (2002).

Este trabajo describe la evaluación de la calidad estructural y estequiometría de recubrimientos de  $\text{MgF}_2$  crecidos mediante pulverización catódica asistida por iones (IBS) sobre sustratos de  $\text{Si}(111)$  en función de la aplicación de un flujo de flúor de compensación, para evaluar la influencia de la presión parcial de flúor (**Figura 4.21**). Bajo condiciones reactivas las capas presentaban una estructura correspondiente a la fase P42/mnm del  $\text{MgF}_2$  con crecimiento columnar texturado en la dirección  $\langle 110 \rangle$ . Bajo condiciones no reactivas, se tenía la misma fase pero con una morfología más irregular sin textura definida. En ambos casos la composición química era estequiométrica. La correlación con la caracterización óptica y el análisis de los frentes de absorción del material, reveló la existencia de centros de color asociados a las vacantes de flúor. La absorción a 235nm se eliminó con recocido en las capas crecidas bajo condiciones reactivas. Finalmente se propuso un mecanismo por el cual el flúor existente en posiciones intersticiales pasaría a posición sustitucional aniquilando el centro de color.



**Figura 4.21.** a) Estructura antireflectante multicapa; b) Capa de  $\text{MgF}_2$  en sección transversal; c)  $\text{LaF}_3$  en vista planar.

<sup>1</sup> Escribí mi contribución a dicho proyecto, durante las noches en la Clínica Dexeus, donde mi hija estaba ingresada por neumonía. Escribía el texto a mano, y al día siguiente Albert Cornet lo pasaba a formato electrónico mientras yo seguía buscando bibliografía en la biblioteca (nada de ordenadores portátiles aún).

<sup>2</sup> Es lo que yo consideraría pintar en colores, y no sólo en blanco y negro si con esta tonalidad describiera la dedicación a los III-V.

La repercusión de este trabajo a nivel internacional, es bastante significativa (**61 citas**), pero lo he remarcado no sólo por eso, sino porque representa el resultado de **mi primera participación como investigadora doctorada e independiente en un proyecto europeo**<sup>1</sup>, que además implicó la dirección de la **actividad de investigación de tres investigadores post-doctorales** como ya se comentó en el apartado 2.5.3.

El proyecto MAT1998, en colaboración con el CNM de Madrid, abrió la puerta al estudio por TEM de los **óxidos con propiedades magnéticas** y tuvo continuación en un MAT2002<sup>2</sup>. En este marco dirigí el trabajo DEA de F. Güell (2000). Posteriormente, ya en colaboración con el Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona, y en el marco del proyecto NAN2004, de la convocatoria especial de Acciones Estratégicas en Nanotecnología, la dedicación a la caracterización de materiales para la configuración de dispositivos de aplicación en espintrónica se intensificó.

De esta etapa de mantenimiento de la actividad en microscopía electrónica centrada en óxidos con propiedades magnéticas seleccionaría la siguiente publicación:

- Large magnetoresistance in Fe/MgO/FeCo(001) epitaxial tunnel junctions on GaAs(001)  
M. Bowen, V. Cros, F. Petroff, A. Fert, C. Martínez Boubeta, J. L. Costa-Krämer, J. V. Anguita, A. Cebollada, F. Briones, J. M. de Teresa, L. Morellón, M. R. Ibarra, F. Güell, F. Peiró, A. Cornet  
*Applied. Phys. Lett* **79**, 1655-1657 (2001).

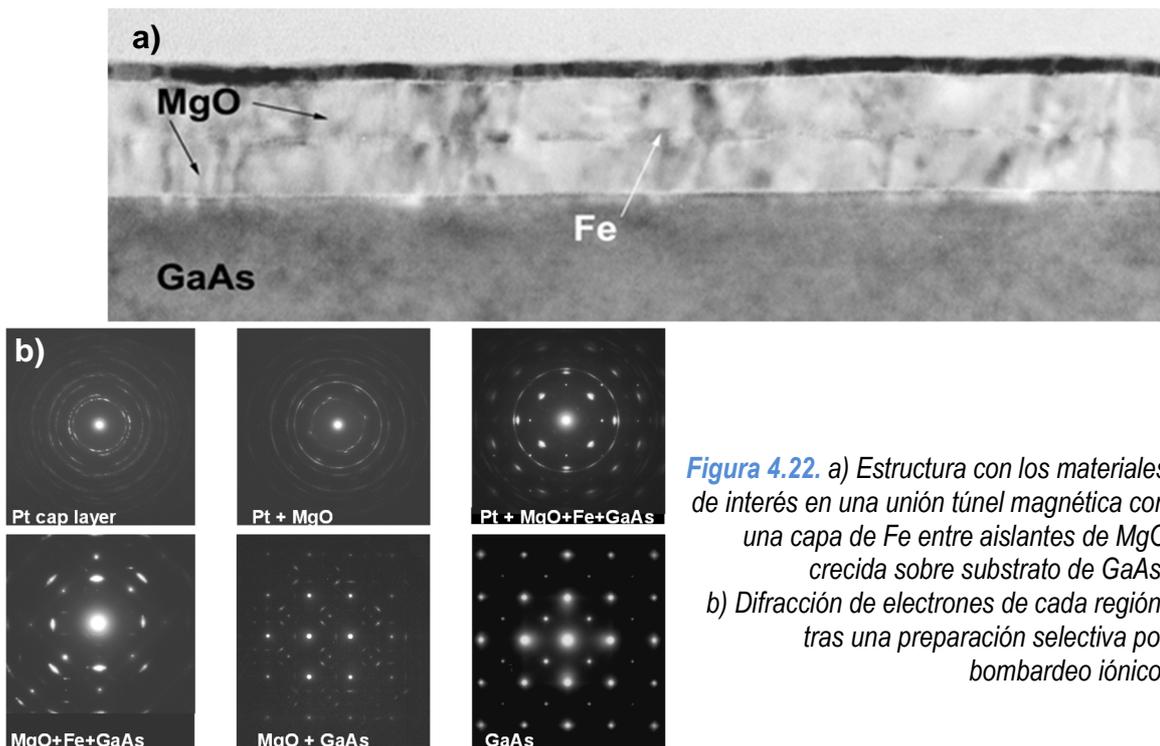
Este trabajo presenta las experiencias de efecto túnel en estructuras epitaxiales Fe(001)/MgO(20 Å)/FeCo(001) de alta calidad crecidas sobre sustratos de GaAs por pulverización catódica y ablación laser. En estas estructuras, la polarización de espín de los electrones no está sólo relacionada con la densidad de estados en el metal sino de la estructura electrónica en conjunto del sistema electrodo / barrera. El MgO actúa como barrera de interdifusión y aislante eléctrico. En este sentido, el control de la calidad de las intercaras es de vital importancia para asegurar la abrupticidad química entre las capas y una rugosidad mínima en las interfaces. Al tratarse de estructuras multicapa, técnicas superficiales como la Microscopía de Fuerzas Atómicas no son aplicables. La calidad de los materiales se controló in-situ durante el crecimiento mediante RHEED, y posteriormente con difracción de Rayos-X. Mi contribución en este trabajo fue llevar a cabo la totalidad de la caracterización mediante Microscopía Electrónica de Transmisión de las heteroestructuras crecidas combinando diferentes espesores de la capa de barrera, definiendo un valor mínimo óptimo, entre 20 Å - 80Å. Se verificaron las relaciones de epitaxia Fe(100)[001]/MgO(100)[110] (Figura 4.22) mediante la difracción de electrones en selección de área, realizando ataques selectivos mediante bombardeo iónico, para poder separar la contribución de las diferentes capas incluso en observaciones en sección planar. Se determinó la calidad de las intercaras mediante observaciones de Microscopía Electrónica de alta resolución. Se establecieron los rangos de temperatura óptimos para el crecimiento de los diferentes materiales en 400 °C para el MgO, RT para el electrodo superior de FeCo y crecimiento a RT más recocido a 400 °C para el electrodo inferior de Fe. En el trabajo se detalla la caracterización de transporte por efecto túnel de la estructura de tricapa Fe(200 Å)/MgO(20 Å)/FeCo(250 Å) crecida en capas tampón de MgO(001) sobre sustratos GaAs(001) procesada mediante litografía óptica, mostrándose los resultados de las medidas de resistencia con la temperatura, a voltaje y campo magnético fijos, y de la magnetorresistencia túnel en función del campo magnético a la temperatura de 30 K. La magnetorresistencia túnel alcanzó un valor de 60% a 30 K (Figura 4.23c), mayor que la medida del 13% obtenida para estructuras de unión túnel de Fe(001)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> amorfa / FeCo. Finalmente se discute cómo la polarización de espín de los electrones no está sólo relacionada con la densidad

<sup>1</sup> Recuerdo con especial cariño las reuniones en Hannover (con vino caliente en los mercados Navideños) y Grenoble (excelentes patatas "Dauphinoise") con el Dr. Salvador Bosch IP del proyecto en Barcelona, antes de que mi segunda maternidad (1999), me impidiera asistir a las reuniones en Moscú y Freiburg y a la escuela de verano en Erice.

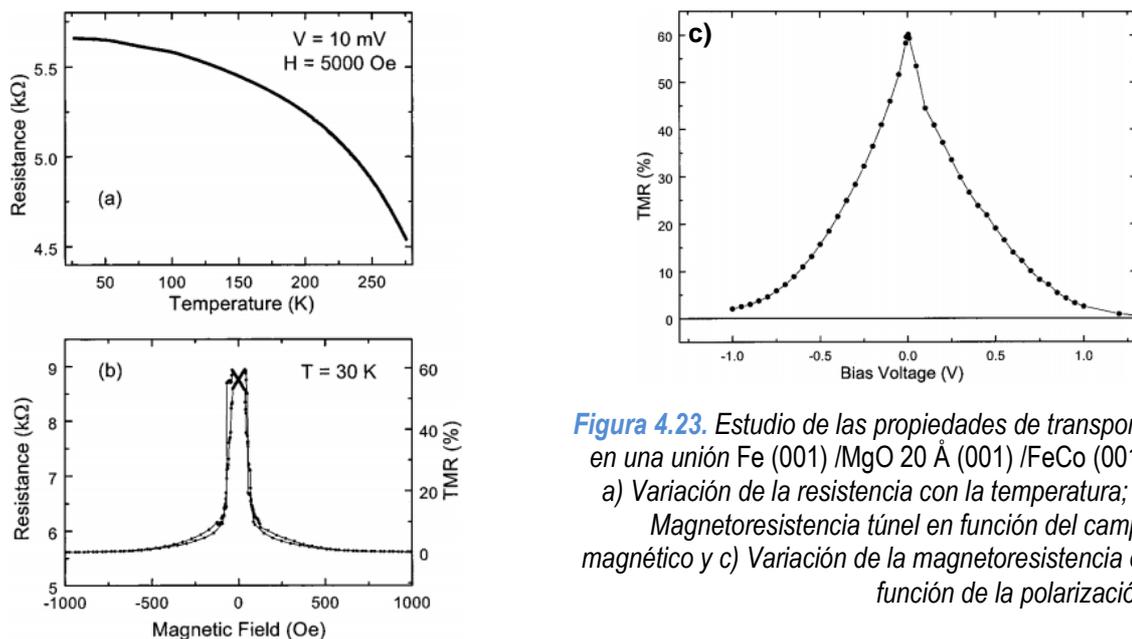
<sup>2</sup> No pude liderar este proyecto al tener una dedicación compartida en otro proyecto MAT, pero asumí todas las tareas de dirección y participé en su ejecución.

de estados en el metal sino también con la estructura electrónica en conjunto del sistema electrodo / barrera. La colaboración de diferentes grupos de investigación en el crecimiento, y la correlación de la caracterización estructural-eléctrica y magnética justifica el elevado número de autores de la publicación.

Este trabajo es remarcable en tanto que ha recibido **145 citas**, y en tanto que para mí supone un **honor aparecer entre los autores de una publicación liderada por el Prof. Albert Fert, Premio Nobel de Física en 2007** por el descubrimiento de la magnetoresistencia gigante. La metodología de preparación de muestras en sección planar a distintas distancias desarrollada para los III-V, fue muy útil a la hora de observar las diferentes capas de las heteroestructuras de unión túnel (Figura 4.22b).



**Figura 4.22.** a) Estructura con los materiales de interés en una unión túnel magnética con una capa de Fe entre aislantes de MgO crecida sobre sustrato de GaAs. b) Difracción de electrones de cada región, tras una preparación selectiva por bombardeo iónico.



**Figura 4.23.** Estudio de las propiedades de transporte en una unión Fe (001) /MgO 20 Å (001) /FeCo (001). a) Variación de la resistencia con la temperatura; b) Magnetoresistencia túnel en función del campo magnético y c) Variación de la magnetoresistencia en función de la polarización.

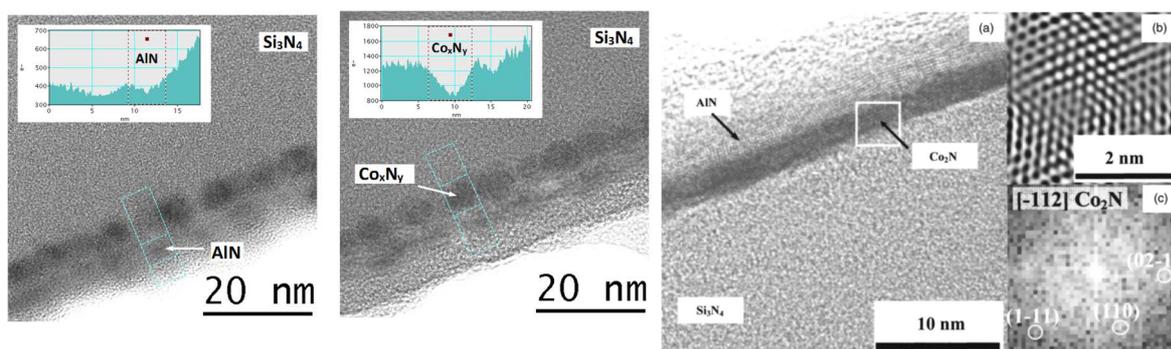
Dejando a un lado las estructuras multicapa, y moviéndonos y hacia distintos modos de operación en el TEM, **complementamos la microscopía convencional y de alta resolución con técnicas analíticas adicionales como la espectroscopía de pérdida de energía de los electrones (EELS) y la obtención de imágenes filtradas en energía (EFTEM)**<sup>1</sup>, aplicadas a la caracterización de nanoestructuras magnéticas de aplicación en sensores magnetoópticos.

Uno de los trabajos que mejor ilustran la investigación en este contexto es:

- Capping layer effects in the structure and composition of Co nanoparticle ultra thin films  
J. Arbiol, F. Peiró and A. Cornet, C. Clavero, A. Cebollada and G. Armelles, Y. Huttel  
*Applied Physics Letters* **86**, 32510.1-32510.3 (2005).

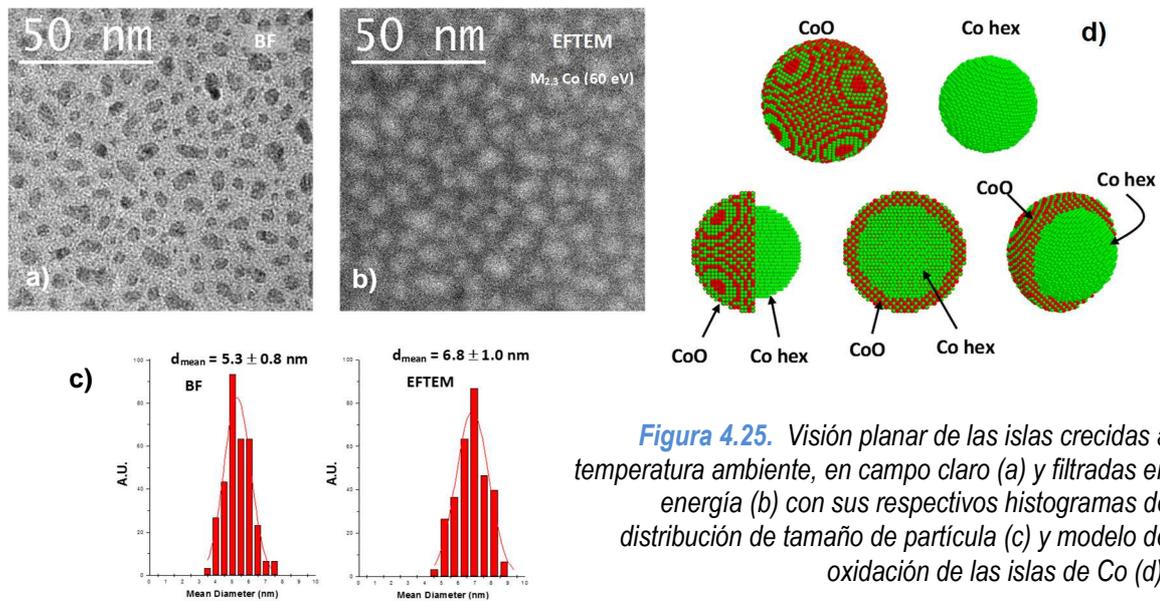
Durante una primera etapa se trabajó en la caracterización de nanopartículas de Co depositadas sobre matriz de  $\text{Si}_3\text{N}_4$  y recubiertas de una capa de AlN, para analizar la evolución de las islas en función de la temperatura de depósito, variando ésta entre temperatura ambiente (RT),  $700^\circ\text{C}$  (HT) y  $200^\circ\text{C}$  (LT). Posteriormente, se trabajó en el análisis de la influencia de la capa de protección (capping layer) en la microestructura final, con el objetivo de correlacionar la configuración estructural y química de las intercaras con las propiedades magnetoópticas del sistema, utilizando recubrimientos como el Pt, AlN y MgO. El estudio de estructuras Pt / Co /  $\text{Si}_3\text{N}_4$  ( $1000\text{\AA}$ ) / Si, con variaciones del espesor de Co y temperatura de crecimiento RT,  $400^\circ\text{C}$  y  $700^\circ\text{C}$ , mostró difusión a temperaturas elevadas y la formación de  $\text{CoPt}_3\text{O}_6$  y  $\text{Co}_2\text{N}$ , indicando una difusión del Co tanto hacia la capa de Pt como hacia la base de  $\text{Si}_3\text{N}_4$ . En las muestras a RT y  $400^\circ\text{C}$  el Pt se encontraba mayoritariamente en su fase metálica, aunque en la muestra crecida a  $400^\circ\text{C}$ , parte de este Pt estaba aleado con el Co. En cambio, en la muestra crecida a alta temperatura ( $700^\circ\text{C}$ ) ya no se encontró ni Pt metálico ni Co formando islas en alguna de sus fases metálicas, cúbica y/o hexagonal. Se encontraron cristales del tipo  $\text{CoPt}_3\text{O}_6$  (ocupando la parte central y superior de la capa, cristales de hasta 4 nm), y cristales del tipo  $\text{Co}_2\text{N}$  (en la interficie entre la capa y la base de  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , cristales de entre 1 y 2 nm), lo que indica una difusión del Co tanto hacia la capa de Pt como hacia la base de  $\text{Si}_3\text{N}_4$ .

El estudio del sistema AlN / Co /  $\text{Si}_3\text{N}_4$  ( $1000\text{\AA}$ ) / Si, con variación de temperatura entre la ambiente,  $400^\circ$  y  $700^\circ\text{C}$  reveló la formación de islas de  $\text{Co}_x\text{N}_y$  en la fase predominante  $\text{Co}_2\text{N}$  (Figura 4.24a). La caracterización magnética evidenció una anulación del comportamiento magnético debido a la fuerte nitridación del Co (Figura 4.24b).



**Figura 4.24.** Detección de las islas de  $\text{Co}_x\text{N}_y$  y de AlN del capping mediante análisis de las transformadas de Fourier de las imágenes de alta resolución (imágenes superiores), y desaparición del comportamiento magnético al recubrir las partículas de Co con AlN.

<sup>1</sup> La compra e instalación en 2001 del microscopio Jeol 2010F con cañón de emisión de campo y filtro de energía de Gatan (GIF) en los CCyT, relanzó la actividad en microscopía analítica.



**Figura 4.25.** Visión planar de las islas crecidas a temperatura ambiente, en campo claro (a) y filtradas en energía (b) con sus respectivos histogramas de distribución de tamaño de partícula (c) y modelo de oxidación de las islas de Co (d).

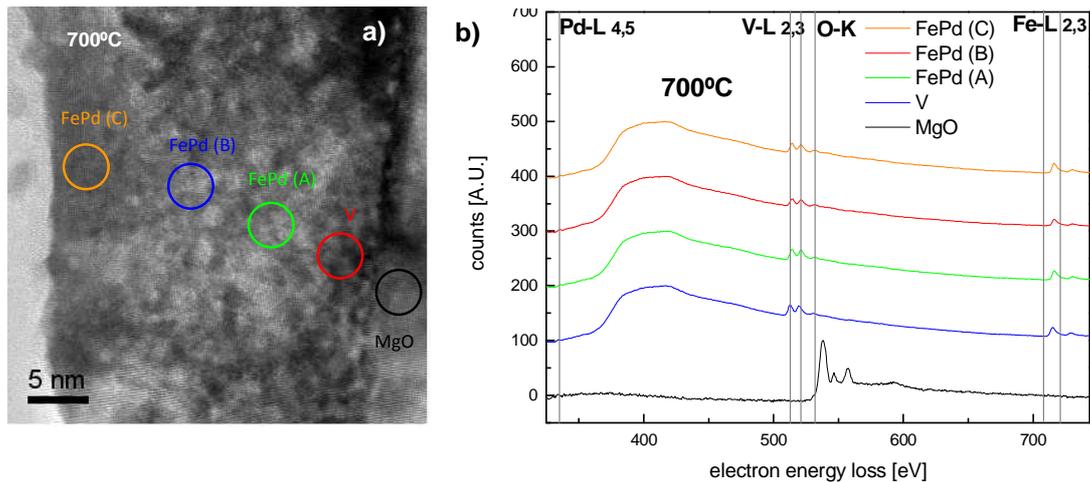
En el estudio de estructuras MgO / Co / Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (1000Å) /Si, se observó la variación del nivel de oxidación del Co con la temperatura de crecimiento, a partir de la correlación de las imágenes de TEM (Figura 4.25a) con las imágenes obtenidas mediante el filtrado en energía por espectroscopía de la pérdida de energía de los electrones (EELS), seleccionando solamente aquellos electrones con una pérdida energética de 60 eV (correspondientes al pico EELS M<sub>2,3</sub> del cobalto) (Figura 4.25b), en un rango de temperaturas de 200°C a 700°C.

En las imágenes EFTEM obtenidas con el Gatan Image Filtering (GIF) instalado en nuestro microscopio con cañón de emisión de campo (FEG-TEM Jeol 2010F), se comprobó que los clústeres de Co eran ligeramente mayores que los observados por TEM convencional porque en las imágenes por contraste de difracción, se observaba con mayor contraste la parte cristalina de los materiales. De la comparativa entre los dos modos de observación se dedujo que los nanoclústers de Co encontrados en estas muestras, se componían de un núcleo cristalino, así como de un envolvente (core) amorfo con menor contenido de Co (el contraste en EFTEM disminuía en los bordes) lo que indicaría la presencia de un envolvente en forma de óxido de Co según el modelo de la Figura 4.25d. En este caso la correlación con el comportamiento magnético mostró que el MgO es una buena opción como capa pasivadora por la débil influencia sobre la respuesta magnética del sistema.

A partir de este momento, la espectroscopía EELS, se convirtió en una herramienta más del TEM indispensable para una completa caracterización de muchos de los materiales y dispositivos en los que trabajamos. Otro de los primeros trabajos con una contribución significativa de EELS, fue:

- Perpendicular magnetic anisotropy in chemically disordered FePd-FeV(100) alloy thin films  
C. Clavero, J. M. García-Martín, G. Armelles and A. Cebollada, Y. Huttel, S. Estradé, J. Arbiol and F. Peiró, Ll. Balcells  
**J. Applied Physics** 99, 73903 (2006)

Se crecieron capas de FePd sobre una capa de V (100) de 40 Å y substrato de MgO (100) a RT y 700 °C. Identificar la difusión de Vanadio por encima de los 400 °C (Figura 4.26) hacia las capas de FePd, acompañado de un crecimiento 3D y de mayor grado de mosaicidad, fue clave para interpretar la evolución de los parámetros de red y el comportamiento magnético del sistema.



**Figura 4.26.** Estudio por EELS de la evolución de V a través de las capas de FePd: (a) imagen TEM de la capa crecida a 700 °C y b) señales de los picos Pd  $M_{4,5}$ , V  $L_{2,3}$ , O K, y Fe  $L_{2,3}$  a distintas distancias de la intercara entre la capa buffer de V y el sustrato de MgO.

Gracias a haber mantenido la actividad en TEM, y al buen rendimiento de los proyectos en que participé, se presentó la oportunidad de colaborar en la acción estratégica **NAN2004**, coordinada por el Prof. Josep Fontcuberta del Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB) y en la que yo asumí las tareas de caracterización por TEM, y la Dr. Anna Vilà las de fabricación de nanoestructuras mediante iones focalizados (FIB)<sup>1</sup>. En este proyecto el trabajo se centró fundamentalmente en el estudio de óxidos con estructura perovskita, de distintos materiales, todos ellos de aplicación en dispositivos para espintrónica. Además de los trabajos sobre  $Y\text{MnO}_3(0001)$  crecidos sobre electrodos de platino y los estudios de  $\text{NiFe}_2\text{O}_3$  sobre sustratos de  $\text{SrTiO}_3$  el trabajo más intenso de esta etapa se realizó sobre manganitas de lantano y calcio en el contexto de la **tesis de máster de Sònia Estradé (2007)**. Las contribuciones más significativas en este sentido fueron:

- Cationic and charge segregation in  $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$  thin films grown on (001) and (110)  $\text{SrTiO}_3$   
Estradé, S.; Arbiol, J.; Peiró, F.; Infante, I. C.; Sánchez, F.; Fontcuberta, J.; de la Peña, F.; Walls, M.; Colliex, C.  
*Appl. Phys. Lett.* **93**, 112505-1- 112505-3 (2008)

Sobre estas manganitas de La/Ca, utilizadas como electrodos en dispositivos para espintrónica, se realizó un detallado estudio estructural y de caracterización química mediante TEM convencional, HRTEM y EELS. La determinación del estado de oxidación del Mn fué de vital importancia. Se desarrolló un software específico, denominado MANGANITAS, basado en Matlab, para detectar el pico  $L_3$  y  $L_2$  del Mn y medir la ratio de intensidades  $L_3/L_2$  en una serie de espectros de pérdida de energía de los electrones (EELS).

De especial relevancia fue la comparativa entre las capas de  $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$  crecidas mediante pulverización catódica sobre sustratos de  $\text{SrTiO}_3$  (STO) en orientaciones (001) y (110), en función también del espesor de las capas (Figura 4.27a-b). Para espesores del orden de más de 14 nm, se determinó que la composición catiónica se mantenía estequiométrica y con una valencia mixta  $\text{Mn}^{3+/4+}$  a lo largo de toda la capa para las orientaciones (110). En contraposición, en capas (001), la ratio de concentraciones Ca/La variaba gradualmente a lo largo de la capa, con un enriquecimiento en La en la interficie capa/sustrato, y un empobrecimiento en La en la superficie de la capa, con una variación correlativa del estado de oxidación del Mn. Estas observaciones

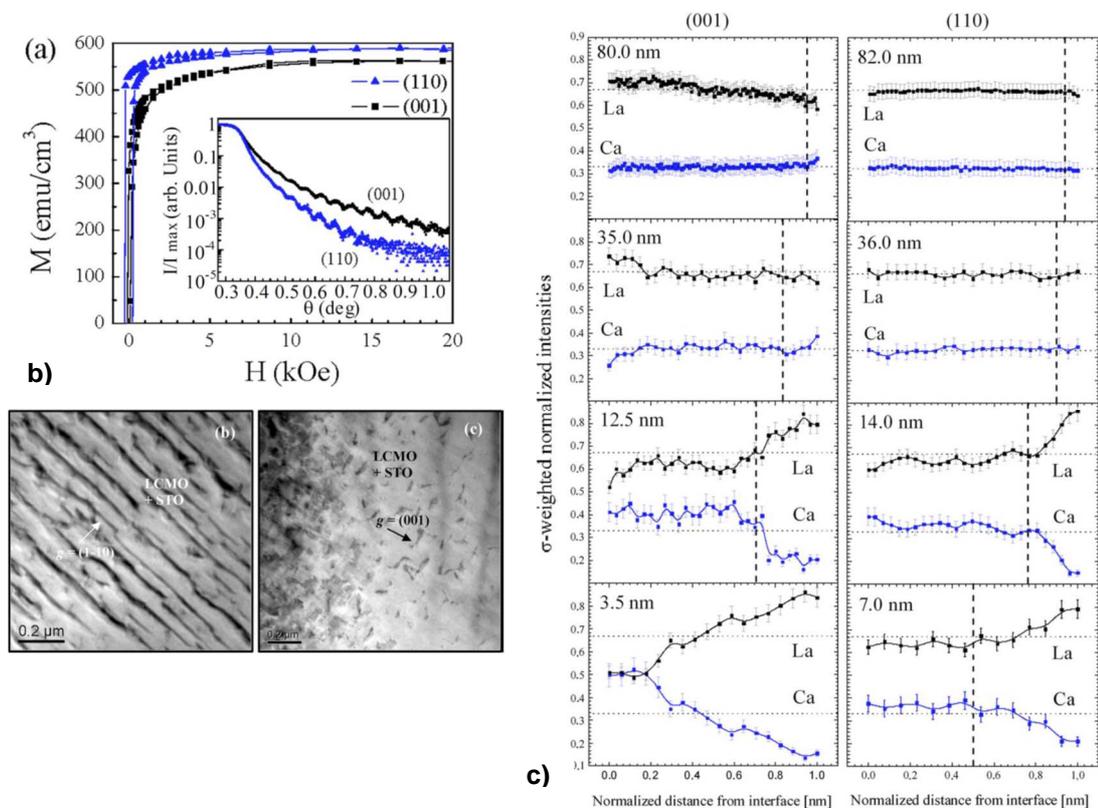
<sup>1</sup> Un equipo FEI STRATA DB235 instalado en 2003 en la Plataforma de Nanociencia y Nanotecnología del Parque Científico de Barcelona y pionero en el estado español, que oficialmente ha sido dado de baja en 2016.

revelaron un mecanismo de segregación catiónica para la acomodación de la desaptación del parámetro de red entre capa y sustrato ( $\sim +1.2\%$  tensil), dependiente de la orientación; mientras en capas (001) se observó esta segregación de La, en capas (110) químicamente homogéneas, la relajación de la deformación se producía mediante la generación de dislocaciones, detectadas mediante microscopía electrónica en condición de dos haces y confirmando el estado de relajación de las tensiones mediante medidas de XRD. Fue otro ejemplo muy claro de anisotropía estructural, en el que el análisis por microscopía convencional de dos haces resultó ser la clave para la interpretación de los parámetros de red medidos por XRD y la evolución del volumen de la celda unidad en función del espesor de la capa y la orientación del sustrato.

Fue un trabajo pionero en establecer la segregación catiónica como posible modo de relajación de las tensiones de adaptación entre óxidos de distinto parámetro de red sometidos a deformación tensil o compresiva. Junto con el artículo en que se presenta la caracterización por XRD y se discuten los efectos elásticos biaxiales anisotrópicos (*Physical Review B76*, 224415 (2007)), estos trabajos suman un total de **94 citas**.

Corresponde también comentar aquí que es el contenido de **mi primera conferencia invitada en el Congreso Bianual de la Sociedad Española de Microscopía** que tuvo lugar en Bilbao en Julio de 2007.

Esta investigación que culminó con la **tesis doctoral de Sònia Estradé (2009)** tuvo continuidad en otros trabajos con el análisis de capas de menor espesor (*Appl. Phys. Lett.* 95, 072507, (2009)). Se determinó que para espesores  $<20$  nm (**Figura 4.27c**), la migración de La hacia la superficie libre se producía independientemente de la orientación del sustrato y sin la presencia de relajación plástica de las tensiones.

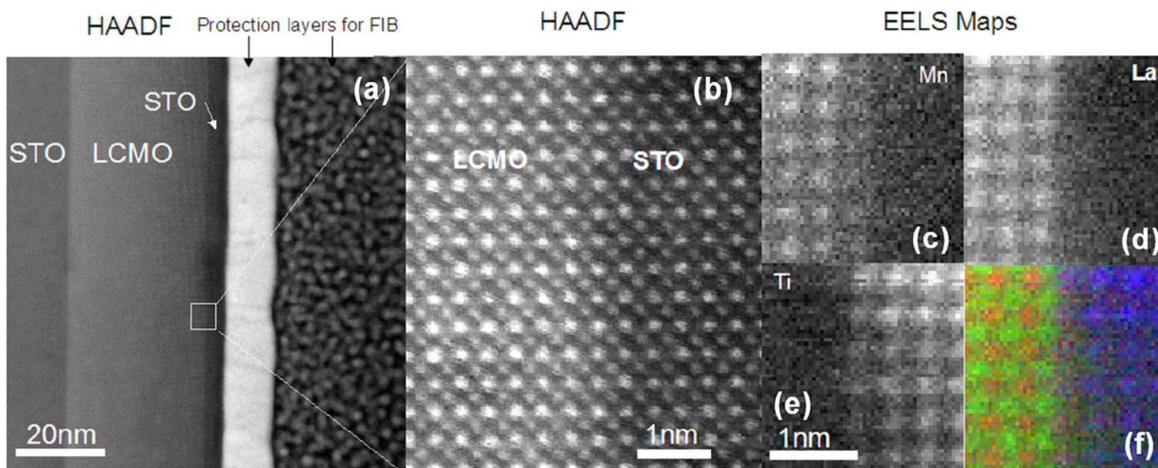


**Figura 4.27.** a) Medida de la magnetización en función del campo aplicado en las capas de 80 nm. b) anisotropía de los defectos en las capas crecidas en la orientación [110]. c) cuantificación elemental normalizada para las capas crecidas sobre sustratos (100) y (110) y distintos espesores.

Estos resultados fueron la base para discutir el balance entre la energía elástica de deformación y otros factores de la cinética del crecimiento como desencadenantes de los mecanismos de segregación catiónica.

Finalmente, aunque la publicación de los resultados fue algo posterior [*J. Appl. Phys.* **110**, 103903 (2011)], también corresponde a esta etapa el trabajo sobre el estudio de los sistemas bicapa, utilizando  $\text{SrTiO}_3$  como recubrimiento sobre las mismas capas de  $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$  también comparando las dos orientaciones del sustrato (001) and (110). Los análisis detallados de EELS demostraron una reducción del Mn en la interficie capping/electrodo, sólo en el caso de la dirección de crecimiento [001] pero no en la [110], en buena correlación con las mejores propiedades magnéticas de los sistemas crecidos sobre sustratos con orientación [110].

Durante el desarrollo de este proyecto, la **microscopía electrónica de transmisión iba renaciendo** como herramienta fundamental para la caracterización de materiales nanoestructurados, gracias a los nuevos valores de resolución espacial a nivel atómico alcanzados con la **implementación de los correctores de aberración esférica diseñados y fabricados por H. Rose y M. Haider en 1997**. Fue en esta línea de trabajo dónde obtuvimos las primeras imágenes espectrales con resolución atómica (**Figura 4.28**) gracias a la colaboración con el Dr. M. Walls del Laboratorio de Física de los Sólidos (LPS, Université Paris Sud, Orsay) dirigido entonces por el profesor C. Colliex, donde Sònia Estradé realizó una estancia pre-doctoral <sup>1</sup>.



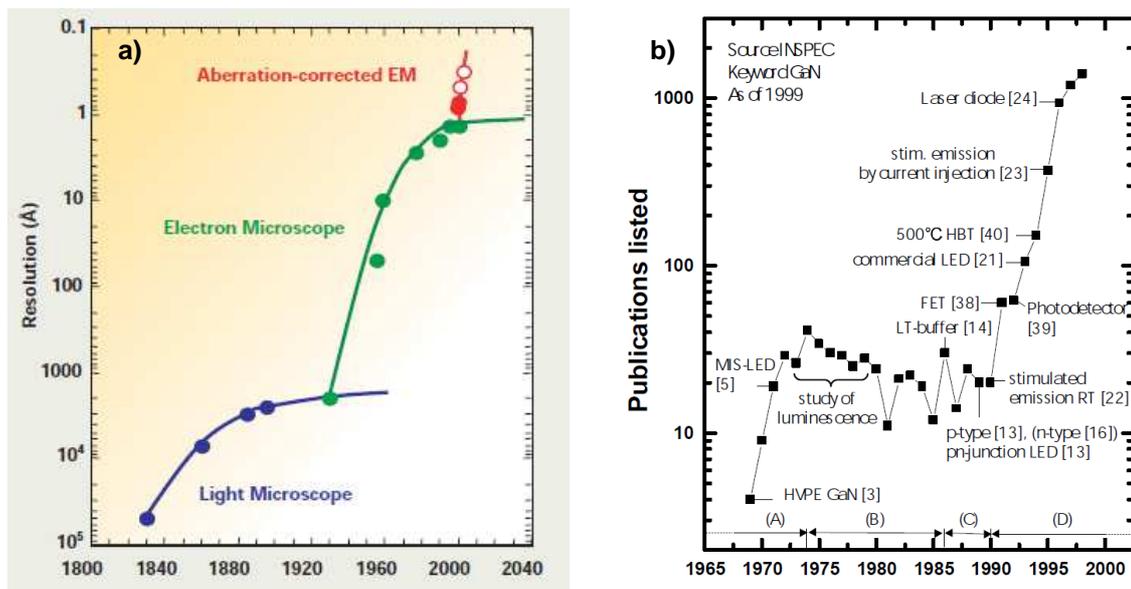
**Figura 4.28.** a) Imagen en HAADF de la estructura bicapa  $\text{SrTiO}_3$  sustrato,  $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$  /  $\text{SrTiO}_3$   
 b) Imagen HAADF con resolución atómica de la intercara  $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$  /  $\text{SrTiO}_3$  capping. c-d) mapas espectroscópicos elementales de Mn, La y Ti, y combinación en falso color en f) mostrando un mapa químico con resolución atómica.

<sup>1</sup> La asistencia al Congreso Internacional de Microscopía en Sapporo en 2016, y las conversaciones con C. Colliex frente a un enorme atún troceado como *sashimi* en la cena de gala, fueron la plataforma de lanzamiento de dicha estancia.

#### 4.2.4 2006 - 2009: el resurgimiento de los III-V y del TEM

##### a) La microscopía de nanohilos

Al mismo tiempo que la Microscopía Electrónica recuperaba la hegemonía como herramienta de caracterización estructural y química con resolución atómica (Figura 4.29a) las investigaciones de **S. Nakamura** [17] (1990, Nichia Chemical Industries), **I. Akasaki** [18] y **H. Amano** para el desarrollo de la tecnología de LED's basados en GaN, habían relanzado también el interés en las nanoestructuras de semiconductores III-V <sup>1</sup> (Figura 4.29b).



**Figura 4.29.** a) Evolución de los límites de resolución espacial de la Microscopía Electrónica de Transmisión gracias a la introducción de los correctores de aberraciones. b) Evolución del número de publicaciones sobre GaN, con incrementos significativos después del control del dopaje (región C) y de las técnicas de crecimiento por MOCVD (D).

Fue entonces el momento de participar en el proyecto europeo **NanoSci-ERA NAWACS (NanoWire Arrays for Multifunctional Chemical Sensors)**, destinado a la obtención de heteroestructuras de nanohilos de GaN para la emisión y captación de luz, en combinación con nanohilos de óxidos semiconductores (ZnO y SnO<sub>2</sub>) con capacidades de sensor de gas, una integración novedosa de dispositivos optoelectrónicos y sensores, que además pareció aunar mis intereses (III-V y microscopía), con los del director del grupo de investigación (sensores de gas).

En el marco de este proyecto, y en estrecha colaboración con la École Polytechnique Fédérale de Lausanne <sup>2</sup> (EPFL) y el Walter Schottky Institut <sup>3</sup> (WSI) de Munich, se desarrolló la **tesis doctoral de Sònia Conesa (2011)**. Con esta tesis, los semiconductores III-V en forma de nanohilos recuperaron su esplendor de antaño y con él el cariño del director del grupo.

<sup>1</sup> El tiempo demostró que no hubiese sido tan descabellado seguir pintando, y mantener las colaboraciones establecidas con otros grupos en el campo de los semiconductores III-V para aplicaciones optoelectrónicas.

<sup>2</sup> <https://www.epfl.ch/>

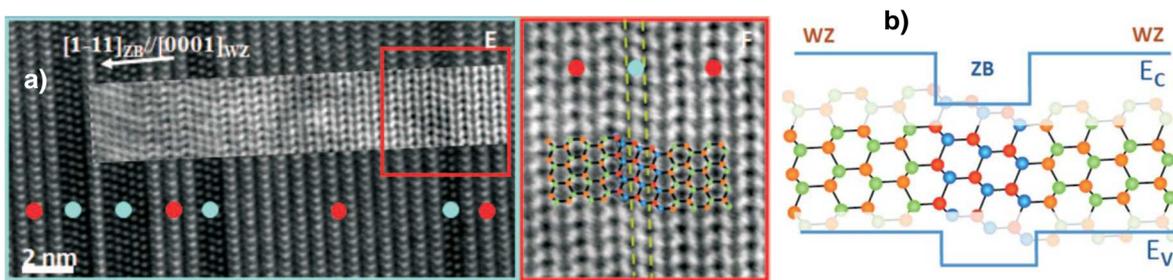
<sup>3</sup> <https://www.wsi.tum.de/>

- Structural and optical properties of high quality zinc-blende/wurtzite GaAs nanowire heterostructures

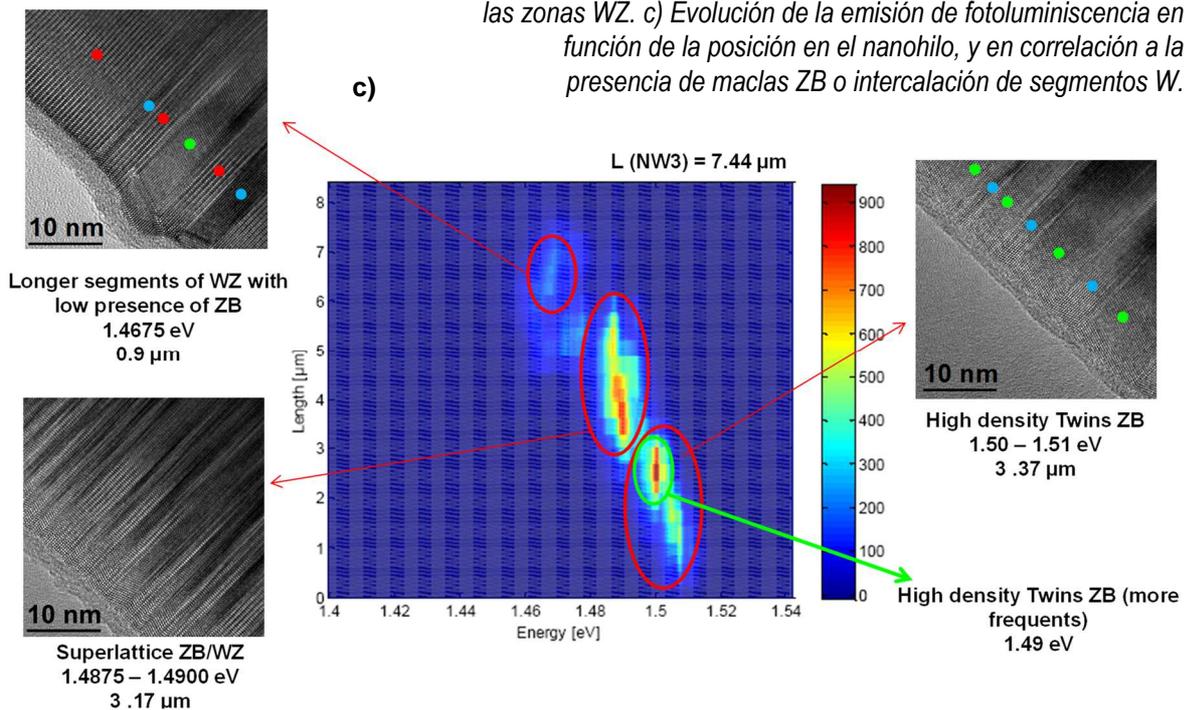
Spirkoska, D.; Arbiol, J.; Gustafsson, A.; Conesa-Boj, S.; Glas, F.; Zardo, I.; Heigoldt, M.; Gass, M.H.; Bleloch, A.L.; Estrade, S.; Kaniber, M.; Rossler, J.; Peiro, F.; Morante, J.R.; Abstreiter, G.; Samuelson, L and Fontcuberta Morral, A.

*Physical Review B* **80**, 245325 pp:1-9 (2009)

Este trabajo (que ha alcanzado una cifra de **262 citas**) describe el análisis de nanohilos de GaAs con fases mixtas de estructura 100% zinc-blenda (cúbica) y con 30% y 70 % de fase wurtzita (hexagonal), mediante microscopía electrónica de transmisión de alta resolución (HREM) (Figura 4.30a,b) con el objetivo de comprender las propiedades de fotoluminiscencia (Figura 4.30c) de estos nanohilos, crecidos bajo diferentes condiciones de presión parcial de As mediante epitaxia de haces moleculares (MBE). Las medidas ópticas revelaron emisiones intensas en el rango entre 1.515 eV y 1.43 eV a medida que la fracción de W crecía. El corrimiento de los picos de emisión hacia energías menores, se interpretó como debido al confinamiento de portadores en los pozos cuánticos formados por las superredes existentes en los nanohilos gracias a la multiplicidad de maclas y coexistencia de fases ZB y W, asumiendo determinados desajustes de las bandas de conducción y valencia ("band offsets") en el alineamiento de la estructura de bandas. La naturaleza local de estas transiciones ópticas se confirmó también mediante catadoluminiscencia. El artículo incluye también medidas de espectroscopía Raman que revelan diferentes condiciones de tensión en función del porcentaje de fases ZB y W en los nanohilos, afectando al alineamiento de las bandas.

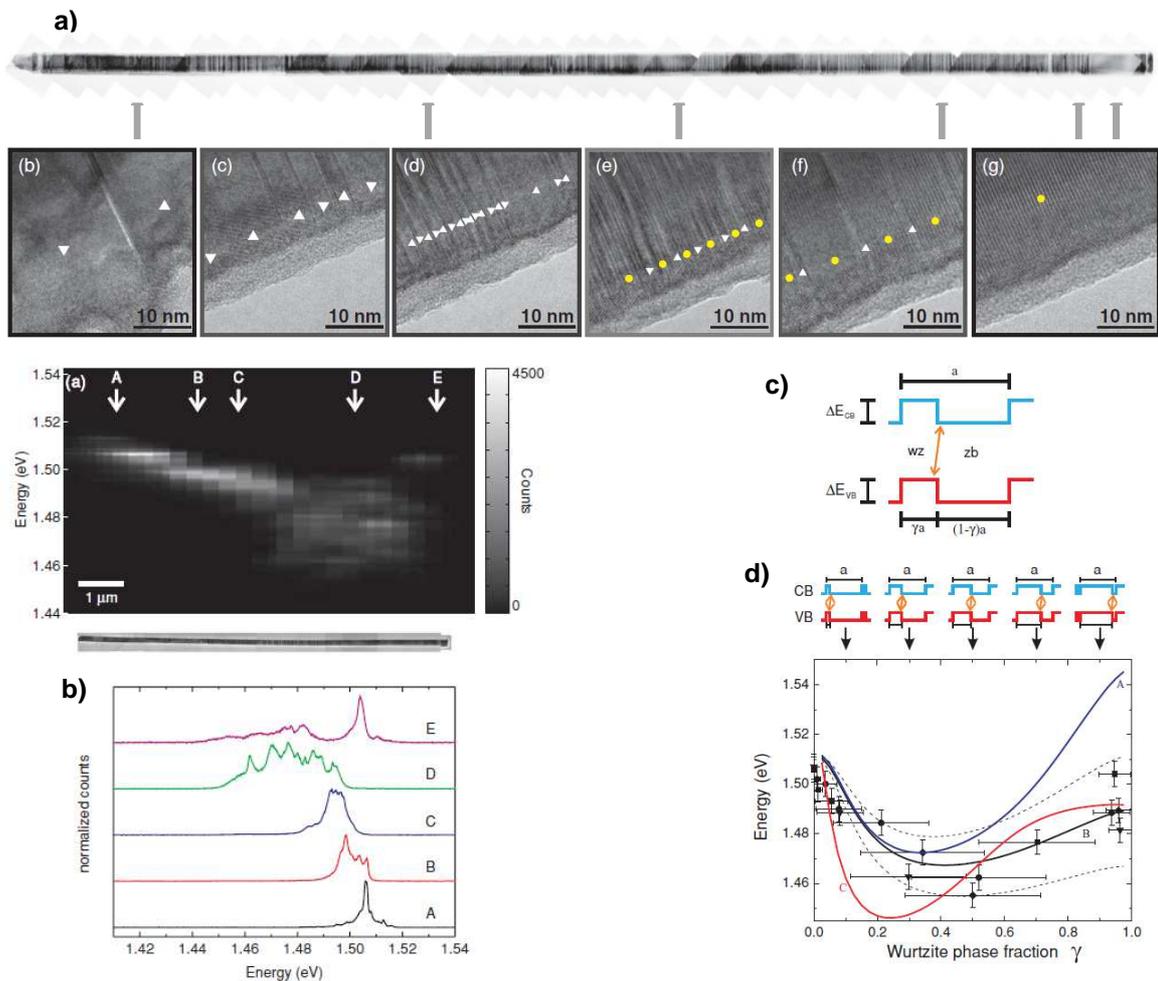


**Figura 4.30.** a) Coexistencia de fase hexagonal (W) y cúbica (ZB) en los nanohilos de GaAs. b) Formación de pozos de potencial en las zonas WZ. c) Evolución de la emisión de fotoluminiscencia en función de la posición en el nanohilo, y en correlación a la presencia de maclas ZB o intercalación de segmentos W.

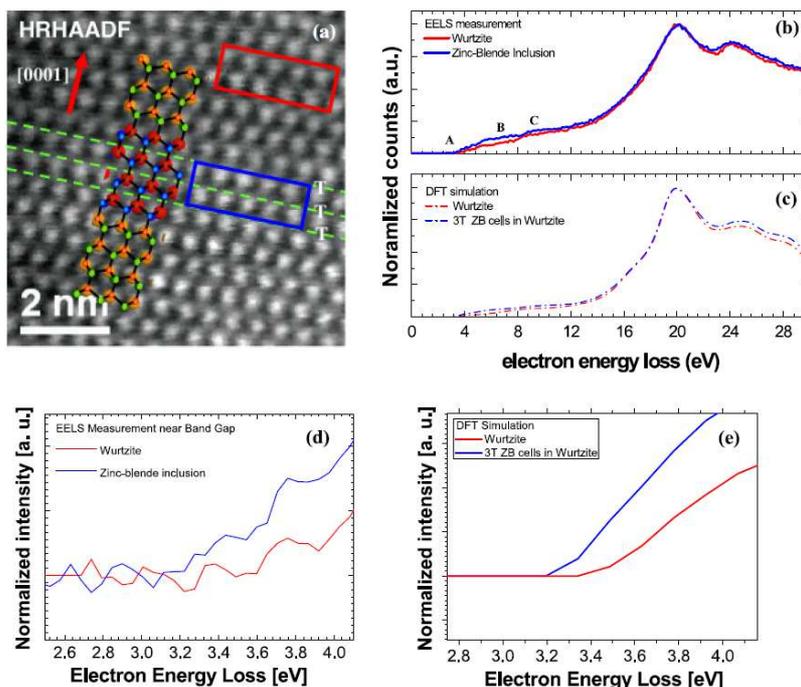


Los nanohilos crecidos a presiones de As del orden de  $3.5 \times 10^{-6}$  mbar presentaban mayoritariamente fase zinc blenda con defectos de macla y pequeños segmentos de wurtzita de menos de 30 nm. Características similares tenían los nanohilos crecidos a una presión de  $8 \times 10^{-7}$  mbar con segmentos de wurtzita de hasta 35 nm. Los nanohilos crecidos a muy baja presión,  $3.5 \times 10^{-7}$  mbar, eran básicamente de wurtzita. Se realizó un estudio detallado de la medida y distancias entre los segmentos ZB y W a lo largo del nanohilo para correlacionar la presencia de defectos con las condiciones de crecimiento.

La relevancia de estos resultados radica, no sólo en la descripción detallada de la coexistencia de fases W y ZB en los nanohilos, sino en cómo la cuantificación precisa de los segmentos cristalinos, permitió comprender el alineamiento de bandas y deducir las posibles transiciones de recombinación radiativa para interpretar así las propiedades de emisión de fotoluminiscencia. Este trabajo tuvo luego continuidad en otros centrados en la espectroscopía Raman [*Physical Review B* **80**, 245324 pp:1-11 (2009)] y en la modelización de la estructura de bandas [*Physical Review B* **83**, 045303 (2011)], ambos con un número muy importante de citas (119 y 105 citas respectivamente). La **Figura 4.31** es un ejemplo del estudio detallado de un nanohilo a lo largo de toda su longitud, con su correspondiente emisión de fotoluminiscencia (**Figura 4.31b**) y la modelización de los distintos alineamientos de banda posibles en función de las dimensiones de los segmentos de wurtzita y de zinc-blenda (**Figura 4.31c y d**).



**Figura 4.31.** a) Análisis estructural de un nanohilo a lo largo de toda su longitud. b) Espectros de emisión de fotoluminiscencia en cada posición. c) y d) Alineamientos y posibles band offsets en función del grosor de los segmentos de fase wurtzita intercalados con la matriz cúbica.



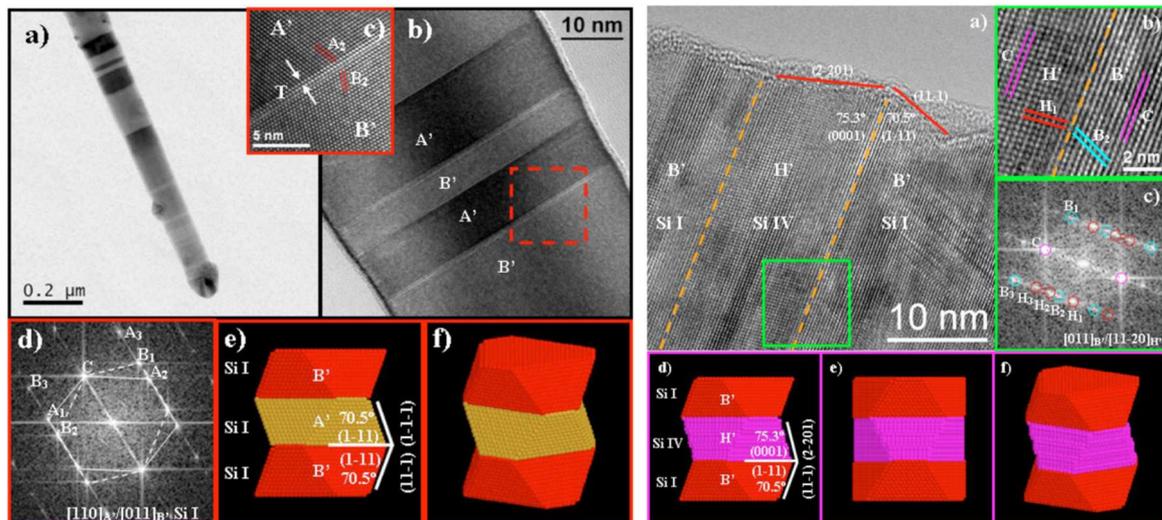
**Figura 4.32.** a) Formación de una fase cúbica en un nanohilo de GaN por acumulación de maclas. b) Espectros EELS obtenidos en la región del defecto y comparativa con simulaciones DFT. d) y e) espectro EELS en la región de bajas pérdidas.

Destacaré un trabajo en especial porque fue la **segunda ocasión en la que utilizamos la microscopía con aberración corregida**, para dilucidar la presencia de fases hexagonales y cúbicas en nanohilos de GaN mediante espectroscopía de pérdida de energía de los electrones en región de bajas pérdidas (low loss), y la medida de la energía de banda prohibida. También fue la **primera experiencia de simulación por primeros principios** según la teoría de densidad funcional (DFT), y de cálculo de la función de pérdidas  $\text{Im}\{-1/\epsilon(\omega)\}$  a partir del cálculo de la función dieléctrica  $\epsilon(\omega)$ . Sería también una de las contribuciones significativas de la tesis doctoral de S. Estradé (2009).

- Triple-twin domains in Mg doped GaN wurtzite nanowires: structural and electronic properties of this zinc-blende-like stacking  
Arbiol, J.; Estradé, S.; Prades J.D., Cirera A.; Furtmayr, F.; Stark, C.; Laufer, A.; Stutzmann, M.; Eickhoff, M.; Gass, M.H.; Bleloch, A.L.; Peiró, F.; Morante, J.R.  
**Nanotechnology** 20, Article Number: 145704 pp1-9 (2009)

En este caso los nanohilos, crecidos por epitaxia de haces moleculares asistida por plasma (PAMBE), estaban dopados con Mg, cambiando la concentración en función de la temperatura de efusión de la celda de Mg. A medida que se incrementaba la concentración de dopante, la frecuencia de formación de tres planos de macla (triple twin) se incrementaba. La **Figura 4.32** ilustra este tipo de defectos. Las medidas de espectroscopía EELS tomadas en la región cercana al defecto y en su mismo núcleo, comparadas con los resultados obtenidos por la simulación por primeros principios, demostraron la presencia de las dos fases cristalinas. Después de un tratamiento adecuado de los datos para eliminar el fondo y de deconvolución con el pico de cero pérdidas, se observaron diferentes bordes de pérdida de energía en correlación con los distintos valores de la banda prohibida de las fases cúbica (3.2 eV) y hexagonal (3.4 eV) del GaN.

En paralelo a toda esta actividad sobre nanohilos de GaAs y GaN, el crecimiento de nanohilos de Si y Ge, obtenidos por depósito químico en fase vapor (CVD) o asistido por plasma (PECVD) también constituyó una parte muy significativa de la investigación. En particular se estudió el uso de Au, Al, Cu, Sn, In y Ga como semillas catalíticas, y la influencia de los parámetros de crecimiento en la estructura, dirección de crecimiento y defectos cristalinos, con distintas publicaciones en la temática [*J. Applied Physics* **104**, pp 1-7 064312 (2008), *Nanotechnology* **20**, 245608 pp1-9 (2009), *J. Crystal Growth and Design* Vol. 10 1534–1543 (2010)]. La [Figura 4.33](#) presenta la formación de defectos en un nanohilo de Si, y la generación de regiones con estructura hexagonal en algunos casos.



**Figura 4.33.** (Izquierda): Defectos de macla manteniendo la estructura cúbica en un nanohilo de Si. (Derecha): la multiplicidad de maclas conduce a la formación de regiones con estructura hexagonal en el nanohilo.

## b) Nuevos modos de observación: la tomografía electrónica.

Además de la microscopía electrónica de alta resolución y los avances en la aplicación de la espectroscopía EELS a la caracterización de nanohilos, la aparición de nuevas problemáticas a medida que las dimensiones de las nanoestructuras se reducían y su morfología se hacía más compleja (estructuras core-shell coaxiales) motivó el interés hacia nuevos modos de operación del microscopio electrónico. Así, la **tomografía electrónica y la reconstrucción 3D** de los nanoobjetos aportó una nueva visión revelando información significativa sobre el facetaje o la homogeneidad de las heteroestructuras coaxiales a lo largo de la longitud de los nanohilos. La tomografía electrónica fue el tema de **tesis de máster de Josep Rebled<sup>1</sup> (2008)**, y después continuaría trabajando en esta modalidad de operación del TEM en un método innovador combinando la precesión electrónica con la adquisición en serie tomográfica en campo claro. Pero eso, ...será ya tema de otro apartado.

Una de las primeras ocasiones en que aplicamos la tomografía electrónica fue en la caracterización de nanohilos con un núcleo de GaAs sobre el que se crecieron multicapas AlGaAs/GaAs por epitaxia de haces moleculares. El trabajo publicado fue el siguiente:

<sup>1</sup> Josep Rebled es hoy técnico especialista en los CCiT, especializándose en la microscopía electrónica aplicada a las Ciencias de la Vida.

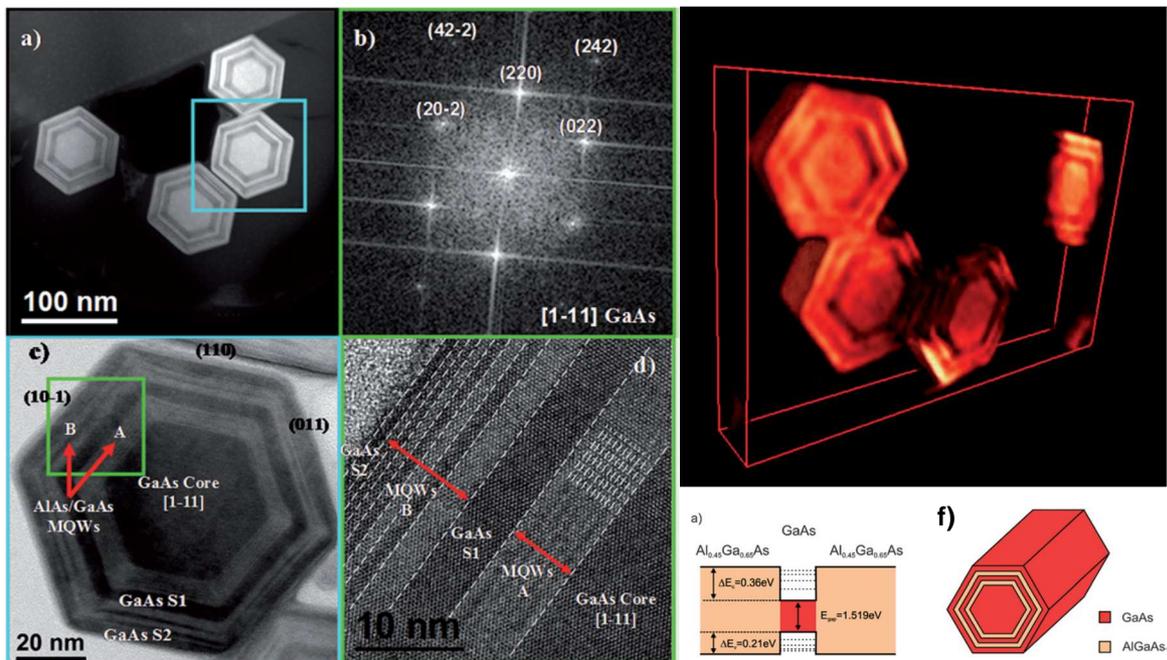
- Long range epitaxial growth of prismatic heterostructures on the facets of catalyst-free GaAs nanowires  
Heigoldt, M.; Arbiol, J.; Spirkoska, D.; Rebled, J.M.; Conesa-Boj, S.; Abstreiter, G.; Peiró, F.; Morante, J.R., Fontcuberta Morral, A.

*Journal of Materials Chemistry* **19**, Issue: 7, Pages: 840-848 (2009)

Se estudiaron nanohilos crecidos con distintas orientaciones, sobre sustratos (100) y (111) B de GaAs. En ambos casos la dirección de crecimiento era una [111] por lo que los nanohilos crecían perpendiculares a la superficie del sustrato (111) y a un ángulo de unos 35° sobre la superficie del sustrato (100). En ambos casos los nanohilos de GaAs que servían de núcleo crecieron con estructura cúbica (zinc-blenda) y en forma de prisma hexagonal de caras {110} (Figura 4.34 a-d). Mediante MBE se crecieron lateralmente pozos de GaAs de diferente espesor, en un rango de espesores de 1.7 a 24 nm, separados por barreras de  $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.55}\text{As}$ . Se prepararon secciones transversales de los nanohilos por preparación mecánica convencional después de protegerlos con una capa de  $\text{SiO}_2$ .

El estudio por microscopía de alta resolución y por tomografía electrónica (Figura 4.34e) permitió correlacionar el espesor de las capas con los flujos utilizados y la temperatura de efusión de las celdas del MBE y en función de la rotación del sustrato, realizando así una precisa calibración del sistema que aseguraba el control del crecimiento de heteroestructuras coaxiales a demanda.

El estudio se completó con las medidas de fotoluminiscencia de los nanohilos en función de la temperatura de crecimiento, y en un rango entre los 1.51 eV correspondiente al GaAs del núcleo y los 1.5–1.8 eV correspondientes a la emisión del GaAs de los pozos. Finalmente se estableció la temperatura óptima de crecimiento en los 465 °C.



**Figura 4.34.** a) Imágenes de HAADF de la sección transversal de los MQW AlAs/GaAs (Derecha) y la correspondiente FFT (b); c) Imagen en campo claro y en alta resolución (d) de los pozos cuánticos de GaAs; e) Reproducción 3D a partir de la tomografía electrónica; f) Esquema de la estructura de bandas.

Llegados a este momento, la Universidad de Barcelona parecía estar en situación óptima para liderar un proyecto ambicioso de constitución de un Centro de Microscopía Avanzado en el que se pudieran instalar equipos de la nueva generación de instrumentos dotados con correctores de aberración esférica. Ya en 2006, casi coincidiendo con el 20 aniversario de la fundación de los Centros Científicos y Tecnológicos la UB había preparado una propuesta denominada *CeMARC, Centro de microscopía de Alta Resolución de Catalunya*, que finalmente no fue considerada como prioritaria para la Comunidad Autónoma en la asignación del mapa de Infraestructuras Singulares por parte del Gobierno de España. Sí lo fue la instalación del Laboratorio de Microscopías Avanzadas del Instituto de Nanociencias de Aragón (LMA-INA). Y allí se instalaron los primeros equipos de microscopía electrónica con aberración corregida en España <sup>1</sup>.

En el plano más cercano, después de la travesía por los sensores y las pilas de combustible, y la vuelta con fuerza al TEM con los nanohilos de semiconductores III-V, parecía que un grupo especializado en TEM (**Figura 4.35**) empezaba a tomar cuerpo, formando parte de él J. Arbiol, S. Estradé, S. Conesa y J. Rebled. La marcha de J. Arbiol al ICMA tras ser aprobada su solicitud de profesor ICREA Senior, abrió una brecha en la microscopía electrónica en Catalunya, que a día de hoy aún no se ha cerrado <sup>2</sup>. Lo que sigue, es un ejercicio de perseverancia por mantener la Microscopía Electrónica en la Universidad de Barcelona en niveles de excelencia a pesar de la crisis y de las muchas dificultades que hemos ido encontrando.



**Figura 4.35.** Junto a Sònia Conesa, Sònia Estradé, (recién doctorada) y Josep Rebled (Diciembre 2009).

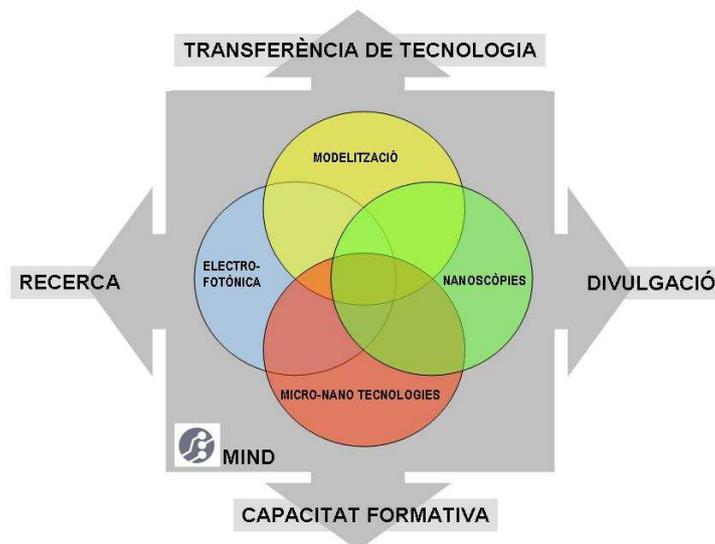
<sup>1</sup> Hoy día el LMA-INA es uno de los centros de referencia en Microscopía Electrónica con aberración corregida, y junto al Centro Nacional de Microscopía Electrónica en Madrid, configuran la Infraestructura Singular ELECMI <http://www.elecmi.es/>

<sup>2</sup> Una verdadera lástima que no supiéramos mantener una colaboración fructífera desde nuestras respectivas instituciones; de haberlo sabido hacer mejor, quizás ahora ya disfrutaríamos de un equipo con correctores, de los que hoy día ya casi son rutina en el resto de España.

#### 4.2.5 2010 - 2016: Consolidación de LENS, Laboratorio de NanoScopía Electrónica

2009 fue un año de cambios en el departamento. De estar constituido por dos únicos grupos de investigación consolidados, el de Energía y Materiales Electrónicos (EME) y el de Sistemas para Instrumentación y control (SIC) se pasó a tener seis grupos. Además, el desarrollo de los Institutos de Bioingeniería (IBEC) y de Investigación en energía (IREC) supuso alguna reestructuración de la dedicación del profesorado y de su adscripción a los nuevos grupos de investigación reconocidos por la Generalitat de Catalunya:

- **SIC-BIO:** Bioelectrónica y Nanobioingeniería
- **SIC:** Sistemas de instrumentación y Comunicaciones
- **ISP:** Procesado de Señal inteligente para Sistemas sensores en Bioingeniería
- **GRAF:** Grupo de Radiofrecuencia
- **M-2E:** Materiales Electrónicos y Energía
- **MIND:** Micro-nanotecnologías y nanoscopías para dispositivos electrónicos y fotónicos



**Figura 4.36.** (Arriba) Esquema de las líneas de trabajo y dimensiones de actividad del grupo MIND. (Abajo) Foto de grupo sin el director del grupo, Albert Cornet. (2010)

Yo permanecí ligada al grupo **MIND**, dirigido por Albert Cornet, para estar al frente de la línea de trabajo en Nanoscopia, junto al resto de compañeros que desarrollaron las líneas de Micronanotecnologías (Dr. Albert Romano), Electrofotónica (Prof. Blas Garrido) y Modelización (Dr. Albert Cirera) (**Figura 4.36**).

El contexto era el más adecuado para tomar la iniciativa y liderar proyectos de investigación plenamente focalizados en la microscopía electrónica de transmisión, no ya como herramienta de caracterización (sin olvidar la Ciencia de Materiales y Dispositivos) sino como objetivo en sí misma. Así, participé en la elaboración de la propuesta del proyecto **Consolider Imagine CDS2009-00013, Ciencia de Materiales a resolución sub-Angstrom**, liderando uno de los 7 grupos del consorcio<sup>1</sup>. Este proyecto inició su andadura en 2010 y, nunca mejor aplicado, da sentido a la fecha de inicio y al nombre de este apartado, dado que los recursos atraídos gracias a este proyecto permitieron el desarrollo y consolidación del grupo **LENS** (Laboratory of Electron Nanoscopies, [www.lens.el.ub.edu](http://www.lens.el.ub.edu)), especialmente porque facilitó la contratación de nuevo personal investigador y empezar un verdadero trabajo en equipo.



**Figura 4.37.** Los inicios de **LENS** (2010), con Sònia Estradé, Alberto Eljarrat, Sònia Conesa, Lluís Yedra, Alicia Ruíz, Lluís López-Conesa y Josep Rebled.

En paralelo lideré también dos proyectos nacionales (**MAT2010 y MAT2013**) que han tenido continuidad en un tercer proyecto **MAT2016** en la última convocatoria del Programa Estatal de Fomento de la Investigación Científica y Técnica de Excelencia, Subprograma Estatal de Generación del Conocimiento, en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016. Más desde el punto de vista de la aplicación de la microscopía a la ciencia de materiales, lideré **dos proyectos** financiados por la Agencia de Gestión de Ayudas Universitarias y de Investigación (AGAUR) de la Generalitat de Catalunya, en la modalidad de Proyectos de Investigación y desarrollo tecnológico (**ITT-CTP**) del Programa de Cooperación en el

<sup>1</sup> El proyecto estuvo coordinado por J.M. González Calbet de la Facultad de Química de la Universidad Complutense de Madrid, y participaron además, el Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Universidad de Cádiz (Prof. Jose Calvino), la Universidad del País Vasco (UPV-EUH), (Prof. Maria Luisa Nó), el Instituto de Materiales de Madrid (IMM – CSIC), (Prof. Mar García) y dos grupos de la Facultad de Física de la Universidad Complutense de Madrid, Física-I, (Prof. Jacobo Santamaría) y Física-II, (Prof. Javier Piqueras)

marco de la Comunidad de los Pirineos que cubrieron los períodos 2009-2011 y 2012-2013. En el marco de estos proyectos, el **acceso a equipos de microscopía electrónica con aberración corregida quedó garantizado**, gracias a la participación del INA y del CEMES<sup>1</sup>. En cuanto a los materiales de interés, continuaron siendo los **óxidos complejos con aplicaciones en espintrónica** y cómo no **los materiales III-V**, retomados gracias a la colaboración con el Instituto de Sistemas Optoelectrónicos de Madrid (ISOM), pero se unieron a la lista **las nanopartículas con aplicaciones biomédicas** en colaboración con el grupo del Prof. Nogués del Instituto Catalan de Nanociencia y Nanotecnología, y por otro lado **los nanocristales de Si** gracias a la colaboración con el Prof. Blas Garrido, en el marco del **proyecto europeo NASCENT**.

En los últimos cinco años, **el trabajo del grupo LENS** ha fructificado en varios artículos publicados en revistas muy especializadas en el campo de la microscopía electrónica y otros tantos en revistas de alto impacto de ciencia de materiales y nanotecnología, ha realizado y licenciado **una patente**, se han defendido **cuatro tesis doctorales** (una de ellas con un premio nacional) y hay siete más en desarrollo (de las cuales soy codirectora de cinco), y varios de los componentes del grupo hemos impartido un **número muy considerable de conferencias invitadas** en congresos internacionales de prestigio. Resumiremos en lo que sigue alguno de los logros más significativos, separados en dos grandes bloques, el primero haciendo referencia a la Ciencia de Materiales, y el segundo a los desarrollos instrumentales.

---

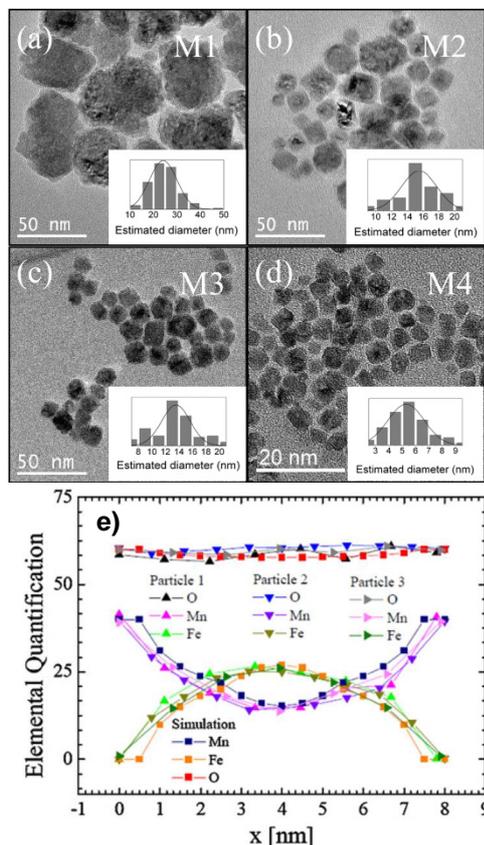
<sup>1</sup> Centre d'Elaboration de Matériaux et d'Etudes Structurales (CEMES), Toulouse, participante además del proyecto ESTEEM (European Network of Excellence for Electron Microscopy).

### a) La vida secreta de las nanopartículas

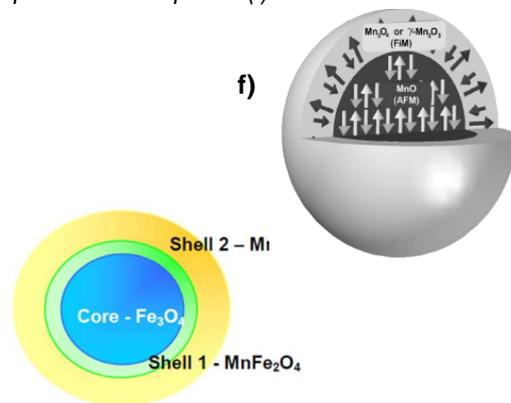
Así como en la etapa anterior los nanohilos fueron las estructuras de baja dimensionalidad que ocuparon mayoritariamente nuestra tarea de investigación, en este último sexenio el análisis de nanopartículas ha ido ocupando una posición cada vez más relevante. Una de las primeras publicaciones en las que se combinaba la caracterización estructural, química y magnética de nanopartículas complejas es la siguiente:

- Size-Dependent Passivation Shell and Magnetic Properties in Antiferromagnetic /Ferrimagnetic Core/Shell MnO Nanoparticles  
Lopez-Ortega; D.Tobia; E. Winkler; I.V. Golosovsky; G. Salazar-Alvarez; S. Estrade; M. Estrader; J. Sort; M.A. Gonzalez; S. Surinach; J. Arbiol; F. Peiro; R.D. Zysler; M.D. Baro; J.Nogues  
*Journal of the American Chemical Society* **132**, 9398-9407 (2010)

Se contemplaba la caracterización estructural y magnética de nanopartículas bimagnéticas de estructura core-shell fabricadas mediante síntesis química, consistentes en un núcleo antiferromagnético de MnO y una capa de pasivación ferrimagnética. Se determinó que la fase de la capa de pasivación ( $\gamma$ -Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> or Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) dependía del tamaño de las nanopartículas (**Figura 4.38a-d**). Mientras que las más pequeñas tenían una capa predominantemente formada por  $\gamma$ -Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, las más gruesas contenían mayores porcentajes de Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Paralelamente se observó una mejora en la temperatura de Néel y en la anisotropía magnética a medida que disminuía el tamaño del núcleo. La reducción del tamaño conllevó otros efectos como la persistencia del momento magnético del MnO hasta temperaturas relativamente altas, y un comportamiento inusual con la temperatura de los dominios magnéticos. El trabajo incluía además una detallada caracterización de las estructuras mediante difracción de neutrones, SQUID y electron spin resonance (ESR). Los sistemas presentan acoplamiento de intercambio entre el núcleo y la capa, manifestado por un evidente “exchange bias” y una alta coercividad.

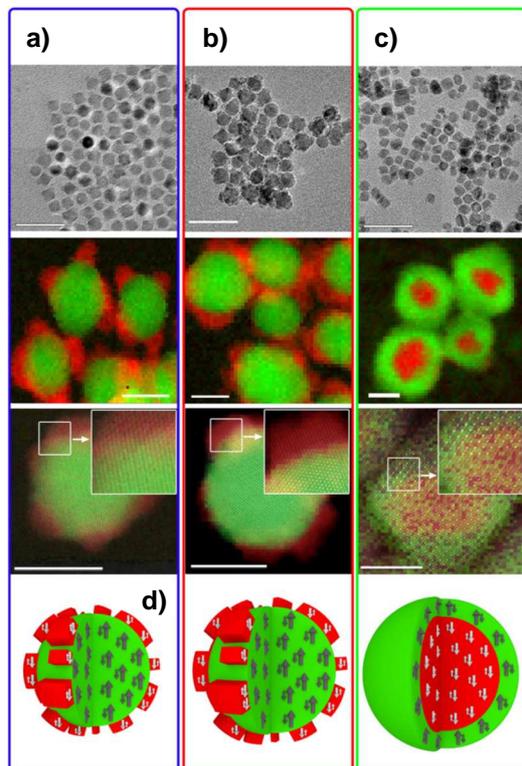


**Figura 4.38.** (a-d) visión general de las nanopartículas y de su distribución de tamaño. e) Cuantificación elemental a lo largo de una nanopartícula de FeO<sub>x</sub>/MnO<sub>x</sub>, en correlación con la simulación de la cuantificación elemental en el caso de formarse una espinela mixta entre el núcleo y la corteza como presenta el esquema (f).



Lo más significativo de nuestra contribución fue la extensión de la caracterización de los estados de oxidación del Mn a estructuras 3D (Figura 4.38e). Se utilizó el software “MANGANITAS” desarrollado durante la tesis de S. Estradé para recalibrar el eje de energía de los espectros de pérdida de energía de los electrones, eliminar el fondo mediante ajuste de una función potencial, aplicar una función escalón para describir la transición al continuo, ajustar los picos Mn L<sub>3</sub> y Mn L<sub>2</sub> mediante funciones gaussianas e integrar el área bajo los picos para calcular los estados de oxidación del Mn en la nanopartícula a partir de las posiciones y de la ratio de intensidades. Se completó además con simulaciones en función de una posible variación de los diámetros del núcleo y del espesor de la capa para ajustar mejor los espectros experimentales. El impacto internacional de esta investigación fue relevante, no tanto por el número de citas (61), sino por el número de conferencias invitadas a que ha dado lugar. Fue muy relevante la **utilización de la espectroscopía EELS en estructuras 3D** para revelar la configuración núcleo capa no detectable por microscopía de alta resolución, debido a la adaptación cristalina entre el núcleo y la capa, ni por microscopía STEM-HAADF (barrido-transmisión con detector anular de campo oscuro de ángulo alto sensible a número atómico (contraste Z), ya que ambas capas contienen los mismos elementos. Este trabajo constituyó además el inicio de la ampliación del software MANGANITAS inicialmente programado en Matlab, a un software denominado Oxide Wizard, programado como Script de Digital Micrograph, un software diseñado ya en el camino de la tesis de **LLuís Yedra (2013)** y ampliamente empleado por la comunidad científica de microscopía electrónica de transmisión.

Otros artículos se centraron más específicamente en la actividad de TEM [*Micron* **22**, pp 30-36 / 1-7 (2012)] o incluso alguno más reciente en revistas de alto impacto [*ACS Nano* **7**, 921-931(2013)], pero destaco estos primeros resultados porque fueron **la semilla para abordar la combinación de técnicas de espectroscopía EELS y Tomografía Electrónica para la reconstrucción de la información química en 3D**.<sup>1</sup>



En otra de las publicaciones relevantes en esta temática (*Nature Communications* **4**, 2960 (2013)) se demostró el acoplamiento magnético entre el núcleo y la corteza de las nanopartículas. La relevancia de la microscopía electrónica en modo STEM-HAADF (Figura 4.39) con aberración corregida, alcanzando resoluciones de columna atómica, quedó claramente de manifiesto.

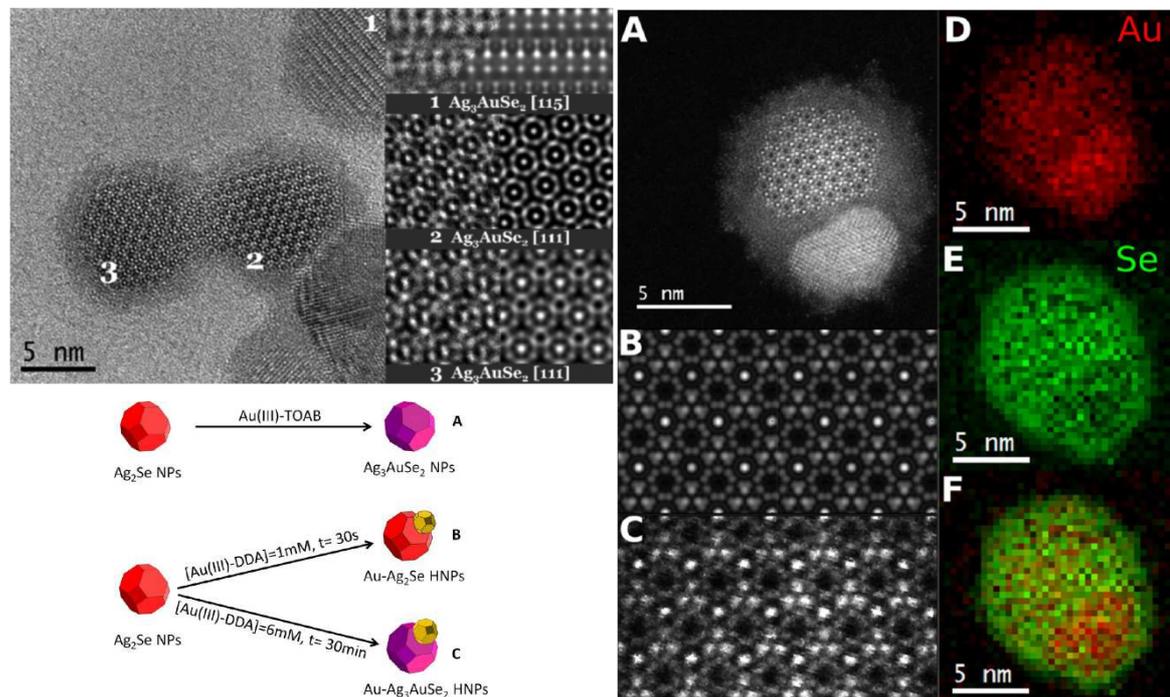
**Figura 4.39.** a) Imágenes de diferentes nanopartículas (la barra de escala es de 50 nm). b) Respectivos mapas de EELS (escala 10 nm) donde el verde corresponde a la señal Fe L y el rojo a la Mn L. c) Imágenes STEM-HAADF superpuestas a los mapas de EELS. d) Representación esquemática de la morfología y comportamiento magnético de las nanopartículas.

<sup>1</sup> Un importante hito en este sentido corresponde a la publicación *Ultramicroscopy* **122**, 12-18 (2012), pero los detalles se dejan para abordarlos como introducción al proyecto de investigación.

En la actualidad seguimos implicados en la caracterización de estas estructuras con morfologías más complejas y de mayor rango de aplicación, en hipertermia, como posibles memorias magnéticas, etc. Podríamos concluir esta sección, con algún comentario sobre el último artículo relacionado con nanopartículas de aplicación como materiales termoeléctricos.

- Synthesis and Thermoelectric Properties of Noble Metal Ternary Chalcogenide Systems of Ag-Au-Se in the forms of Alloyed Nanoparticles and Colloidal Nanoheterostructures  
Dalmases, M.; Ibáñez, M.; Torruella, P.; Fernández-Altable, V.; López-Conesa, L.; Cadavid, D.; Piveteau, L.; Nachtegaal, M.; Llorca, J.; Ruiz-González, M.L.; Estradé, S.; Peiró, F.; Kovalenko, M.V.; Cabot, A.; Figuerola, A.  
**Chemistry of Materials**, **28** (19), pp. 7017-7028 (2016).

Este estudio reciente presenta el control de la síntesis por química húmeda de nanopartículas para la obtención de híbridos de Au-Ag<sub>2</sub>Se, puros o de estructuras mixtas Au-Ag<sub>3</sub>AuSe<sub>2</sub> según las condiciones. De nuevo la microscopía de alta resolución resulta fundamental para identificar las diferentes estructuras y composición de las nanopartículas, y establecer un control preciso sobre las condiciones de síntesis (Figura 4.40). Se midieron también las propiedades eléctricas de los nanocomposites ternarios Ag-Au-Se para su uso potencial en termoelectricidad, y se observó un incremento significativo de la figura de mérito de las fases Au - Ag<sub>3</sub>AuSe<sub>2</sub> en comparación a las nanopartículas simples de Ag<sub>2</sub>Se.

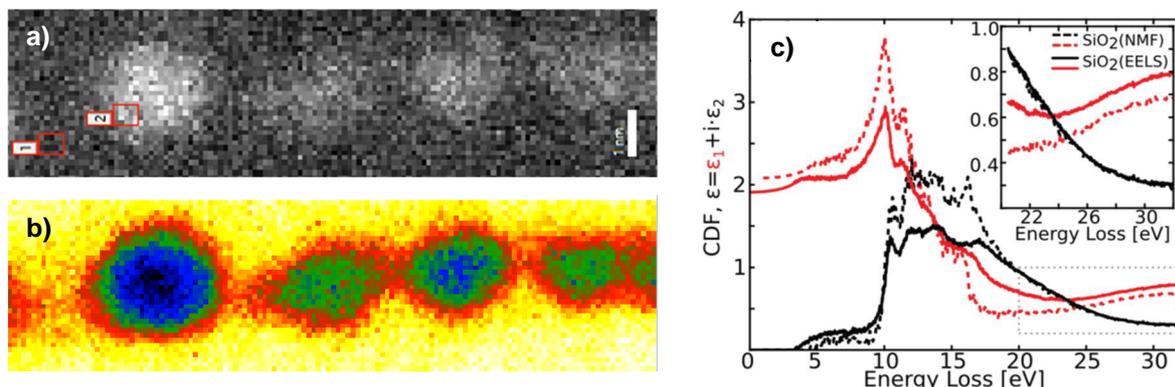


**Figura 4.40.** (Izquierda) imágenes HAADF de nanopartículas de AgAuSe en distintos ejes de zona y correspondientes simulaciones. (Derecha): a) Dímero híbrido de Au-Ag<sub>3</sub>AuSe<sub>2</sub> b) Simulación de la estructura fisherita en eje de zona [111] y comparativa con la imagen experimental c). d-e) Respectivos mapas de la señal de Au y de Se combinados en f). El esquema de la izquierda ilustra las diferentes vías de síntesis de las nanopartículas híbridas.

La participación en el proyecto NASCENT, nos abocó de lleno a la **caracterización de nanocristales de Si**, con aplicaciones en estructuras de célula solar tipo tándem basadas en multicapas de óxidos, nitruros y carburos de silicio enriquecidos en Si entre barreras dieléctricas para una posterior síntesis de los nanocristales de Si ( $\text{Si}_{\text{nc}}$ ) mediante tratamientos térmicos. En esta temática, la aplicación de la espectroscopía EELS y en particular del **modo EFTEM** (imágenes filtradas en energía) fue esencial para obtener imágenes filtradas por los valores de energía correspondientes al plasmón del Si cristalino (17 eV) y distinguir los nanocristales de la matriz dieléctrica.

- Retrieving the optoelectronic properties of silicon nanocrystals embedded in a dielectric matrix by low-loss EELS  
Eljarrat, A.; López-Conesa, L.; López-Vidrier, J.; Hernández, S.; Garrido, B.; Magen, C.; Peiró, F.; Estrade S.  
*Nanoscale*, 2014, 6, 11911 (2014)

Si bien en principio el modo EFTEM parecía suficiente para localizar los nanocristales, pronto pasamos a plantear un estudio mucho más ambicioso en el que el tratamiento estadístico avanzado de los datos de espectroscopía EELS fue nuestro objetivo. Se programaron las rutinas necesarias para el tratamiento de datos masivos de imágenes hiperespectrales de EELS en la región de bajas pérdidas, se implementaron modelos de plasmón amortiguado para recuperar información cuantitativa como son los perfiles de composición (real y simuladas) y mapas espectrales de ciertas propiedades como la relación de espesor/recorrido libre medio y tiempo de vida medio del plasmón<sup>1</sup>. Completando el procedimiento con análisis multivariable para la identificación de componentes principales (PCA) y componentes independientes (ICA) e incorporando nuevos procedimientos de análisis como Bayesian Linear Unmixing (BLU), para la determinación de componentes independientes, del conjunto de las señales espectrales, fue posible resolver los nanocristales de Si en el seno de las matrices dieléctricas (Figura 4.41a-b). Finalmente, se programaron los necesarios formulismos de Kramers-Kronig para la determinación de la función dieléctrica compleja a partir de las medidas de low loss (Figura 4.41c). Las rutinas desarrolladas en este trabajo, una parte esencial de la tesis de **A. Eljarrat (2015)**, se incorporaron al software Hyperspy<sup>2</sup>, comúnmente utilizado por la comunidad de EELS.



**Figura 4.41.** Nanocristales de Si en matriz de  $\text{Si}_3\text{N}_4$  para células solares tándem. a) Imagen HAADF (High Angle Annular Dark Field). b) Mapa de la posición de la energía de los plasmones en el rango correspondiente a 17eV (azul, Si cristalino) y 24eV (amarillo,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ). c) función dieléctrica de los nanocristales calculada a partir de la función de pérdidas determinada en los experimentos EELS.

<sup>1</sup> Esta metodología se aplicó con éxito a estructuras multicapa de materiales III-V como AlGaIn/GaN para configurar reflectores de Bragg [*Microscopy and Microanalysis*, 19, 698-705 (2013), *J. Appl. Phys.* 113, 183106/1-11 (2013)].

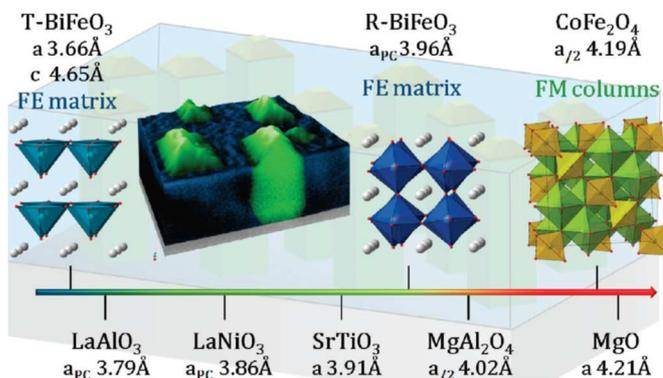
<sup>2</sup> Hyperspy (<http://hyperspy.org/>), del Dr. Francisco de la Peña

## b) Sin olvidar los materiales en capa delgada

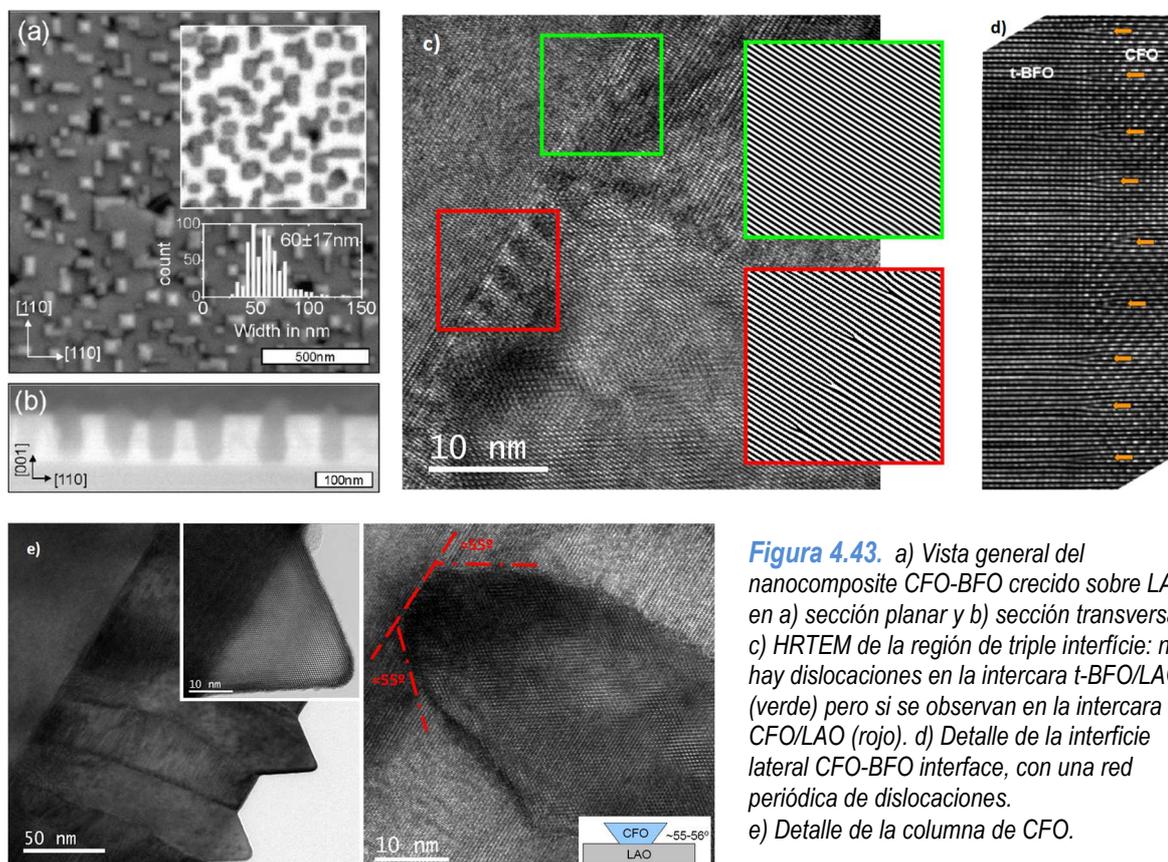
Uno de los trabajos estrella en colaboración con el ICMA B y en el marco de los proyectos CTP, fue el estudio de nanocomposites de materiales biferroicos.

- Selectable Spontaneous Polarization Direction and Magnetic Anisotropy in BiFeO<sub>3</sub>-CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Epitaxial Nanostructures  
Dix N.; Muralidharan R.; Rebled J.M.; Estrade S.; Peiro F.; Varela M.; Fontcuberta J.; Sanchez F.  
**ACS NANO 4**, Pages: 4955-4961 (2010)

Este trabajo es un claro ejemplo de ingeniería de tensiones (**Figura 4.42**), en el sentido de que la tensión inducida por las desadaptaciones del sustrato es un método eficiente para manipular las propiedades ferromagnéticas y ferroeléctricas de los materiales BiFeO<sub>3</sub>-CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> estructurados en nanocomposites columnares.



**Figura 4.42.** Esquema de las estructuras cristalinas de los materiales utilizados

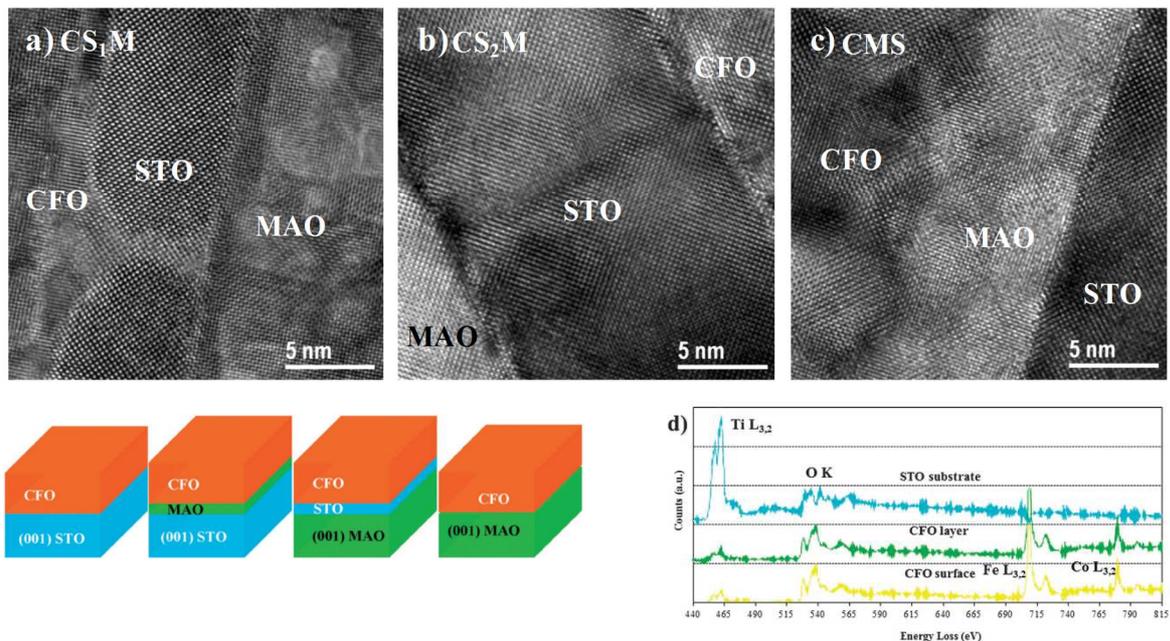


**Figura 4.43.** a) Vista general del nanocomposite CFO-BFO crecido sobre LAO en a) sección planar y b) sección transversal. c) HRTEM de la región de triple interfaz: no hay dislocaciones en la intercara t-BFO/LAO (verde) pero si se observan en la intercara CFO/LAO (rojo). d) Detalle de la interfaz lateral CFO-BFO interface, con una red periódica de dislocaciones. e) Detalle de la columna de CFO.

Por un lado, la anisotropía magnética de  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  es totalmente sintonizable de paralela a perpendicular controlando la tensión de la capa  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  con combinaciones adecuadas de sustrato. Por otra parte, la selección del sustrato utilizado permite el crecimiento de la fase granular romboédrica de  $\text{BiFeO}_3$  o metaestable casi tetragonal, lo que implica una rotación del eje polar ferroeléctrico de  $[111]$  a cerca de la dirección  $[001]$ . Sorprendentemente, la epitaxia se preserva y las interfaces son semicoherentes incluso cuando el desajuste de la red está por encima del 10%. La amplia gama de desajustes en función del sustrato, sugería nuevas oportunidades para ensamblar nanoestructuras epitaxiales que combinasen materiales muy diferentes con distintas funcionalidades. Contribuimos a este trabajo mediante la caracterización HREM de los compuestos de CFO embebidos en una matriz BFO tetragonal altamente distorsionada sobre un sustrato (001) LAO usando depósito por láser pulsado. Se realizó una caracterización detallada de la microestructura, con especial énfasis en la interfase formada por las dos fases de CFO y BFO y entre ellas y el sustrato. La [Figura 4.43a](#) muestra la configuración general del nanocompuesto CFO-BFO. Las columnas CFO comienzan como pirámides invertidas con facetas laterales en planos  $\{111\}$  y con terminación piramidal ([Figura 4.43e](#)). Mientras que el BFO tetragonal está completamente adaptado al sustrato, encontramos una interfaz de CFO-LAO rica en dislocaciones, como se revela en el IFFT correspondiente ([Figura 4.43c](#)). A pesar de que existe un fuerte desajuste de  $f \sim 10\%$  entre el CFO y el t-BFO, se observó una buena calidad de interfaz con las dislocaciones a distancias periódicas cada 11 celdas unitarias de t-BFO ([Figura 4.43d](#)).

- Ti diffusion in (001)  $\text{SrTiO}_3$ - $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  epitaxial heterostructures: blocking role of a  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  buffer  
Rebled, J.M.; Foerster, M.; Estradé, S.; Rigato, F.; Kanamadi, C.; Sánchez, F.; Peiró, F.; Fontcuberta, J.  
*Physical Chemistry Chemical Physics* **15**, 18274-18280 (2013)

Especial mención podemos dar a este trabajo por la gran cantidad de horas invertidas en la preparación cuidadosa de muestras en lámina delgada para TEM<sup>1</sup>, aunque no sólo en eso radique su interés.



**Figura 4.44.** (a-c) Diferentes estructuras de materiales  $\text{SrTiO}_3$ - $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ - $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  crecidas para estudiar la posible difusión de Ti desde la capa de  $\text{SrTiO}_3$  a través de la barrera de STO y las de MAO y en función del espesor, según se muestra en el esquema (S1 hace referencia a 7 nm y S2 a 16 nm de STO). d) espectros puntuales en la capa de CFO crecida sobre STO con evidencia de difusión de Ti.

<sup>1</sup> Incansable, J. Rebled las repitió cuantas veces fue necesario para evitar confundir fenómenos de difusión con posibles artefactos de preparación de muestras.

Se presentaron los efectos estructurales, químicos y la caracterización magnética de películas CFO orientadas en la dirección (001) crecidas sobre sustratos de STO. Se detectó una clara migración de los iones Ti del sustrato hacia la superficie libre de la película de CFO, incluso hasta unos 40 nm de distancia (Figura 4.44d). Para elucidar las razones microestructurales de la interdifusión de Ti, se llevó a cabo un estudio comparativo con películas de CFO crecidas sobre MAO (STO) con capas tampón intermedias de STO (MAO) respectivamente (Figura 4.44a-c). Se demostró que mientras que a través de las barreras de STO siempre ocurre la migración de Ti, una fina capa MAO de sólo 8 nm de grosor es eficaz para bloquear esta difusión. Se argumentó la mayor eficiencia del MAO para evitar la difusión en base a la movilidad de los iones Ti en la red cristalina de uno y otro material.

Varios más fueron los trabajos en este campo de las estructuras biferroicas como por ejemplo los dedicados a la caracterización del transporte en barreras túnel [Appl. Phys. Lett. 97, 242508 (2010)], J. Appl. Phys. 111, 013904 (2012)], o los interesantes trabajos sobre electrodos de  $\text{LaNiO}_3$ , a caballo entre la tesis de Josep Rebled <sup>1</sup> y Lluís López (2015) recientemente publicados [Physical Review B 94, 014118 (2016)]<sup>2</sup>.

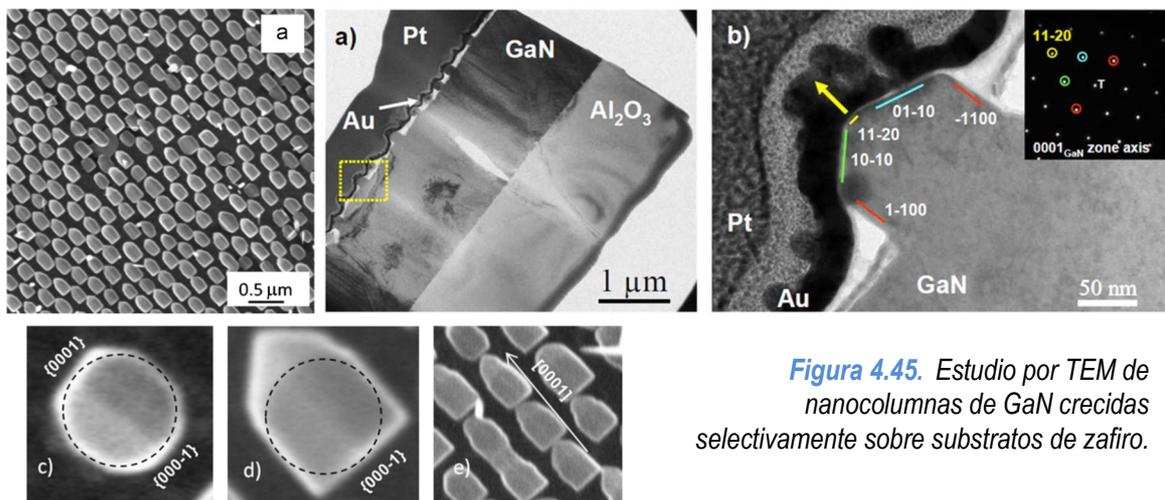


Figura 4.45. Estudio por TEM de nanocolumnas de GaN crecidas selectivamente sobre sustratos de zafiro.

Finalmente, no podemos dejar de lado tampoco los **semiconductores III-V** que han ido y venido de dimensionalidad a lo largo de mi investigación: reduciendo el tamaño desde mi tesis, hasta los puntos cuánticos, para volver a crecer en forma de nanohilos, **nanocolumnas** <sup>3</sup> (Figura 4.45) y **vuelta a las capas bidimensionales**, como componentes de las heteroestructuras que conforman los espejos altamente reflectantes o de Bragg utilizados en dispositivos de láser de estado sólido.

Iniciamos la investigación en estas últimas estructuras basadas en nitruros de Ga para aplicaciones optoelectrónicas, a raíz de la colaboración con el Instituto de Sistemas Optoelectrónicos (ISOM) de la Universidad Politécnica de Madrid, y fue el marco de la **Tesis de Master de Davood Hosseini (2010)**. Poco a poco se fue profundizando en el análisis hasta aplicar un buen conjunto de técnicas de microscopía, desde la microscopía convencional y de alta resolución, a cálculos teóricos de la función dieléctrica a partir de las medidas de EELS.

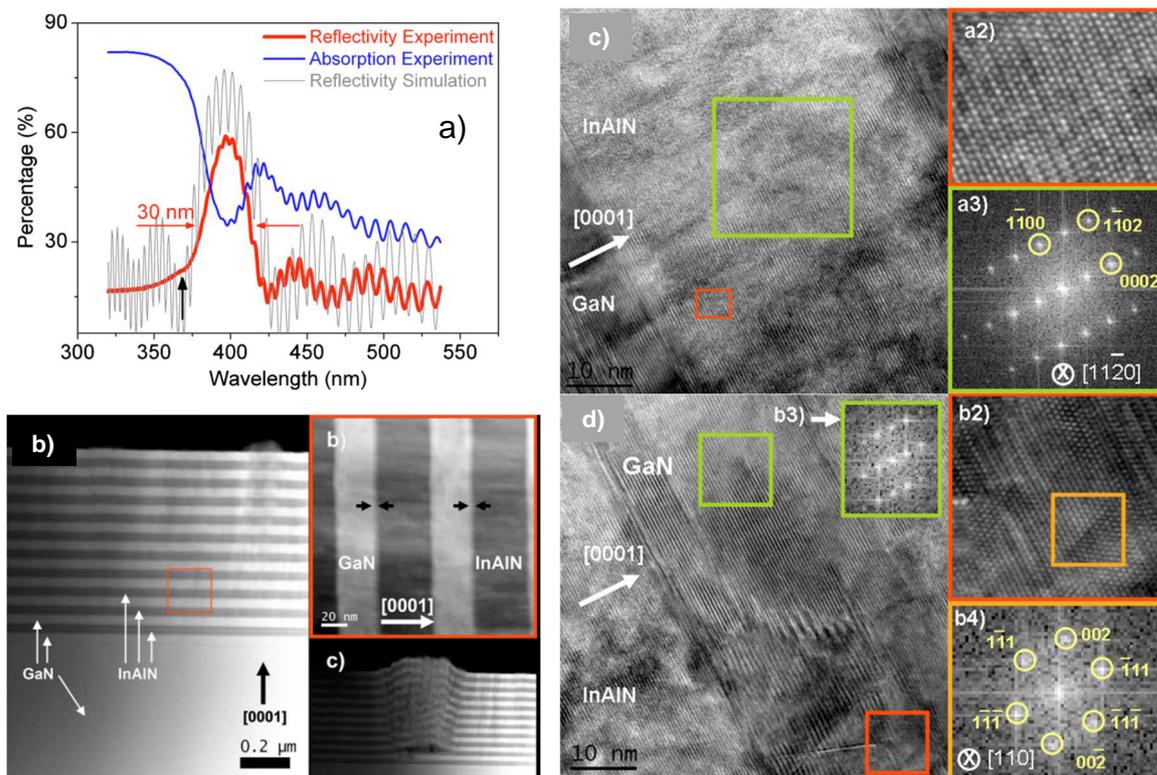
<sup>1</sup> Una tarea aún pendiente ésta de presentar la tesis, pero que espero poder concluir a base de insistencia.

<sup>2</sup> Y con dos trabajos más en prensa, dedicados a la caracterización y simulación de defectos de tipo Ruddlesden Popper y de detección de una fase minoritaria de  $\text{LaNiO}_{2.5}$

<sup>3</sup> Algunos de los artículos publicados son *J. Cryst. Growth* 353,1-4 (2012), *Int. J. of High Speed Electronics and Systems* 21, 1250010 (2012) o el más reciente y el de mayor índice de impacto, *ACS Applied Materials & Interfaces* 6, 2235-2240 (2014).

- Optoelectronic properties of InAlN/GaN distributed bragg reflector heterostructure examined by valence electron energy loss spectroscopy  
Eljarrat, A.; Gačević, Ž.; Fernández-Garrido, S.; Calleja, E.; Magén, C.; Estradé, S.; Peiró, F. *Microscopy and Microanalysis* **18**, 1143–1154, (2012)

El interés de la investigación era establecer los motivos de los bajos valores de reflectividad de las estructuras multicapa (Figura 4.46a). En un principio estas estructuras DBR se analizaron con microscopía convencional de dos haces para caracterizar los posibles defectos cristalinos pero la difracción de electrones pronto reveló la presencia de fases mixtas cúbica y hexagonal en las capas de GaN (Figura 4.46d). Además, el estudio en HAADF reveló la existencia de capas de composición distinta a la nominal en la interficie entre el GaN y el InAlN (Figura 4.46b), de buena calidad y de estructura sólo hexagonal (Figura 4.46c).

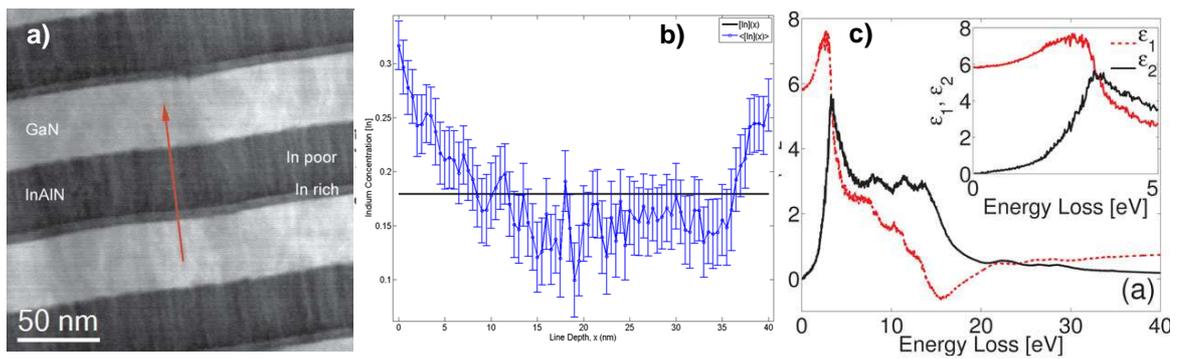


**Figura 4.46.** a) Medidas de reflectividad del DBR con un máximo valor del 60% respecto del valor esperado. b) Visión general de la estructura en HAADF, con presencia de las capas con mayor contenido en In (mayor intensidad en la imagen) bajo la capa de InAlN y algún defecto macroscópico. c) HREM de las capas de InAlN con estructura hexagonal y d) GaN con mezcla de estructura hexagonal y cúbica.

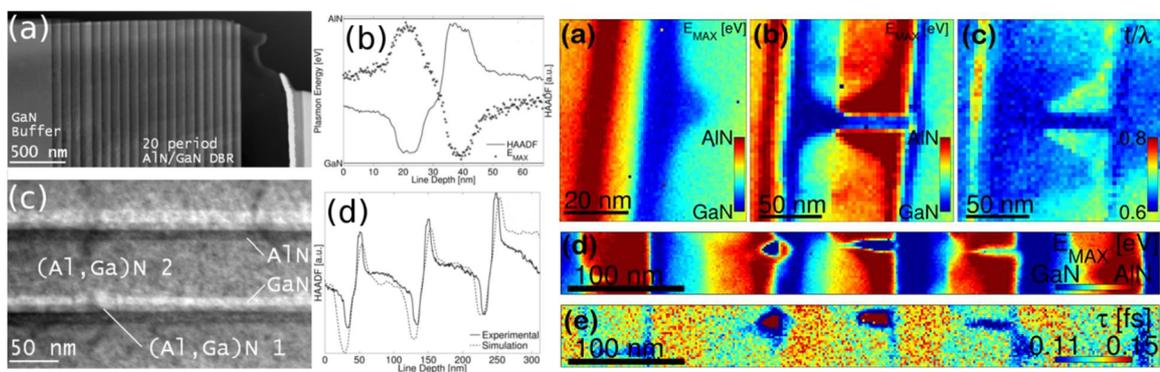
Un riguroso estudio por espectroscopía EELS, en la región de bajas pérdidas, con un tratamiento exhaustivo de los espectros experimentales, con una deconvolución usando el pico de cero pérdidas y eliminación del fondo, seguido de la localización y modelización del plasmón principal, permitió la cuantificación del perfil de concentración de In a lo largo de la capa (Figura 4.47b) y la medida experimental de la banda prohibida. La aplicación de transformaciones de Kramers Kronnig permitió también la determinación de la función dieléctrica local (Figura 4.47c), y descubrir evidencias de la presencia de las fases cúbica y hexagonal en los diagramas Cole-Cole de la función dieléctrica compleja. Estos trabajos, en el contexto de la tesis doctoral de Alberto Eljarrat (2015)<sup>1</sup> valieron un premio a la mejor comunicación presentada por un estudiante<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> A. Eljarrat está ahora en una estancia post-doctoral en el Instituto de Física de la Humboldt University of Berlin

<sup>2</sup> Los detalles del premio se describen en el apartado 4.7



**Figura 4.47.** a) Imagen HAADF de las bicapas (InAlN/GaN). b) Perfil de concentración de In determinado a lo largo de la línea señalada en a). c) representación gráfica de la parte real e imaginaria de la función dieléctrica compleja calculada mediante las transformaciones Kramers-Kronig a partir de las medidas experimentales de EELS.



**Figura 4.48.** (Izquierda) Ejemplo similar al anterior pero basado en bicapas AlGaIn/GaN. a) Imagen HAADF del DBR. b) Perfil de la posición del plasmón e intensidad de la imagen HAADF. c) Descomposición de las bicapas originales. d) Simulación de la intensidad de HAADF a partir de las concentraciones de In experimentales. (Derecha) Mapas espectrales de la posición del máximo del plasmón y  $t/\lambda$  calculados a partir de las medidas experimentales de EELS.

Se continuó con el análisis de estructuras semejantes basadas en AlGaIn/GaN (**Figura 4.48**), y la aplicación de metodologías de cálculo y tratamiento de los datos de espectroscopía, permitió calcular mapas espectrales de las principales propiedades: concentración de In, energía del plasmón, tiempo, de vida medio y recorrido libre medio normalizado al espesor de la capa <sup>1</sup>. Además, se aplicaron técnicas de reconstrucción tomográfica para recuperar la estructura DBR en tres dimensiones. Finalmente, el interés en la validación de los valores experimentales durante esta investigación, motivó un trabajo intenso en simulación por DFT, que continuaría con la **tesis de master de Xavier Sastre (2014)** y que retomaría Catalina Coll como parte de su tesis doctoral.

Con estos trabajos el grupo LENS, con miembros especializados en distintas líneas pero con un excelente trabajo en equipo, alcanzó una completa capacidad de análisis de materiales, de cualquier dimensionalidad y tanto desde el punto de vista experimental, como desde una perspectiva muy rigurosa de tratamiento de datos y cuantificación de composición, estados electrónicos, tensiones, reconstrucción tridimensional y simulaciones, para resolver problemáticas complejas en Ciencia de Materiales.

<sup>1</sup> Las publicaciones *Microscopy and Microanalysis*, **19**, 698-705 (2013) y *J. Appl. Phys.* **113**, 183106/1-11 (2013) hacen referencia a estos trabajos.

### c) El TEM como objetivo desarrollo instrumental

Siendo miembros de un consorcio Nacional que reunía a algunos de los microscopistas españoles con más experiencia (**Consolider Ingenio 2010 IMAGINE**), cuyo principal objetivo era aunar al máximo sus capacidades para desarrollar la microscopía electrónica con aberración esférica y cromática corregida (AC) en el contexto español, y al mismo tiempo que las **nuevas infraestructuras dotadas con estos equipos de nueva generación instalados en España, empezaban a abrirse a la comunidad científica**, mi primer proyecto como IP en microscopía debía **ser un proyecto de carácter claramente complementario con los objetivos de IMAGINE**, y partiendo del contexto actual de aquel momento, en que la mayoría de **equipos de microscopía** en la Universidad de Barcelona y en España, eran aún de una generación tecnológica anterior a la microscopía AC. El proyecto se organizó para **explotar al máximo las capacidades instrumentales de estos equipos**, algunas aún por explorar, siempre desde el punto de vista de su **aplicabilidad a la resolución de problemas concretos en Ciencia de Materiales**. La idea era que la experiencia que se adquiriera al desarrollar las actividades del proyecto, redundaría también en un **mayor y más rápido rendimiento de los equipos con aberración corregida** que pudieran instalarse en un futuro, en los que estas técnicas serían igualmente aplicables, y de los que se obtendrían los mejores resultados en resolución espacial y en energía.

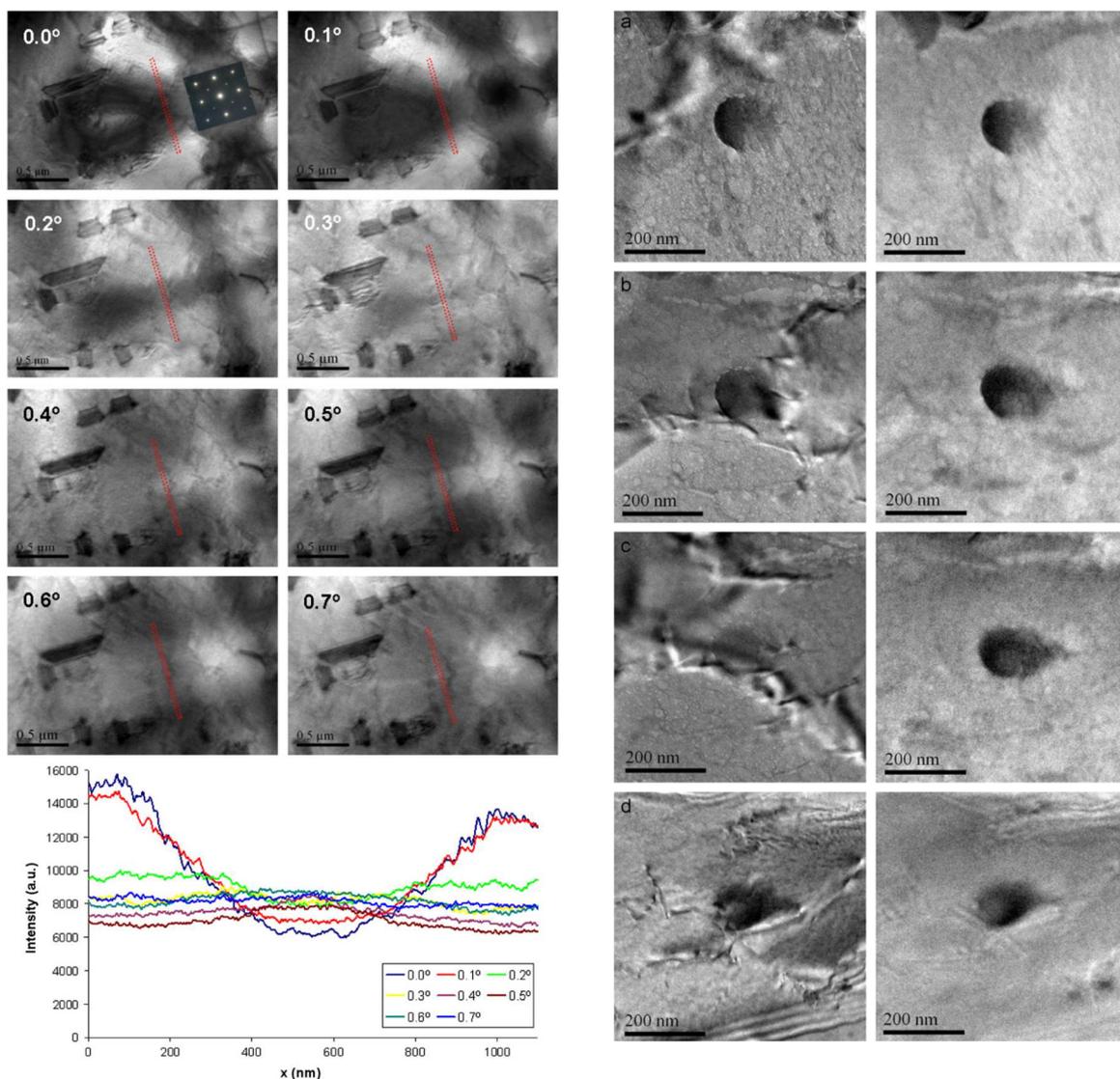
Los objetivos generales del proyecto **SOLEMN (Soluciones en Microscopía Electrónica aplicada a Materiales Nanoestructurados)** fueron: **i) desarrollar procedimientos cuantitativos** para explotar los resultados de la espectroscopía de pérdida de energía de los electrones (EELS), atendiendo a aspectos fundamentales de la Física del Estado sólido, e incluyendo aspectos relativos a la simulación y modelización de los espectros EEL; **ii) combinar las técnicas espectroscópicas EEL con modos alternativos de trabajo como la Precesión Electrónica y la Tomografía Electrónica** para poder acceder a la configuración química y estructural de los materiales desde una nueva perspectiva, **iii) implementar microscopía in-situ para la realización de medidas eléctricas** en nanoestructuras, **iv) aplicar estos nuevos procedimientos para la solución de problemáticas específicas** como ejemplo, la determinación de estados de oxidación de los metales de transición en estructuras de diferente dimensionalidad, la distribución de la composición química de nanoestructuras complejas de tipo núcleo-corteza ("core-shell") o co-axiales, caracterización de efectos de reconstrucción electrónica en las intercaras de materiales tipo manganitas y multiferroicos, etc. Los aspectos relativos a materiales ya han sido desgranados en el apartado anterior. Nos centramos aquí en lo que hace referencia a la investigación desde el punto de vista instrumental, destacando el **éxito conseguido en el planteamiento de tres innovaciones experimentales basadas en la combinación de técnicas**:

- **Tomografía - Precesión:** A new approach for 3D reconstruction from bright field TEM imaging: Beam Precession Assisted Electron Tomography  
J.M. Rebled, L.I. Yedra, S. Estradé, J. Portillo, F. Peiró  
*Ultramicroscopy* **111**, 1504–1511 (2011)

Una de las primeras muestras de que la actividad de LENS abordaba aspectos innovadores, fue la realización por **primera vez de una tomografía en campo claro aplicando la precesión electrónica del haz durante la adquisición de la imagen**. El interés: reducir los efectos de la difracción coherente. Precesionar el haz describiendo una trayectoria cónica con ayuda de bobinas electrónicas adicionales, antes y después de la lente objetivo, promedia el vector error de excitación y conduce a unas condiciones de difracción quasi-cinemáticas. Con ello, los puntos de difracción exhiben una intensidad proporcional al factor de estructura del material, y permiten la aplicación de técnicas de cristalografía electrónica para resolver estructuras cristalinas y

determinar la localización y naturaleza de las posiciones atómicas en la celda. Nuestra innovación al respecto fue observar que dicha precesión también afectaba al contraste de difracción, una de las principales limitaciones de la tomografía electrónica de materiales cristalinos, porque viola el requisito de proyección dado que no es una variable que se modifique monótonamente con una propiedad del material que se corresponda así con una variación de intensidad.

En la parte izquierda de la **Figura 4.49** se ilustra esta variación del contraste de difracción en la visualización de los contornos de curvatura en una lámina delgada de InGaAs al variar el ángulo de precesión. Aplicar la precesión durante el giro de la muestra en una adquisición tomográfica, debería igualmente reducir artefactos de difracción coherente como así se demostró en el ejemplo de la **figura 4.49** (derecha) en el entorno de un precipitado de Sn en una matriz de Al, en función del ángulo de giro de la serie tomográfica adquirida en campo claro con precesión del haz. La disminución del contraste de difracción, permitió realizar la reconstrucción tomográfica, que de otro modo no hubiera sido posible por las variaciones repentinas de la intensidad según las condiciones de Bragg durante el giro.



**Figura 4.49.** (Izquierda) Variación del contraste de los contornos de curvatura en una lámina delgada de InGaAs con el ángulo de precesión. (Derecha) Comparativa del contraste de difracción sin precesión y con precesión en el entorno de un precipitado de Sn en matriz de Al.

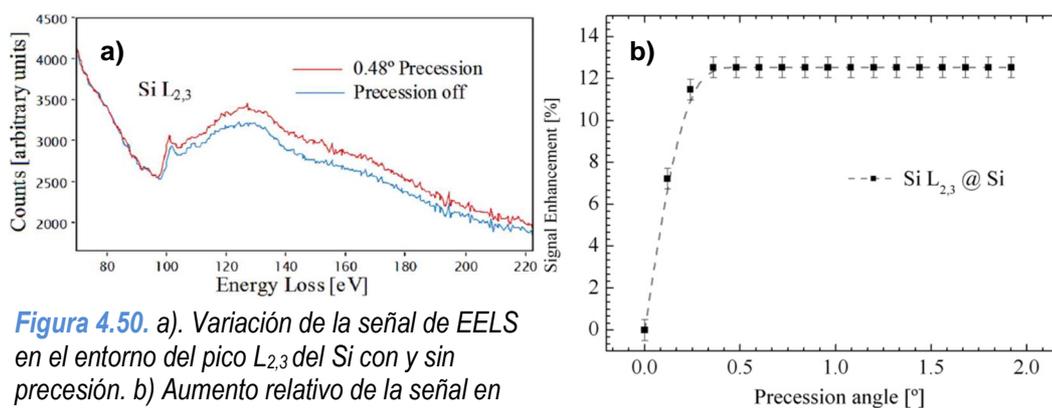
- **Precesión y espectroscopía:** EELS signal enhancement by means of beam precession in the TEM

Estradé, S.; Portillo, J.; Yedra, L.I.; Rebled, J.M.; Peiro, F.  
*Ultramicroscopy* **116**, 135-137 (2012)

La precesión electrónica aplicada durante la adquisición de la señal espectroscópica de pérdida de energía de los electrones dió también resultados innovadores. La posibilidad de que la precesión del haz redujera los efectos de “channeling” y con ello, que la interacción inelástica fuera más intensa, quedó demostrada al analizar la variación de la intensidad de la señal en función del ángulo de precesión en varios materiales de interés. En concreto se comprobó en las líneas  $L_{2,3}$  de Si cristalino en eje de zona [110] (Figura 4.50a) y en la señal de los picos O K y Ti  $L_{2,3}$  de un cristal de  $\text{SrTiO}_3$  (STO) en eje de zona [001]. El incremento de la señal respecto de la adquisición sin precesión era del 12%, 35% y 15% respectivamente, para un valor de precesión de unos  $0.5^\circ$  (Figura 4.50b). Este fue el tema de la tesis de master de Pau Torruella (2013).

Posteriormente, experimentos similares realizados sobre grafeno monocapa o sobre láminas superpuestas de grafeno, confirmó que la reducción del “channeling” era el origen del incremento de la señal y abrió además las puertas a realizar adquisiciones a mayor ángulo de colección sin reducción de la relación señal fondo <sup>1</sup>.

Este nuevo modo de operación novedoso, dio lugar a una **patente**, de autoría compartida con la empresa Nanomegas, que se detallará adecuadamente en el capítulo 5.



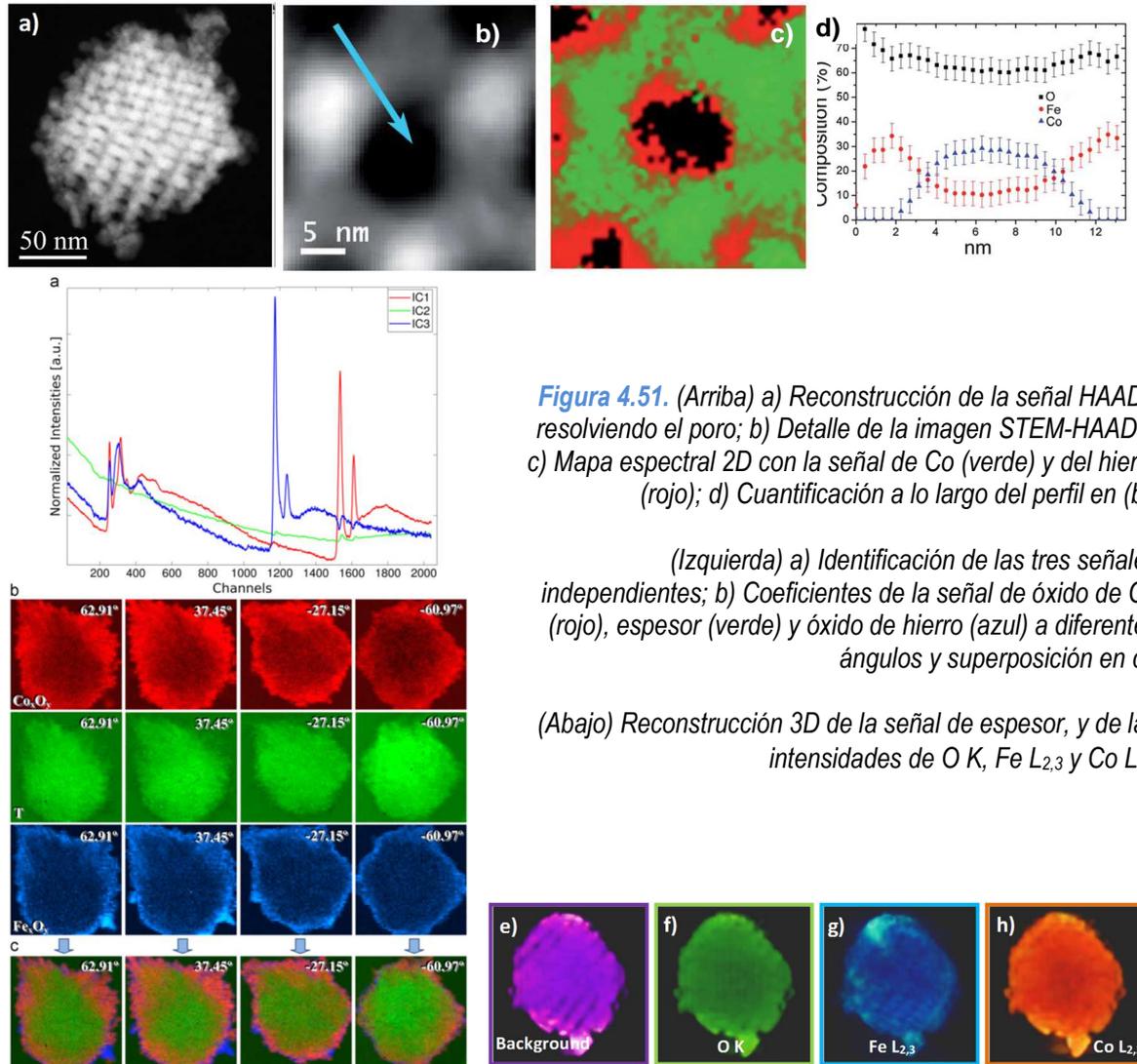
**Figura 4.50.** a). Variación de la señal de EELS en el entorno del pico  $L_{2,3}$  del Si con y sin precesión. b) Aumento relativo de la señal en función del ángulo de precesión.

- **Tomografía y Espectroscopía:** EEL spectroscopic tomography: towards a new dimension in nanomaterials analysis

Yedra, L.I.; Eljarrat, A.; Arenal, R.; Pellicer, E.; Cabo, M.; López-Ortega, A.; Estrader, M.; Sort, J.; Baró, M.D.; J.; Estradé, S.; Peiró, F.  
*Ultramicroscopy* **122**, 12-18 (2012)

Con la combinación de la tomografía electrónica y la espectroscopía de pérdida de energía de electrones fuimos capaces de recuperar mapas químicos de material nanoestructurado en 3D. Centrándonos en la caracterización de las nanopartículas mesoporosas de  $\text{Co}_3\text{O}_4$  impregnadas con  $\text{Fe}_x\text{Co}_{(3-x)}\text{O}_4$ . Inicialmente, se realizaron experimentos convencionales de tomografía en modo STEM-HAADF para recuperar la información estructural 3D con una resolución suficiente para preservar el poro de las estructuras (Figura 4.51a) Posteriormente se realizaron experimentos de tomografía EELS, es decir, la adquisición de un mapa de espectros (un espectro EELS en cada pixel de la imagen) para cada ángulo de giro en un rango de  $+70^\circ - 70^\circ$ .

<sup>1</sup> *Applied Physics Letters* **105**, 053117 (2014)



**Figura 4.51.** (Arriba) a) Reconstrucción de la señal HAADF resolviendo el poro; b) Detalle de la imagen STEM-HAADF; c) Mapa espectral 2D con la señal de Co (verde) y del hierro (rojo); d) Cuantificación a lo largo del perfil en (b).

(Izquierda) a) Identificación de las tres señales independientes; b) Coeficientes de la señal de óxido de Co (rojo), espesor (verde) y óxido de hierro (azul) a diferentes ángulos y superposición en c).

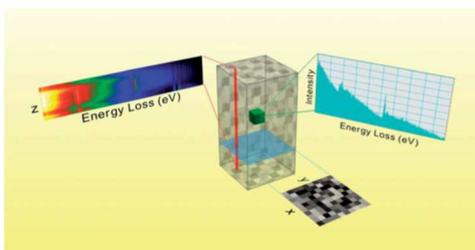
(Abajo) Reconstrucción 3D de la señal de espesor, y de las intensidades de O K, Fe L<sub>2,3</sub> y Co L<sub>2,3</sub>

Con el fin de evitar dañar la muestra, se aplicaron bajas tensiones (80 kV) y bajos tiempos de adquisición por espectro (100-200 ms), lo que condujo a conjuntos de datos muy ruidosos. El uso de análisis multivariante (MVA) permitió mantener estos tiempos de adquisición cortos. El análisis de componentes principales (PCA) se aplicó para reducir el ruido en los datos, y el análisis de componentes independientes (ICA) se utilizó para extraer las componentes independientes no correlacionadas entre sí de todo el conjunto de espectros. Tres componentes eran suficientes de acuerdo a la covarianza de la señal, una correlacionada con el espesor, y otras dos relacionadas con la señal de óxido de hierro y óxido de cobalto. Todo el conjunto de espectros se descompuso en términos de combinaciones lineales de estas tres componentes, obteniendo tres series de datos relativos a los coeficientes de cada componente para cada ángulo de giro. Cada uno de estos tres mapas correspondía a una serie espectral que pudo reconstruirse en 3D, aunque sin llegar a la resolver el poro de la estructura (Figura 4.51 izquierda).

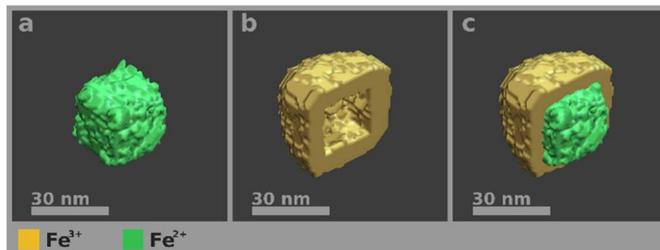
Se realizó un segundo experimento con mayor resolución para resolver los poros en los volúmenes reconstruidos de los diferentes componentes. Como en el experimento anterior, los datos se sometieron a MVA para mejorar la relación señal ruido. Para cada imagen espectral se realizó una cuantificación convencional de la señal O K, Fe L<sub>2,3</sub> y Co L<sub>2,3</sub> y las señales integradas de oxígeno, hierro y cobalto fueron reconstruidas en 3D (Figura 4.51 abajo) preservando con éxito la estructura porosa en la reconstrucción.

En definitiva, demostramos que la tomografía EELS-SI combinada con técnicas estadísticas, era una herramienta muy útil para la caracterización de nanoestructuras. Por un lado se podrían realizar adquisiciones espectrales relativamente cortas y mejorar la relación señal ruido analizando la varianza de las señales y eliminando las componentes no esenciales. Por otro, trabajar con el conjunto de datos entero del espectro EELS, sin integrar la señal contenida en ventanas específicas bajo los picos de interés o tomar directamente imágenes filtradas en energía (EFTEM), mantenía íntegra la información contenida en el espectro, y abría la puerta a experimentos de tomografía más completos, extrayendo la señal contenida cerca del pico principal (ELNES).

Ambas aproximaciones fueron explotadas en el siguiente proyecto MAT2013 en la construcción de un **volumen de espectros** (un espectro en cada voxel de un volumen) (Figura 4.52) y en la **reconstrucción 3D de los estados de oxidación del Fe en nanopartículas core-shell** (Figura 4.53), que cristalizaron en sus respectivas publicaciones. *Nanoscale* **6**, 6646–6650 (2014) y *Analyst* **141**, 4968–4972 (2016) y *Nano Letters* **16**, 5068–5073 (2016).<sup>1</sup>



**Figura 4.52.** Esquema de la construcción “volumen de espectros” y de las posibilidades de extracción de información espectral de cualquier coordenada.



**Figura 4.53.** Reconstrucción 3D de la localización de los estados de valencia  $Fe^{2+}$  y  $Fe^{3+}$  en una nanopartícula cúbica core-shell, con núcleo de  $FeO$  y corteza de  $Fe_3O_4$ .

Con estos desarrollos experimentales que suponían unos logros muy significativos e innovadores, con la aplicación de esta experiencia en los campos más punteros de ciencia de materiales y nanotecnología y con una continuada labor rigurosa en la modelización, simulación e interpretación de resultados, **el grupo LENS ha conseguido una sólida posición en la comunidad de microscopistas nacional e internacional**. Ello se refleja en las evaluaciones positivas de los proyectos del ministerio, en el reconocimiento a través de conferencias invitadas, y en las citas de nuestros trabajos en reviews.

Desde esta posición, **el grupo LENS, y con él la UB, hemos emprendido acciones estratégicas a nivel nacional e internacional como son:**

- Conseguir financiación para continuar las tareas de investigación y formación de investigadores durante el período 2017-2019 con un nuevo proyecto MAT2016: **TEMPTATION**, Desarrollo de métodos de *Precesión Electrónica*, *Tomografía* y *Técnicas Analíticas en el TEM* para la *elucidación* de materiales avanzados

<sup>1</sup> Dejaremos los detalles para la introducción al proyecto de investigación correspondiente al segundo ejercicio.

- La participación en la solicitud de una **Red de Excelencia en Microscopía (REDIMA)**, que recientemente ha recibido una valoración positiva y está pendiente de la concesión económica final.
- La solicitud de **incorporación de la UB y los CCyT como nodo en la Infraestructura Científica Singular de Microscopía Electrónica (ELECMI)**
- La participación como garante en la **solicitud de Unidad de Excelencia Maria de Maeztu para el Instituto de Nanociencia y Nanotecnología In2UB.**
- La **participación en dos solicitudes (MSCA-ITN)** de redes internacionales de formación de doctores en el campo de la microscopía electrónica.

La evolución del grupo ha sido muy positiva, y en la actualidad constituye un grupo de trabajo en Microscopía Electrónica reconocido nacional e internacionalmente.

En el tercer documento de este concurso, el **Proyecto Investigador**, se describirán con más detalle las **capacidades actuales del grupo LENS** en relación a los **investigadores que lo componen, sus logros más recientes**, y su **proyecto estratégico de desarrollo en investigación**, pero también en función de su **implicación en docencia y divulgación**.



**Figura 4.54.** LENS en el último congreso europeo de microscopía, ya con las nuevas incorporaciones Sergi Plana y Catalina Coll, en la izquierda de la imagen (Septiembre 2016).

## 4.3 FINANCIACIÓN DE LA ACTIVIDAD INVESTIGADORA

En este apartado presentamos los proyectos locales, nacionales e internacionales que nos han permitido desarrollar las tareas de investigación y la formación de personal investigador descritas en los apartados anteriores <sup>1</sup>.

### 4.3.1 Proyectos de Investigación

Con el objetivo de relacionar mejor las fuentes de financiación y la actividad, agruparemos los proyectos según la misma clasificación en temáticas que hemos ido utilizando a lo largo del capítulo 4.

#### Semiconductores III-V

1. **Low Dimensionality Structures for Future Quantum Semiconductor Devices**  
Proyecto ESPRIT subvencionado por la CEE (1989), **ESPRIT Basic Research Project 3086**.  
Investigador responsable: Prof. J.R. Morante, Laboratorio de Caracterización de Materiales para la Electrónica (LCMM), Barcelona. (LCMM Barcelona). Dotación: 66.111,33 € / Período 1989-1992
2. **Caracterización de estructuras semiconductoras con parámetros de red desadaptados**  
Proyecto **MAT91-0951** subvencionado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT).  
Investigador responsable: Prof. J.R. Morante, Laboratorio de Caracterización de Materiales para la Microelectrónica (LCMM), Barcelona. Dotación: 63.797,43 € / Período 1991-1994
3. **Estructuras multicapa tensionadas para dispositivos electrónicos avanzados**  
Proyecto **MAT93-0564** subvencionado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT).  
Investigador responsable: Prof. A. Cornet, Laboratorio de Caracterización de Materiales para la Electrónica (LCMM), Barcelona. Dotación: 53880,74 € / Período 1993-1996
4. **Clustering and Ordering Phenomena in Molecular Beam Epitaxial Semiconductor Alloys**  
Cooperación bilateral subvencionado por los gobiernos Hispano y Griego.  
Ref. 1/94, Ministerio de Asuntos Exteriores.  
Investigador responsable: Dr. A. Georgakilas, (Foundation for Research and Technology and Institut for Electronics Structure and Laser, (FORTH-IESL), Heraklion, Creta) Dotación: 2.404,05 € / Período 1994-1995
5. **Strained Semiconductor and Devices**  
Capital Humano y Movilidad de la CEE, en el marco de "Network of Excellence on Low Dimensionality Structures", Febrero (1994).  
Código: **CHRX-CT94-0428**. Investigador/a Principal: J.R. Morante; Alberto Cornet. /  
Dotación 24.040,48 € / Período: 1995-1997
6. **Estudio de la reorganización atómica en las intercaras de los semiconductores III-V**  
Programa Nacional de Materiales: **MAT95-0966**  
Coordinador del proyecto: Dr. Albert Cornet, Universitat de Barcelona  
Dotación del subproyecto: 40.868 € / Período: 1995 – 1998
7. **Failure analysis in InGaAs/InAlAs HFET's**  
Cooperación bilateral subvencionado por los gobiernos Hispano y Griego.  
Ref. 1/96, Ministerio de Asuntos Exteriores.  
Investigador responsable: Dr. A. Georgakilas, (Foundation for Research and Technology and Institut for Electronics Structure and Laser, (FORTH-IESL), Heraklion, Creta). Dotación: 2.404,05 € / Período 1996-1997

<sup>1</sup> El listado completo de proyectos y la documentación justificativa se presenta en el apartado 1.B.1. de la documentación anexa.

8. **Subcontrato del proyecto: 'Bonding technology for monolithic integration of GaAs optoelectronic devices on Si substrates for chip-to-chip optical interconnections' (BONTEC)**  
 Código oficial: **ESPRIT-28998**.  
 Investigador/a Principal: A. Cornet-A. Georgakilas. / Dotación: 10.036,90 € / Período: 1999-2000
9. **The formation of Metal-GaN Interfaces**  
 Proyecto financiado por "The Royal Society European Science Exchange Programme" REF: ESEP/JP/JEB  
 Investigador responsable: **Dra. Francisca Peiró**  
 Dotación del subproyecto: 4.760,02 € / Período: Abril 1998 - Marzo 2000

### Recubrimientos ópticos para UV

10. **New Optimization concepts for High Quality UV-Coatings**  
 Proyecto TMR subvencionado por la CEE (1997): **FMRX-CT97-0101** (DG12-MHT)  
 Investigador responsable: Dr. Salvador Bosch, Departamento de Física Aplicada.  
 Dotación: 156.551,63 € / Período: 1998 – 2001

### Sensores de Gas

11. **Materiales y procesos para sensores de metano de bajo coste**  
 Proyecto financiado por Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), dentro del marco del Programa Nacional de Materiales: **MAT96-1030-C02-01**.  
 Coordinador del proyecto: Dr. Albert Cornet, Universitat de Barcelona  
 Dotación del subproyecto: 61303,23 € / Período: 1996 – 1999
12. **Mecanismos asociados a aditivos catalíticos en sensores semiconductores de gases**  
 Proyecto financiado por Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), dentro del marco del Programa Nacional de Materiales: **MAT99-0435-C02-01**.  
 Coordinador del proyecto: Dr. Albert Cornet, Universitat de Barcelona  
 Dotación del subproyecto: 67.313,36 € / Período: 1999 – 2002
13. **Sensores de gas con selectividad mejorada para componentes del Gas Natural mediante capas zeolíticas como absorbentes y filtros**  
 Proyecto financiado por Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), dentro del marco del Programa Nacional de Materiales: **MAT2000-0494-P4-03**  
 Coordinador del proyecto: Prof. Albert Cornet, Universitat de Barcelona  
 Dotación del subproyecto: 121.164,04 € / Período: 2001 – 2004
14. **Sondas cerámicas basadas en multicapas de óxidos metálicos para el control de gases exhaustos a alta temperatura**  
 Proyecto financiado por Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), dentro del marco del Programa Nacional de Materiales: **MAT2000-0206-P4-03**  
 Coordinador del proyecto: **Dra. Francesca Peiró**, Universitat de Barcelona  
 Dotación del subproyecto: 100.970,03 € / Período: 2001 – 2004
15. **Sensores Avanzados basados en Nanoestructuras de óxidos metálicos**  
 Coordinador del proyecto: Dr. Alberto Cornet Calveras  
 Investigador Principal: Dr. Albert Cornet Calveras Universitat de Barcelona  
 Código: **MAT2007-66741-C02-01** / Dotación: 120.000 € / Período: 2007 – 2010
16. **Nawacs: Nanowire arrays for multifunctional chemical sensors**  
 Programa AENN - Acción Estratégica de Nanociencia y Nanotecnología  
 Coordinador del proyecto: Dr. Joan Ramon Morante Lleó Universitat de Barcelona  
 Código: **NAN2006-28568-E** / Dotación: 192.000 € / Período: 2007 – 2010

### Dispositivos de electrolito sólido: sensores de gas y pilas de combustible

- 17. Microsensores de dióxido de carbono basados en nanomateriales sobre estructuras micro-nanomecanizadas**  
 Proyecto financiado por Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), dentro del marco del Programa Nacional de Materiales: **MAT2004-06859-C02-01**.  
 Coordinador del proyecto e investigador principal: **Dra. Francisca Peiró** Universitat de Barcelona  
 Dotación: 153.200 € / Período: 2004 – 2007
- 18. XAS study of Mo environment in new ion conductors  $Nd_{6-x}MoO_{12-2/3x}$**   
 Experimento SPLINE: EUROPEAN SYNCHROTRON RADIATION FACILITY  
 CÓDIGO experimento **25-01-671** / Período: 06/03/2008 – 09/03/2008  
 Investigador/a Principal: **Francisca Peiro Martinez**
- 19. Accion Integrada hispano-francesa**  
 Investigador/a Principal: **Francisca Peiro Martinez**  
 Código **HF2008-0029** / Dotación: 11.000,00 € / Período: 2008 – 2010  
 Acción integrada entre España y Francia (BOE 08/06/2009) / MCNN - Ministerio de Ciencia e Innovación

### Materiales magnéticos y para espintrónica

- 20. Nanoestructuras magnéticas epitaxiales para el desarrollo de sensores magneto-ópticos**  
 Proyecto financiado por Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), dentro del marco del Programa Nacional de Materiales: **MAT98-0974-C03-02**.  
 Coordinador del proyecto: Dr. Alfonso Cebollada, CNM-CSIC, Madrid  
 Investigador responsable: **Dra. Francisca Peiró**  
 Dotación del subproyecto: 41.469,84 € / Período: Octubre 1998 - Octubre 2001
- 21. Fabricación y caracterización de láminas delgadas magnetoópticas de nanoestructuras metal/dieléctrico: implementación como moduladores en tecnología óptica integrada**  
 Proyecto financiado por Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), dentro del marco del Programa Nacional de Materiales: **MAT2002-04484-C03-02**<sup>1</sup>  
 Investigador principal: Prof. Albert Cornet, Universitat de Barcelona  
 Dotación del subproyecto: 99.000,00 € / Período: 2002 – 2005
- 22. Nanodispositivos para la manipulación de spins**  
 Acción estratégica en Nanotecnología.  
 Coordinador del proyecto: Dr. Josep Fontcuberta ICMAB  
 Investigador Principal: Dra. Anna Vilà Universitat de Barcelona  
 Código: **NAN2004-09094-C03-03** / Dotación: 90.000 € / Período: 2005 – 2008

### Semiconductores y dispositivos basados en IV

- 23. Tecnología de dispositivos de alta temperatura basados en SiC: aplicacion a sensores de gases**  
 Proyecto financiado por Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), dentro del marco del Programa Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones: **TIC2000-1403-C03-02**  
 Coordinador del proyecto: Dr. Albert Romano, Universitat de Barcelona  
 Dotación del subproyecto: 57.096,15 € / Período: 2001 – 2004
- 24. Estructuras nanocristalinas de SiGe para aplicaciones electrónicas y fotónicas.**  
 Proyecto financiado por Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), dentro del marco del Programa Nacional de Materiales: **MAT2001-2446-C04-02**.  
 Investigador principal: Dr. Joan Ramon Morante / Dotación: 63.106,29 € / Período: 2001 – 2004

<sup>1</sup> Actué prácticamente como IP de este proyecto a pesar de no serlo nominalmente

**25. NASCEnt—SILICON NANODOTS FOR SOLAR CELL TANDEM**

Programa: FP7 Collaborative project - 245977 Organismo: UE  
 Investigador/a Principal Blas Garrido, 38556257T  
 Código: **FP7-NMP-2009-SMALL-3**, NMP-2009-1.2-1: Nanotechnology for harvesting energy via photovoltaic technologies Dotación: 275.364,00€ / Periodo: 2010-2013

**Nanomateriales y Nanopartículas****26. Nanoestructuras magnéticas: crecimiento, estructura y propiedades locales.**

Programa: Cooperación en el marco de la Comunidad de los Pirineos  
 Modalidad: Ayudas para Proyectos de Investigación y desarrollo tecnológico (ITT-CTP)  
 Organismo: AGAU - Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca. Generalitat de Catalunya. AGAUR  
 Investigador/a Principal: [Dra. Francisca Peiro Martinez](#)  
 CÓDIGO: **2009 CTP 00018** / Dotación: 25.000,00 € / Periodo: 2010-2011

**27. Nanoscale mapping of physical and chemical properties of advanced nanomaterials**

Programa: Cooperación en el marco de la Comunidad de los Pirineos  
 Modalidad: Ayudas para Proyectos de Investigación y desarrollo tecnológico (ITT-CTP)  
 Organismo: AGAU - Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca. Generalitat de Catalunya.  
 Investigador/a Principal: [Dra. Francisca Peiro Martinez](#)  
 CÓDIGO: **2011 CTP 00018** / Dotación: 20.000,00 € / Periodo: 2012-2013

**Microscopía Electrónica de Transmisión****28. IMAGINE: Materials Science down to the sub-Angstrom scale**

Programa: CONSOLIDER Ingenio 2010  
 Organismo: MCNN - Ministerio de Ciencia e Innovación  
 Coordinador: Jose María González Calbet (UCM)  
 Investigador/a Principal UB: [Dra. Francisca Peiro Martinez](#)  
 CÓDIGO: **CDS2009-00013** / Dotación: 557.129 € / Periodo: 2009-2013

**29. SOLEMN: Solutions in Electron Microscopy for Materials at the Nanoscale**

Programa: Programa Nacional de Materiales  
 Organismo: MCNN - Ministerio de Ciencia e Innovación  
 Investigador/a Principal: [Dra. Francisca Peiró Martínez](#)  
 Código: MAT2010-16407 / Dotación: 175.000,00 € / Periodo: 2010-2013

**30. METATEM: Microscopía Electrónica de Transmisión para Elucidar propiedades de los Materiales.**

Programa Estatal de Fomento de la Investigación Científica y Técnica de Excelencia, Subprograma Estatal de Generación del Conocimiento, en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016.  
 Organismo: MCOC - Ministerio de Economía y Competitividad  
 Investigador Principal: [Dra. Francisca Peiró Martínez](#)  
 Código: **MAT2013-41506** / Dotación: 130.612,00 € / Periodo 2013-2016

**31. TEMPTATION: Desarrollo de métodos de Precesión Electrónica, Tomografía y Técnicas Analíticas en el TEM para la elucidación de materiales avanzados**

Programa Estatal de Fomento de la Investigación Científica y Técnica de Excelencia, Subprograma Estatal de Generación del Conocimiento, en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2016-2019.  
 Organismo: MCOC - Ministerio de Economía y Competitividad  
 Investigador Principal: [Dra. Francisca Peiró Martínez](#) / Dra. Sònia Estradé  
 Código: **MAT2016-79455-P** / Dotación: 181.500,00 € / Periodo 2016-2019

**32. Concesión de una ayuda en la Convocatoria del Programa de Impulso a la participación en Proyectos internacionales de Investigación en el marco del Programa Horizon 2020**

Institución: UB, Virectorado de Investigación, Innovación, y Transferencia

Investigador Principal: Dra. Sònia Estradé

Organismo: UBAR - Universidad de Barcelona / Fecha de resolución: 27/06/2016 / Dotación: 7.500 €

**Otras Colaboraciones: Redes y Grupos de Investigación**

**33. Desarrollo de proyectos de investigación en curso**

Código oficial: **GRQ93-1120**. Investigador/a Principal: Joan Ramon Morante Leonart.

Dotación: 42.070,85 € / Período: 12/01/1994-11/01/1996

**34. Ingeniería y Materiales Electrónicos (EME)**

Código oficial: **1995SGR-00502**. Investigador/a Principal: J. R.. Morante

Dotación: 45.075,91 € / Período: 22/12/1995-21/12/1997

**35. Micromecánica europea MME'96**

Código oficial: **TIC96-2247-E**. Investigador/a Principal: Joan Ramon Morante Leonart.

Dotación: 5.709,61 € / Período:03/06/1996-02/06/1997

**36. Ingeniería y Materiales Electrónicos (EME)**

Código oficial: **1997SGR00036**.

Investigador/a Principal: Joan Ramon Morante Leonart.

Dotación: 33.957,18 € / Período:17/12/1997-16/12/1999

**37. Ingeniería y Materiales Electrónicos (EME)**

Código oficial: **1999SGR00055**.

Investigador/a Principal: Joan Ramon Morante Leonart.

Dotación: 17.729,86 € / Período: 11/01/2000-10/01/2002

**38. Ingeniería y Materiales Electrónicos (EME)**

Código oficial: **2001SGR00147**

Investigador/a Principal: Joan Ramon Morante Leonart.

Dotación: 45.075,91 € / Período: 21/12/2001-20/12/2005

**39. Elaboración de la Documentación de la propuesta de una red de Excelencia europea en Microscopía Electrónica de Transmisión.**

Acciones Especiales para la preparación de Proyectos Europeos en el contexto del VI Programa Marco:

**MAT2002-11816-E.** / Investigador principal: **Dra. Francisca Peiró** / Dotación: 3000 €

**40. Ingeniería y Materiales Electrónicos (EME)**

Código oficial: **2005SGR00569**

Investigador/a Principal: Joan Ramon Morante Leonart.

Dotación: 52.600,00 € / Período: 19/10/2005-18/10/2009

**41. Micro-nanotecnologías y nanoscopías para dispositivos electrónicos y fotónicos (MIND)**

CÓDIGO: **2009SGR35** / PIGC - Programa para potenciar los grupos de investigación consolidados.

Investigador/a Principal 39025518\_Albert Cornet Calveras Institución: UB - Universitat de Barcelona

Dotación: 49.920,00 € / Período: 2009-2013

Organismo: AGAU - Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca. Generalitat de Catalunya. AGAUR

**42. Renovación de actividades de la Red Española en Micro y Nanotecnologías (IBERNAM)**

Código oficial: **TEC2010-10946-E**.

Investigador/a Principal Coordinador: Carmen Horrillo Güemes / Dotación: 12.000,00 € / Período:

01/01/2011-31/12/2012

**43. Micro-nanotecnologías y nanoscopías para dispositivos electrónicos y fotónicos (MIND)**

Código oficial: **2014SGR672**. Investigador/a Principal: Albert Cornet Calveras.

Dotación: 45.000,00 € Período: 01/01/2014-31/12/2016

**44. Red de Excelencia en Microscopía Electrónica: REDIMA**

Coordinador: José María González Calbet

Investigador principal: [Dra. Francisca Peiró](#)Presentación de solicitud en Junio 2016 – **CONCEDIDA PROVISIONAL****Proyectos relativos a infraestructuras****45. Sistema de preparación automática de muestras**Código oficial: **1995PIRB-00035**. Investigador/a Principal: Alberto Romano Rodriguez

Dotación: 54.091,09 € / Período: 1995

**46. Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico: Sistema de preparación automática de muestras**Código oficial: **IN95-0629**. Investigador/a Principal: Alberto Romano Rodriguez

Dotación: 54.091,09 € / Período: 1995-1995

**47. Substitución de un sistema láser de argón del Departamento de Electrónica de la Universitat de Barcelona**Código oficial: **MAT1999-1307-E**

Investigador/a Principal: Blas Garrido Fernandez. / Dotación: 9.616,19 € / Período: 08/06/2000-07/06/2001

**Recursos humanos****48. Subvención para la contratación de investigadores en el Programa Juan de la Cierva**Código: **PJ-MAT2004-06859-C02-01-005255**Investigador/a Principal: [Francisca Peiro Martinez](#) / Dotación: 96.000,00 € / Período: 13/11/2006-12/11/2009**49. Becas FPI**Investigador/a Principal: [Francisca Peiro Martinez](#)

MAT2004-06859-C02-01 / Becaria: Anna Prim Pujals

MAT2010-16407 / Becario: Lluís López Conesa

MAT2013-41506 / Becaria: Gemma Martin Malpartida

MAT2016-79455-P / pendiente de publicación

**50. Ayudas a la Intensificación de la Investigación**Investigador/a Principal: [Francisca Peiro Martinez](#)

Resolución: 17/09/2010 / Dotación: 6.630,84 €

Resolución: 26/07/2011 / Dotación: 6.630,84 €

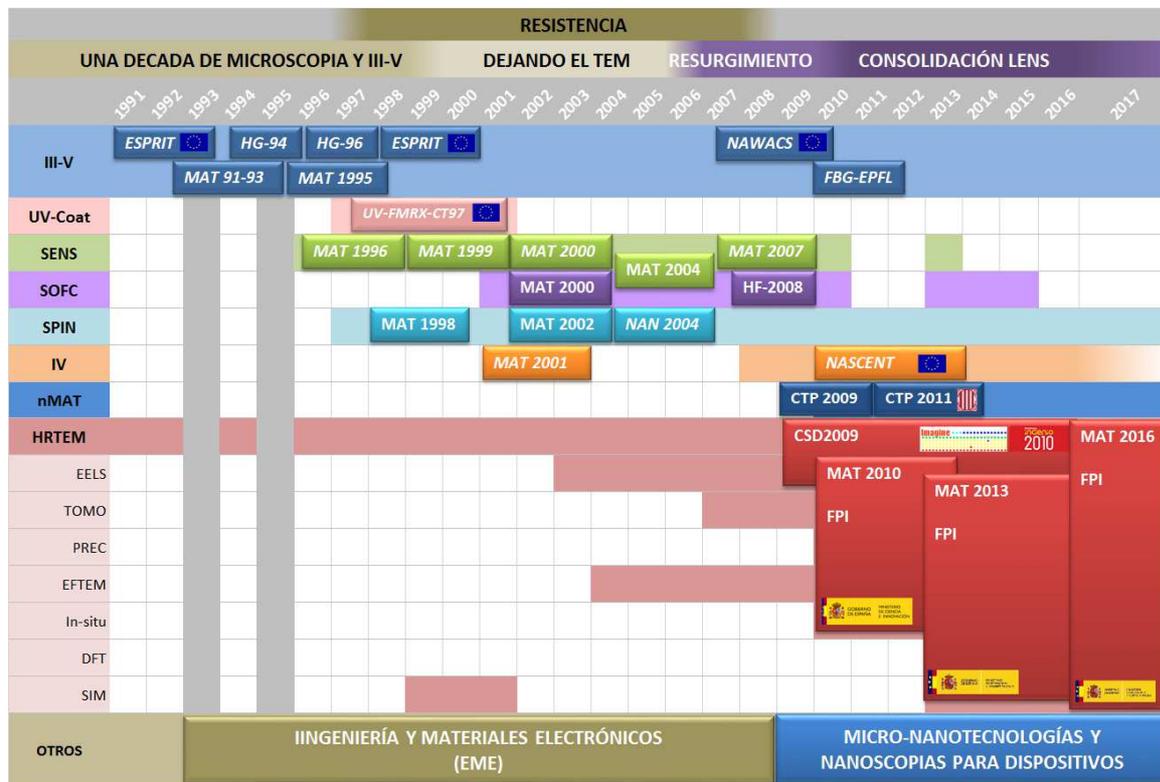
Resolución: 25/07/2012 / Dotación: 4.973,10 €

A modo de breve resumen, he sido **IP de 9 proyectos del Plan Nacionales de Materiales**, incluyendo un Proyecto Consolider, y he **participado activamente en otros 14** (dos de ellos de hecho actuando en la práctica como IP). A nivel internacional **he participado activamente en 9 proyectos europeos**, y he liderado **3 acciones internacionales**, dos de ellas acciones bilaterales con Francia y Gran Bretaña.

En vista del listado anterior podemos ver que prácticamente en cada una de las temáticas, he **evolucionado desde la participación como investigador activo en el equipo, hasta asumir el papel de Investigador principal y coordinador**<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Aunque la temática nanomateriales y nanopartículas parece ser la menos cubierta por proyectos competitivos, los proyectos dedicados a microscopía electrónica, están íntimamente relacionados con dicha temática.

Será conveniente acabar este apartado completando la **Figura 4.6** con la distribución de los principales proyectos asociados a cada temática según se presenta en la **Figura 4.55**. Examinando de nuevo esta figura, se comprende mejor el nombre que hemos dado a las diferentes etapas de la actividad investigadora. La reestructuración de Grupos Consolidados de Investigación que tuvo lugar en 2009, con la transición desde el Grupo Consolidado de Ingeniería y Materiales Electrónicos (EME) y **la constitución del nuevo Grupo de Micro-Nanotecnologías y Nanoscopias para Dispositivos Electrónicos y Fotónicos (MIND)**, liderado por el Prof. Albert Cornet, unido a la participación como IP en el proyecto Consolider IMAGINE, permitió retomar con fuerza la actividad en Microscopía Electrónica de Transmisión, no sólo como herramienta de caracterización sino también como objetivo de desarrollo instrumental, con la captación de recursos específicos para proyectos centrados en microscopía, situación que queda bien reflejada en este mapa de actividad.



*Figura 4.55. Distribución de los principales proyectos que he liderado como IP o en los que he participado activamente (que aparecen en letra cursiva).*

### 4.3.2 Colaboraciones Nacionales en el marco de los proyectos de Investigación

No hay mejor momento que éste para aprovechar la figura anterior, y comentar la evolución de las distintas líneas de actividad en relación a las colaboraciones establecidas con otros grupos de investigación a nivel local y nacional en el marco de alguno de estos proyectos<sup>1</sup>. Me temo que esto se alargaría en exceso en modo narrativo. Así que mejor resumimos en una tabla las principales colaboraciones en los distintos temas (*figura 4.56a*, página siguiente).

<sup>1</sup> Comentaremos las colaboraciones internacionales en el apartado de Internacionalización de la Actividad Investigadora.

COLABORACIONES NACIONALES		
CENTRO	CIUDAD	CONTACTO
<b>Semiconductores III-V</b>		
Departamento de Ciencia de Materiales, Universidad de Cádiz ( <b>UCA</b> )	CÁDIZ	R. García Roja
Universidad Politécnica de Madrid ( <b>UPM</b> )	MADRID	E. Muñoz
Centro Nacional de Microelectrónica, Instituto de Microelectrónica de Madrid ( <b>IMM-CSIC</b> )	MADRID	F. Briones
Instituto de Sistemas Optoelectrónicos ( <b>ISOM - UPM</b> )	MADRID	E. Calleja
Instituto de Energía Solar ( <b>IES - UPM</b> )	MADRID	C. Algorta
<b>Recubrimientos Ópticos</b>		
Dept. Física Aplicada y Óptica, Facultad Física, Universidad de Barcelona	BARCELONA	S. Bosch
<b>Sensores de gas y pilas de combustible</b>		
Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, ( <b>UCA</b> )	CÁDIZ	J.M. Pintado
Instituto de Investigación en Energía ( <b>IREC</b> )	BARCELONA	A. Tarancón
Centro de Estudios e Investigaciones Tecnológicas Guipúzcoa ( <b>CEIT</b> )	SAN SEBASTIAN	E. Castaño
<b>Materiales magnéticos y para spintrónica</b>		
Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona ( <b>ICMAB-CSIC</b> )	BARCELONA	J. Fontcuberta
Dept. Física Aplicada y Óptica, Facultad de Física ( <b>UB</b> )	BARCELONA	M. Varela
Instituto de Nanociencia de Aragón ( <b>INA</b> )	ZARAGOZA	R. Ibarra
<b>Semiconductores y dispositivos del grupo IV</b>		
Centre Nacional de Microelectrónica, Instituto de Microelectrónica de Barcelona ( <b>IMB-CSIC</b> )	BARCELONA	F. Campabadal
Laser Processing Group, Instituto de Óptica, ( <b>IO-CSIC</b> )	MADRID	R. Serna
<b>Materiales nanoestructurados y nanopartículas</b>		
Instituto Catalán de Nanociencia y Nanotecnología ( <b>ICN2</b> )	BARCELONA	J. Nogués
Instituto de Nanociencia y Nanotecnología de la UB ( <b>In2UB</b> )	BARCELONA	G. Aromí
Instituto Catalán de Investigación en Energía ( <b>IREC</b> )	BARCELONA	A. Tarancón, A. Cabot
Dept. Química Inorgánica y Orgánica, Sección de Química Inorgánica ( <b>UB</b> )	BARCELONA	A. Figuerola
Instituto de Técnicas Energéticas y Centro de Investigación en Nanotecnología, Universitat Politècnica de Catalunya ( <b>UPC</b> )	BARCELONA	J. Llorca
Departament de Física, Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona ( <b>UAB</b> )	BARCELONA	M.D. Baró, E. Pellicer
IMDEA Nanociencia	MADRID	A. Bollero
Magnetic Materials Group, Universidade de Vigo	VIGO	V. Salgueiriño
CIC nanoGUNE	SAN SEBASTIAN	A. López-Ortega
<b>Microscopia Electrónica</b>		
Universidad del País Vasco ( <b>UPV-EUH</b> )	BILBAO	M.L. Nó
Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Universidad de Cádiz ( <b>UCA</b> )	CÁDIZ	J.J. Calvino
Dept. Química Inorgánica, Facultad de Química, Universidad Complutense de Madrid ( <b>UCM</b> )	MADRID	J.M. González-Calbet
Instituto de Materiales de Madrid ( <b>IMM - CSIC</b> )	MADRID	M. García
Física-I, Universidad Complutense de Madrid ( <b>UCM</b> )	MADRID	J. Santamaría
Dept. de Física de Materiales, Universidad Complutense de Madrid ( <b>UCM</b> )	MADRID	J. Piqueras
Laboratorio de Microscopías avanzadas ( <b>LMA-INA</b> )	ZARAGOZA	C. Magén
<b>Otras colaboraciones</b>		
Centro de Proyección Térmica ( <b>CPT</b> ). Dpt. Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica ( <b>UB</b> )	BARCELONA	J.M. Guilemany
Departamento de Ciencia de Materiales ( <b>UB</b> )	BARCELONA	E. Xuriguera
Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, ( <b>UCA</b> )	CÁDIZ	J.M. Hernández

Figura 4.56a Listado de las colaboraciones más significativas con grupos de instituciones nacionales.

Un cómputo de los artículos en co-autoría con las 20 instituciones más significativas mencionadas (*figura 4.56b*), nos da una idea de la mayor o menos intensidad de estas colaboraciones <sup>1</sup>. Hemos consultado esta información en la base de datos Scopus <sup>2</sup>. Estas barras han de entenderse como proporcionales al número de publicaciones en que aparecen como coautores investigadores de la lista de la izquierda. No obstante, hemos de tener en cuenta que estas barras no son disjuntas, puesto que en alguno de los trabajos pueden aparecer dos de las instituciones de la lista según la adscripción de los coautores.

Es conveniente remarcar también en este punto, ya que es la primera vez que se presentan resultados bibliográficos extraídos de las bases de datos Scopus o Science Citation Index, que **las estadísticas que se incluyen en el resto del capítulo tienen como fecha límite para el análisis el año 2016**. Aunque en el anexo 3, se incluyen algunas actualizaciones correspondientes al 2017, no se han tenido en cuenta a la hora de elaborar los resúmenes del presente capítulo.



*Figura 4.56b.* Gráfico representativo de la intensidad de las colaboraciones con grupos de investigación de otras instituciones nacionales.

<sup>1</sup> No se incluyen en este gráfico las colaboraciones con departamentos de la propia Universidad de Barcelona.

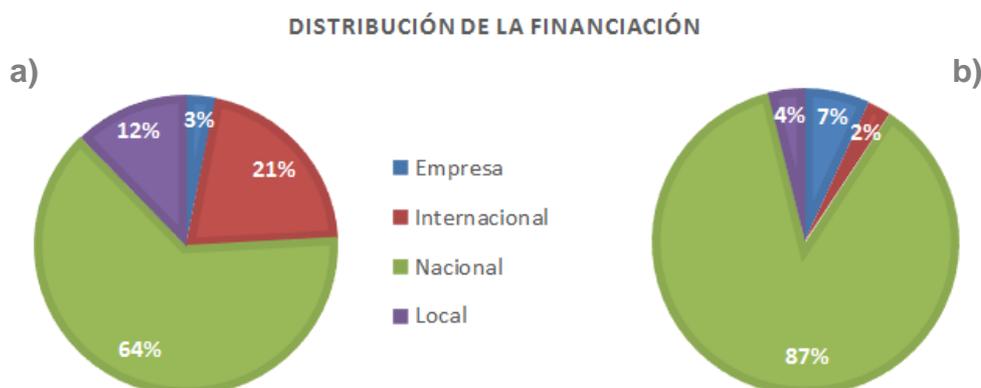
<sup>2</sup> <https://www.scopus.com/>

### 4.3.3 Distribución de la financiación

Una mejor visión de la capacidad de captación de recursos, la podemos tener si analizamos la **distribución de los fondos en función de las fuentes de financiación** tal como presenta la **Figura 4.57**. Se ha incluido en este gráfico la financiación obtenida en contratos de investigación con empresa para tener una visión global <sup>1</sup>. La **Figura 4.57a**, presenta la financiación de todos los proyectos en que he participado activamente, que asciende a un total de **3,7 M€**. Se incluye aquí también la financiación recibida para los grupos de excelencia EME y MIND como fondos de procedencia local. La **Figura 4.57b**, contiene **sólo la financiación obtenida como IP**, con una cantidad total de **1,7 M€**. La **financiación local** proviene básicamente de dos fuentes: en primer lugar de los proyectos financiados por la Generalitat de Catalunya en el marco de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos (CTP-ITT) (proyectos internacionales en realidad); en segundo lugar, de las ayudas de la propia Universidad de Barcelona para la contratación de personal para intensificación de la actividad investigadora. La **financiación nacional**, proviene mayoritariamente de los programas específicos del Ministerio, fundamentalmente del Programa de Materiales y de alguna acción especial. La **financiación internacional**, proviene de acciones bilaterales, y de alguna subcontratación.

En vista de estos gráficos, es evidente que **incrementar la captación de fuentes internacionales debería ser un objetivo prioritario en la próxima etapa**. No obstante, cabe señalar que aunque no haya tenido mucho éxito, he participado en distintas convocatorias de la unión europea, como se describirá en el apartado correspondiente a la internacionalización de la investigación. En este mismo sentido, conviene recordar aquí que se continúa trabajando hacia ese objetivo. Buena prueba de ellos es la participación en dos solicitudes en la reciente convocatoria **H2020-MSCA-ITN-2017**:

- **NANOTRAIN**, ID: SEP-210412845, Acción MSCA-ITN-ETN: Coordinado por el **NanoBioMedical Centre** la Universidad ADAM MICKIEWICZ de Poznan, Polonia / IP de la UB: Francesca Peiró
- **ELATION** (ID: 764566) Acción MSCA-ITN-EID, Coordinado por **LENS-MIND**, de la Universidad de Barcelona, IP: Sònia Estradé



**Figura 4.57.** a) Distribución de fondos en función de las fuentes de financiación. a) Distribución global de todos los proyectos en que he participado como miembro del equipo de investigación. b) Distribución de fondos captados como investigador principal.

<sup>1</sup> Se detallará la procedencia de estos ingresos en el capítulo 5.

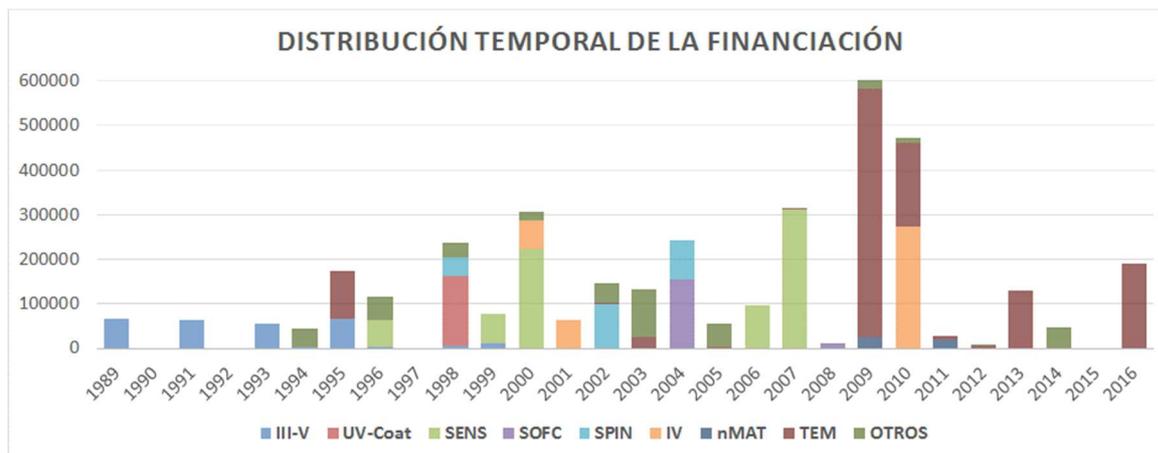


Figura 4.58. Distribución de fondos por área temática a lo largo de la trayectoria.

Es interesante también analizar la distribución de fondos en función de la temática de trabajo y cómo se han distribuido éstos a lo largo del tiempo como se presenta en la Figura 4.58. En este caso, el concepto “Otros” incluye la financiación global de los grupos de investigación consolidados (EME y MIND) y la financiación recibida de contratos con empresa. Claramente, la financiación recibida en el año 2009 a través del proyecto Consolider, justifica el impulso de las actividades de microscopía, y la financiación de los proyectos MAT2010 y MAT2103, la posibilidad de consolidación del grupo LENS.

Más interesante es desgranar de este gráfico global, lo que corresponde a mi participación como miembro del equipo (Figura 4.59a) de lo que corresponde a mi participación como IP (Figura 4.59b). Podemos ver claramente, que a pesar de haber tenido una actividad muy intensa en III-V, dado que corresponde a la iniciación de la etapa investigadora no son fondos captados como IP, que empieza con la actividad de sensores de electrolito sólido y pilas de combustible. La financiación de la actividad en semiconductores y dispositivos del grupo IV, también corresponde a la colaboración en el proyecto NASCENT. Finalmente es evidente que, como IP, **la captación de recursos más significativa ha sido fundamentalmente para relanzar la actividad de microscopía en el grupo**. Otro aspecto importante, es comprobar la evolución de la captación de fondos como IP. En este caso, hemos de observar el gráfico de la Figura 4.60.

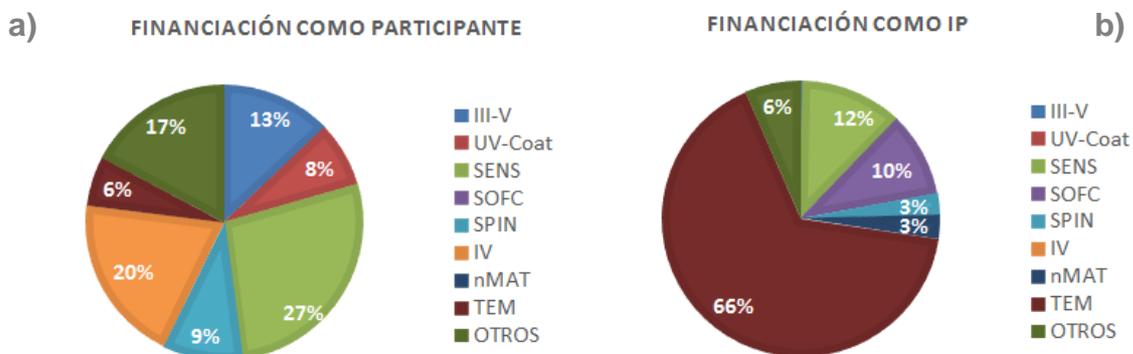
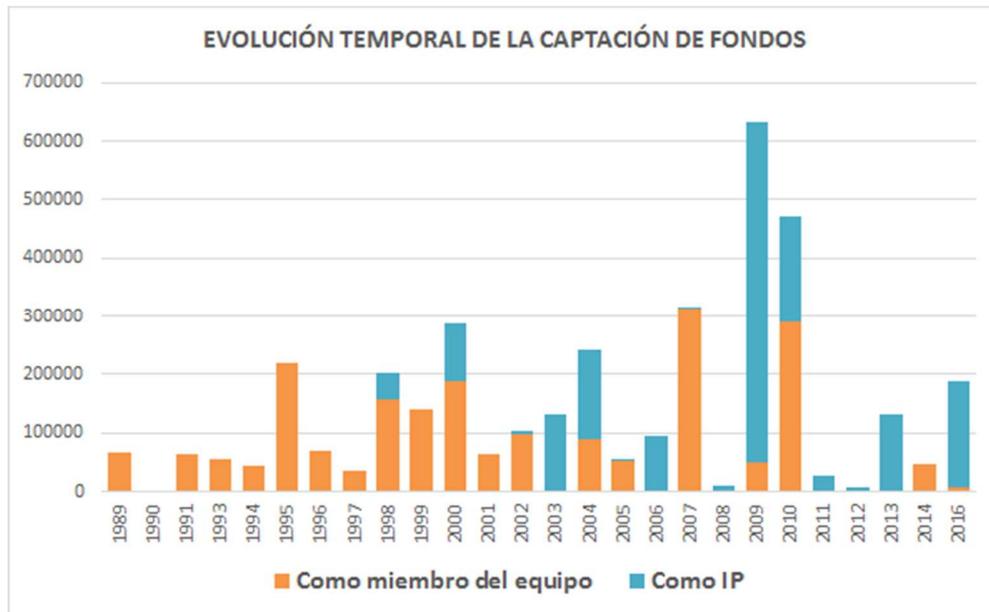


Figura 4.59. a) Distribución de fondos por área temática del global de proyectos en que he participado. b) Distribución de fondos por área temática captados como IP.



*Figura 4.60. Distribución anual de la captación de fondos como miembro del equipo de investigación o como IP del proyecto.*

Vemos una evolución positiva en tanto que **la actividad del grupo es cada vez más independiente** sin que ello implique que dejemos de colaborar con otros grupos de nuestro entorno. Habrá que ver cómo evoluciona este gráfico si las solicitudes lanzadas tienen éxito, y si las iniciativas de otros miembros del grupo<sup>1</sup> también empiezan a sumar.

<sup>1</sup> De hecho la Dra. Sònia Estradé ya ha podido participar en la última convocatoria MAT2016 como co-IP del proyecto.

## 4.4 PRODUCTIVIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

A lo largo del apartado 4.2 hemos ido comentando algunas publicaciones, no por su factor de impacto o número de citas, si no mayoritariamente por su significancia como puntos clave en la trayectoria científica. Es ahora el momento de ser más precisos y mostrar de una manera más objetiva el rendimiento de la actividad de investigación en términos de las publicaciones.

### 4.4.1 Publicaciones científicas en revistas

Resultaría demasiado tedioso incluir en este apartado todos los detalles de las publicaciones en revistas indexadas. El listado completo se encuentra en el **apartado 1.A.1.** de la documentación justificativa. He optado por presentar un listado breve, por completitud de la memoria, agrupado por temáticas de investigación. Con ello, creo que se puede valorar el tipo de revista y la especificidad en función de la temática, lo que también constituye una evidencia de la calidad de las publicaciones. He optado por no incluir las publicaciones de los proceedings de los congresos, (bastante numerosos al principio de la actividad investigadora) que se adjuntan en 1.A.2 y 1.A.3.

#### Semiconductores III-V

- Appl. Phys. Lett.* **59**, 1957 (1991)  
*J. Appl. Phys.* **71**, 2470 (1992)  
*J. Vac. Sci. Technol.* **B10**, 2148 (1992)  
*Mat. Lett.* **13**, 47 (1992)  
*Mat. Lett.* **15**, 363 (1993)  
*Appl. Surf. Sci.*, **65**, 447 (1993)  
*Mat. Sci. and Eng. B* **20**, 21 (1993)  
*Appl. Phys. Lett.*, **62**, 2265 (1993)  
*J. Appl. Phys.*, **73**, 4319 (1993)  
*J. Electroch. Soc.* **140** (5), 1503-1509 (1993)  
*J. of Electron. Materials*, **23**, 969 (1994)  
*J. of Electron. Materials*, **23**, 423 (1994)  
*Mat. Lett.*, **21**, 371 (1994)  
*Mat. Sci. and Eng.* **B28**, 443 (1994)  
*Mat. Sci. and Technol.* **12**, 190 (1995)  
*J. Appl. Phys.* **77**, 4018 (1995)  
*Appl. Phys. Lett.* **66**, 2391 (1995)  
*J. Appl. Phys.* **77**, 4993 (1995)  
*J. Vac. Sci. Technol.* **B13**, 1006 (1995)  
*J. Vac. Sci. Technol.* **B13**, 2057 (1995)  
*Semicond. Sci. and Tech.* **11**, 1310 (1996)  
*J. Appl. Phys.* **80**, 3798 (1996)  
*Appl. Phys. Lett.* **69**, 3887 (1996)  
*Mat. Sci. Eng. B* **B44**, 325-329 (1997)  
*Microelectronics Journal* **28**, 865-873 (1997)  
*Mat. Sci. and Technol.* **13**, 957-960 (1997)  
*J. of Physics III* **7**, 2317-2324 (1997)  
*J. Appl. Phys.* **81**, 6339 (1997)  
*J. Vac. Sci. Technol.*, **B15**, 1715-1723 (1997)  
*Appl. Phys. Lett.* **71**, 2961-2963 (1997)  
*Appl. Surf. Sci.* **123-124**, 501-507 (1998)  
*Microelectronic Engineering* **41-42**, 583-56 (1998)  
*Microelectronic Engineering* **43-44**, 51-57 (1998)  
*Thin Solid Films* **336**, 218-221 (1998)  
*Phys. Rev. Lett.* **80**, 1094-1097 (1998)  
*J. Appl. Phys.* **83**, 7537-7541 (1998)  
*Mat. Sci. Eng.* **B66** 203-208 (1999)  
*Mat. Sci. Eng.* **B66** 181-184 (1999)  
*Thin Solid Films* **357**, 61-65 (1999)  
*Phys. Stat. Solidi (a)* **176**, 751-754 (1999)  
*J. Crystal Growth* **201/202**, 248-251 (1999)  
*Appl. Phys. Lett.* **74**, 3818-3120 (1999)  
*J. Vac. Sci. Technol.* **B17**, 2540-2544 (1999)  
*Microelectronic Engineering B* **51-52**, 461-467 (2000)  
*J. Phys. D* **33**, L115-L118 (2000)  
*Mat. Sci. and Eng.* **B80**, 304-308 (2001)  
*Phys. Stat. Sol. A* **188**, 515-518 (2001)  
*J. Appl. Physics* **92**, 3179-3186 (2002)  
*Phys. Stat. Solidi.* **195**, 32-37 (2003)  
*J. Vac. Sci. Technol.* **B22**, 2673-2679 (2004)  
*J. Applied Physics* **100**, 043508 (2006)  
*J. of Applied Physics* **104**, 034309 / 1-7 (2008)  
*J. of Materials Chemistry* **19**, 840-848 (2009)  
*Nanotechnology* **20**, Issue: 7 Article: 075603 (2009)  
*Nanotechnology* **20**, Article:145704 pp1-9 (2009)  
*Physical Review B* **80**, 245324 pp:1-11 (2009)  
*Physical Review B* **80**, 245325 pp:1-9 (2009)  
*J. Appl. Phys.* **108**, 113117 (2010)  
*Physical Review B* **83**, 045303 (2011)  
*Applied Physics Letter* **99** 031103 (2011)  
*Journal of Crystal Growth* **353**, 1-4 (2012)  
*Microscopy and Microanalysis*, **18**, 1143-1154, (2012)  
*International Journal of High Speed Electronics and Systems* **21**, Issue 1, March, 1250010 (2012)  
*Microscopy and Microanalysis*, **19**, 698-705 (2013)  
*J. Appl. Phys.* **113**, 183106/1-11 (2013)  
*ACS Applied Materials & Interfaces* **6**, Pages 2235-2240 (2014)  
*ACS Appl. Mater. Interfaces* **8**, 8232-8238 (2016)

**Recubrimientos ópticos para UV**

*Thin Solid Films* **360**, 133-138 (2000)  
*J. Vac. Sci. Technology A* **18**, 2869-2876 (2000)  
*Applied Optics* **41**, 3196-3204 (2002)

**Sensores de Gas**

*J. Crystal Growth* **226**, 223-230 (2001)  
*Materials Science and Eng. B* **91-92**, 534-536 (2002)  
*Appl. Phys. Lett.* **80**, 329-331 (2002)  
*J. Appl. Phys.* **92**, 853-861 (2002)  
*Electrochemical Solid State Lett.* **7**, J17-J19 (2004)  
*Sensors and Actuators, B* **109** (1), 57-63 (2005)  
*Sensors and Actuators B*, **126**, 18-23 (2007)  
*Adv Func. Materials* **17**, 2957-2963 (2007)  
*Adv Func. Materials*, **17**, 1801-1806 (2007)  
*J. of Nanoparticle Research Vol* **10**, 369-375 (2008)  
*Sensors & Actuators B* **133**, 315-320 (2008)  
*Mat. Chemistry and Physics* **111**, 542-547 (2008)  
*J. Physical Chemistry C* **117**, 10086-10094 (2013)

**Dispositivos de electrolito sólido: sensores de gas y pilas de combustible**

*Journal of Power Sources* **118**, 256-264 (2003)  
*Electrochemical Solid State Letters* **7**, A373-A375 (2004)  
*Applied Physics Letters* **88**, 141920 (2006)  
*Solid State Ionics* **177**, 3117-3121 (2006)  
*J. Power Sources Vol* **174**, 257-263 (2007)  
*Sensors and Actuators B* **130** 561-566, (2008)  
*Solid State Ionics* **181**, 322-331 (2010)  
*Fuel Cells* **11**, Pages: 26-37 (2011)  
*Journal of Materials Chemistry A*, 4531-4538 (2013)  
*Fuell Cells*, **13**, 29-33 (2013)  
*J. Mater. Chem. A*, **2**, 3134-3141 (2014)  
*Journal of the European Ceramic Society* **35**, 3051-3061, (2015)

**Materiales magnéticos y para espintrónica**

*J. Appl. Phys.* **89**, 6314-6319 (2001)  
*Applied. Phys. Lett* **79**, 1655-1657 (2001)  
*J. Crystal Growth* **226**, 223-230 (2001)  
*Appl. Phys. Letters* **81**, 1603-1605 (2002)  
*J. Appl. Phys.* **93**, 2126-2134 (2003)  
*Physical Review B* **71**, 14407.1-14407.10 (2005)  
*J. Applied Physics* **99**, 73903 (2006)  
*Journal of Crystal Growth* **299**, 288-294 (2007)  
*Journal of Applied Physics* **101**, 093902 1-8 (2007)  
*Materials Science and Engineering B* **144**, 43-48 (2007)  
*Appl. Phys. Lett.* **91**, 252503-1/ 252503-3 (2007)  
*Physical Review B* **76**, 224415 (2007)  
*J. Applied Physics* **103**, 07E302-1 / 07E302-3 (2008)  
*J. Applied Physics* **103**, 07E303-1 / 07E303-3 (2008)  
*Small* **4**, No. 3, 365 - 371 (2008)

*Appl. Phys. Lett.* **93**, 112505-1- 112505-3 (2008)  
*Crystal Growth and Design* **9**, Pages: 1077-1081 (2009)  
*Applied Physics Letters*, **95**, 072507 pp 1-3 (2009)  
*ACS NANO* **4**, Pages: 4955-4961 (2010)  
*J. Appl. Phys.* **108**, 123907 (2010)  
*Appl. Phys. Lett.* **97**, 242508 (2010)  
*Phys. Rev. B* **84**, 144422 pp: 1-7 (2011)  
*Journal of Applied Physics* **110**, 103903-1-5 (2011)  
*Journal of Applied Physics* **111**, 013904 (2012)  
*Nanoscale*, **5**, 5561 (2013)  
*Nanoscale*, **5** Issue: 17, 8037-8044 (2013)  
*Physical Chemistry Chemical Physics* **15**, 18274-18280 (2013)  
*Applied Surface Science* **324**, 114-122, (2015)  
*Physical Review B* **94**, 014118 (2016)  
*Adv. Funct. Mater.* **26**, 6446-6453 (2016)

**Semiconductores y dispositivos basados en IV**

- J. of Applied Physics* **104** 064312-1 / 064312-7 (2008)  
*Nanotechnology* **20**, Article:155602, pp1-9 (2009)  
*Nanotechnology* **20**, Article:225604 pp1-5 (2009)  
*Nanotechnology* **20**, Article: 245608 pp1-9 (2009)  
*J. Crystal Growth and Design* **10** 1534–1543 (2010)  
*Applied Physics A* **100**, 287-295 (2010)  
*Optics Letters* **36**, 14 (2011)  
*Thin Solid Films* **520** (1), pp. 121-125 (2011)  
*Crystal Growth & Design* **11**, 5253-5259 (2011)  
*Energy Procedia*, vol **10**, 43-48 (2011)  
*Materials Science and Eng. B* **178**, 639– 644 (2013)  
*Materials Science and Eng. B* **178**, 551– 558 (2013)  
*Nanoscale* **5**, 9963-9970 (2013)  
*Appl. Phys. Lett.* **103**, 081102 (2013)
- Journal of Applied Physics* **114**, 184311 (2013)  
*J. Appl. Phys.* **114**, 233101 (2013)  
*ECS Transactions* **2013**, 81 -84 (2013)  
*Journal of Applied Physics* **115**, 244304 (2014)  
*Journal of Applied Physics* **115**, 204301 (2014)  
*Journal of Applied Physics* **115**, 203504 (2014)  
*Solar Energy Mat. & Solar Cells* **128**, 138–149 (2014)  
*Nanoscale*, **2014**, 6, 11911 (2014)  
*Journal of Applied Physics* **116**, 133505 (2014)  
*Nanotechnology* **26**, 85203 (7pp) (2015)  
*J. of Physical Chemistry C* **119**, 11800–11808 (2015)  
*Journal of Applied Physics* **119**, 113108 (2016)  
*Journal of Applied Physics* **120**, 135302 (2016)

**Nanomateriales y Nanopartículas**

- Applied Physics Letters* **86**, 32510.1-32510.3 (2005)  
*Physical Review* **B72**, 24441.1-6 (2005)  
*European Journal of Inorganic Chemistry Vol. 2008*, 954-960 (2008)  
*Physical Review B* **79**, Article: **014414** / 1-13 (2009)  
*Journal of the American Chemical Society* **132**, 9398-9407 (2010)  
*Nanoscale* **4** (16): 5138-5147 (2012)  
*Journal of Physical Chemistry C* **116**, 15108-15116 (2012)  
*Physical Review B* **87**, 024106 – 1/9 (2013)  
*Scientific Reports* **3**, Article: 1652, 1-8, (2013)  
*ACS Nano* **7**, 921-931(2013)  
*ACS Nano* **7**, 921-931 (2013)  
*Nature Communications* **4**, Article: 2960 (2013)  
*Nanoscale* **6**, 11911-11920 (2014)  
*Nanoscale* **7**, 3002-3015 (2015)  
*Cryst Eng Comm* **17**, 132-139 (2015)  
*Chem. Mater.* **27**, 1656–1664 (2015)  
*ACS applied materials & interfaces* **8** (6), 4109-17 (2016)  
*Chemistry of Materials*, **28** (19), pp. 7017-7028 (2016)  
*Chemistry of Materials*, **28** (21), pp 8025–8031 (2016)

**Microscopía Electrónica de Transmisión**

- Ultramicroscopy* **111**, 1504–1511 (2011)  
*Micron* **22**, Vol. 43, pp 30-36 / 1-7 (2012)  
*Micron* **43**, **910-915** (2012)  
*Ultramicroscopy* **116** , **135-137** (2012)  
*Ultramicroscopy* **122**, 12-18 (2012)  
*Journal of Microscopy* **252**, 23-34 (2013)  
*Applied Physics Letters* **105**, 053117 (2014)  
*Nanoscale* **6**, 6646 -6650 (2014)  
*Microscopy and Microanalysis* **20**, 698–705, (2014)  
*Journal of Microscopy* **262**, 142–150 (2016)  
*Nano Letters* **16**, 5068–5073 (2016)  
*Analyst* **141**, 4968-4972 (2016)  
*Microscopy and Microanalysis* **22**, 706-716 (2016)  
*Phys. Chem. Chem. Phys.* **18**, 23264-23276 (2016)

**Otras colaboraciones**

- Appl. Phys. Lett.* **92**, 163108-1 /163108-3 (2008)  
*IEEE Trans. on Appl. Superconductivity* **19**, 460-464 (2009)  
*Appl Phys B* **98**, 93–98 (2010)  
*Cryst. Eng. Comm.* **13**, 656-662 (2011)  
*Nanotechnology* **22**, 235403 (7pp) (2011)  
*Physical Review B* **86**, Article: 041407 (2012)  
*J. of Alloys and Compounds* **554** (2013) 89–96  
*J. of Physical Chemistry C* **117**, 13028-13036 (2013)  
*Solid State Ionics* **273**, 13–17, (2105)  
*Catalysis Today* **253**, 190–198 (2015)  
*ACS Applied Materials & Interfaces* **7**, (44) 24409-24418 (2015)  
*J. of American Ceramic Soc.* **99**, 420–1428 (2016)

#### 4.4.2 Artículos en libro y capítulos de libro

Incluir un listado detallado también alargaría innecesariamente la memoria. En el apartado 1.A.3. de la documentación justificativa se presentan todos los datos. He optado también por añadir un listado breve, por completitud de la memoria, agrupado por temáticas de investigación. Así, puede valorarse la seriedad de estas publicaciones derivadas en muchos casos de congresos internacionales de prestigio.

##### Semiconductores III-V

*Inst. Phys. Conf. Ser. Vol. 117*, 519 (1991)  
*Mat. Science Forum 83-87*, 1285-1290 (1992)  
*Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 240*, 111 (1992)  
*Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 240*, 189 (1992)  
*Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 263*, 101 (1992)  
*Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 263*, 353 (1992)  
*Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 263*, 467 (1992)  
**4<sup>th</sup> Int. Conf. on InP and related materials**" p. 97. (IEEE Catalog #92CH3104-7, New York, 1992)  
**XVI SOTAPOCS**, edited by D.N. Buckley, V. Swaminathan. pp. 141-150. The Electrochemical Society, Pennington (1992). ISBN: 1-56677-019-X  
**XVI SOTAPOCS**, edited by D.N. Buckley, V. Swaminathan. pp. 275-284. The Electrochemical Society, Pennington (1992). ISBN: 1-56677-019-X  
*Inst. Phys. Conf. Ser. Vol. 134*, 291 (1993)<sup>1</sup>  
*Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 281*, 133 (1993)<sup>2</sup>  
*Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 312*, 131 (1993)  
*Inst. Phys. Conf. Ser. Vol. 135*, 331 (1993)  
*Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 340*, 59, (1994)  
*Inst. Phys. Conf. Ser. Vol. 146*, 385 (1995)  
*Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 379*, 159 (1995)  
*Inst. Phys. Conf. Ser. 149*, 231 (1995)  
*Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 399*, 473 (1996)  
*Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 417*, 265 (1996)  
*Inst. Phys. Conf. Ser. 155*, 817 (1997)  
*Inst. Phys. Conf. Ser. 155*, 925 (1997)  
*Inst. Phys. Conf. Ser. 157*, 335-338 (1997)  
*Inst. Phys. Conf. Ser. 157*, 349-352 (1997)  
*Mat. Sci. Forum. 258-263*, 1211-1215 (1997)  
*Mat. Sci. Forum. 258-263*, 1689-1693 (1997)  
*Inst. Phys. Conf. Ser. 160*, 381-384 (1997)  
*Inst. Phys. Conf. Ser. 160*, 491-494 (1997)  
*Inst. Phys. Conf. Ser. 164*, 39-42 (1999)  
*Inst. Phys. Conf. Ser. 164*, 193-196 (1999)  
*Inst. Phys. Conf. Ser. 164*, 571-574 (1999)  
*Inst. Phys. Conf. Ser. 169*, 463-466 (2001)  
*Mat. Res. Soc. Symp., 892*, 357-362 (2006)

*Springer Proceedings in Physics: Microscopy of Semiconducting Materials Vol. 120*, p. 273-277 (2007)  
**2009 Conferencia Española de Dispositivos Electrónicos CDE'09**", pp: 61-64 (2009)  
**2009 Conferencia Española de Dispositivos Electrónicos CDE'09**", pp: 65-68, (2009)  
**XXIV Congress of the Spanish Microscopy Society (SME XXIV) and XLIV annual meeting of the Portuguese Society for Microscopy**, pp-227-228 (2009)  
 Ed. Joint Meeting of the Spanish and Portuguese Microscopy Societies.M-26.778-2009  
**XXIV Congress of the Spanish Microscopy Society (SME XXIV) and XLIV annual meeting of the Portuguese Society for Microscopy**, pp-305-306 (2009)  
 Ed. Joint Meeting of the Spanish and Portuguese Microscopy Societies.M-26.778-2009  
**XXIV Congress of the Spanish Microscopy Society (SME XXIV) and XLIV annual meeting of the Portuguese Society for Microscopy**, pp-309-310 (2009)  
 Ed. Joint Meeting of the Spanish and Portuguese Microscopy Societies, M-26.778-2009  
**XXIV Congress of the Spanish Microscopy Society (SME XXIV) and XLIV annual meeting of the Portuguese Society for Microscopy**, pp-309-310 (2009)  
 Ed. Joint Meeting of the Spanish and Portuguese Microscopy Societies, M-26.778-2009  
**Journal of Physics Conference Series, Vol. 326** (2011), pp 012014-1-4

<sup>1</sup> Mi primera conferencia en un Congreso Internacional, en Oxford

<sup>2</sup> Mi primera conferencia en USA, en San Francisco, poco antes de la defensa de la Tesis Doctoral.

**Recubrimientos ópticos para UV**

**Advances in Optical Interference Coatings, SPIE Vol. 3738**, 436-445 (1999). ISSN:0277-786X.

**Sensores de Gas**

**Mat. Res. Soc. Symp. Proc.**, 638, F5.41.1-6 (2001)

**Inst. Phys. Conf. Ser.** 169, 69-72 (2001) ISBN:0-7503-0818-4

**Inst. Phys. Conf. Ser.** 169, 73-76 (2001)

**Proceedings of the 2001 1st IEEE Conference on Nanotechnology.** IEEE-NANO 2001 (Cat. No.01EX516) pp.534-9. Piscataway, NJ, USA

**Inst. Phys. Conf. Ser.** 180, 79-82 (2003)

**Mat. Res. Soc. Symp. Proc.** 818, 61-65 (2004)

**Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio**, 43 (2), 510-513 (2004) ISSN:0366-3175

**Springer Proceedings in Physics vol. 107, Microscopy of Semiconducting Materials**, pp: 333-336 (2005)

**Proceedings 5th Spanish Conference on Electron Devices**, Published by, IEEE, 345 E 47TH ST, NEW YORK, NY 10017 USA, Pages: 517-520 Tarragona, Spain, Feb. 2-4, (2005)

**Nanotechnology II Book Series: Proceedings of the society of photo-optical instrumentation engineers (SPIE)** 5838, 61-68 (2005)

**Mat. Res. Soc. Symp. Proc.** 915, 191-196 (2006)

**Dispositivos de electrolito sólido: sensores de gas y pilas de combustible**

**Mat. Res. Soc. Symp. Proc.** 822, 103-108 (2004)

**Mat. Res. Soc. Symp. Proc.** 822, 109-114 (2004)

**Proceedings 5th Spanish Conference on Electron Devices**, Published by, IEEE, 345 E 47TH ST, NEW YORK, NY 10017 USA, Pages: 225-228 (2005)

**Proceedings 5th Spanish Conference on Electron Devices**, Published by, IEEE, 345 E 47TH ST, NEW YORK, NY 10017 USA, Pages: 421-424 (2005)

**Proceedings 5th Spanish Conference on Electron Devices**, Published by, IEEE, 345 E 47TH ST, NEW YORK, NY 10017 USA, Pages: 585-588 (2005) ISBN: 0-7803-8810-0

**Proceedings of the 7th Solid Oxide Fuel Cell Forum**, pp. P0514-150, (2006)

**Materiales magnéticos y para espintrónica**

**Inst. Phys. Conf. Ser** 169, 149-152 (2001)

**Nanotechnology II Book Series: proceedings of the society of photo-optical instrumentation engineers (SPIE)** 5838 (Nanotechnology II), 266-275, (2005)

**Los Alamos National Laboratory, Preprint Archive, Condensed Matter** (2007) arXiv:0708.3602v1 Editorial 103774 - Los Alamos National Laboratory

**XXIV Congress of the Spanish Microscopy Society (SME XXIV) and XLIV annual meeting of the Portuguese Society for Microscopy**, pp-224-225 (2009).

Ed. Joint Meeting of the Spanish and Portuguese Microscopy Societies.

Depósito legal: M-26.778- (2009)

**Proceedings of the 2nd Joint Congress of the Portuguese and Spanish Microscopy Societies: Microscopy at the Frontiers of Science 2011** (Aveiro, 18-22 October 2011), MSO29: pp:161-162.

### Semiconductores y dispositivos basados en IV

*Anales de Física*, serie B 87, p. 7-17. (1991)  
*Inst. Phys. Conf. Ser. Vol. 146*, 503 (1995)  
*Inst. Phys. Conf. Ser. Vol. 146*, 529 (1995)

### Nanomateriales y Nanopartículas

*Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Joint Congress of the Portuguese and Spanish Microscopy Societies: Microscopy at the Frontiers of Science 2011* (Aveiro, 18-22 October 2011), MSO31: pp:165-166.

### Microscopía Electrónica de Transmisión

Book of Abstracts of the *8th Spanish Conference on Electron Devices*, Vol. 1, pp.263-264.  
 ISBN: 978-1-4244-7864-4

*Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Joint Congress of the Portuguese and Spanish Microscopy Societies: Microscopy at the Frontiers of Science 2011* (Aveiro, 18-22 October 2011), MSO24: pp:151-152.

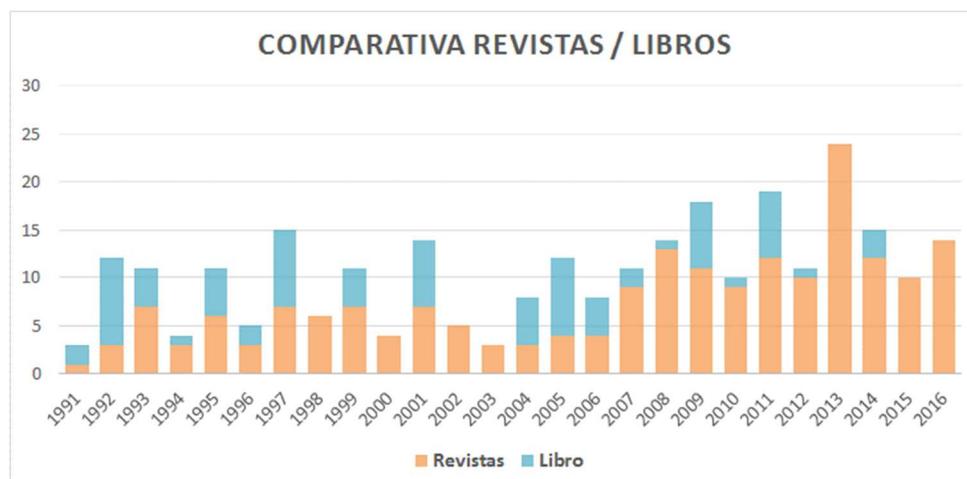
*Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Joint Congress of the Portuguese and Spanish Microscopy Societies: Microscopy at the Frontiers of Science 2011* (Aveiro, 18-22 October 2011), MSO26: pp:155-157.

*Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Joint Congress of the Portuguese and Spanish Microscopy Societies: Microscopy at the Frontiers of Science 2011* (Aveiro, 18-22 October 2011), MSO43: pp:189-190.

*3D Reconstruction: Methods, applications and challenges, Computer Science, Technology and applications*, pp: 67-82 (2014)

## 4.4.3 Resumen cuantitativo

Para una visión global rápida, el gráfico de la [Figura 4.61](#) nos presenta la distribución de las publicaciones en revistas y en libro a lo largo del tiempo. Vemos que las publicaciones en proceedings de congresos eran muy frecuentes al inicio de la carrera investigadora. Sin embargo en la etapa más reciente ha pasado a ser un medio de difusión muy poco utilizado, básicamente porque el impacto en términos de citas suele ser muy bajo.



**Figura 4.61.** Distribución de las publicaciones en revistas indexadas y en libros o capítulos de libro a lo largo de la trayectoria científica.

He preparado también unas tablas que resumen los datos cuantitativos más significativos de la productividad científica escrita y que se presentan en las [Figura 4.62](#) y [Figura 4.63](#).

REVISTAS	Nº
Artículos en revistas indexadas	197
Artículos en Q1	102
Artículos como primer autor	21
Artículos como último autor	21
Artículos dirigidos	46
INDICES DE IMPACTO > 9	
<i>Nano Letters</i> 2106 (1)	14,867
ACS Nano (3)	14,486
<i>J. American Chemical Society</i> (1)	12,376
<i>Nature Communications</i> (1)	12,001
<i>Advanced Functional Materials</i> (3)	11,774
<i>Chemistry of Materials</i> (4)	9,363
REVISTAS (> 3 artículos)	
<i>Journal of Applied Physics</i>	31
<i>Applied Physics Letters</i>	19
<i>Physical Review B</i>	11
<i>Nanoscale</i>	8
<i>Nanotechnology</i>	7
<i>J. of Vacuum Science Technology B</i>	6
<i>Thin Solid Films</i>	4
<i>ACS Applied Materials Interfaces</i>	4
<i>Journal of Crystal Growth</i>	4
<i>Journal of Physical Chemistry C</i>	4
<i>Microscopy and Microanalysis</i>	4
<i>Sensors and Actuators B Chemical</i>	4
<i>Thin Solid Films</i>	4
<i>Applied Surface Science</i>	3
<i>Crystal Growth Design</i>	3
<i>Materials Letters</i>	3
<i>Solid State Ionics</i>	3
<i>Ultramicroscopy</i>	3

**Figura 4.62.** Datos principales de las publicaciones en revistas.

LIBROS	Nº
Artículos en libro / Capítulos de libro	81
Artículos en libro como primer autor	21
Artículos en libro como último autor)	9
Artículos dirigidos	37
TIPOLOGÍA DE LIBROS (> 3)	
Institute Physics Conference Series	22
Mat. Research Soc. Sym. Proc.	15
Microscopy of Semic. Materials	12
Material Science and Engineering B	8
Spanish Conf. on Electron Devices	6
Materials Science Forum	3

**Figura 4.63.** Datos principales de las publicaciones en libros

### 4.4.4 Análisis bibliométrico de las publicaciones

#### a) Distribución por cuartiles

Entraremos a analizar algunos **datos bibliométricos** de estas publicaciones. El primer factor a tener en cuenta es el **cuartil** al que pertenecen las revistas. La **Figura 4.64a** nos presenta los resultados. El **52 % de mis publicaciones son de primer cuartil**, y el **30% están incluso en el primer decil** de su categoría. Las revistas en Q3, corresponden en su mayoría a comunicaciones presentadas a congresos, pero que se publicaban en revista después de un procedimiento de revisión por pares. También algún caso de revista que ha ido decayendo como *J. Cryst. Growth*. Este es el caso de también de muchas de las revistas que ahora están en Q2, siendo el más emblemático el de *J. App. Phys*. Es más importante ver la evolución a lo largo del tiempo (**Figura 4.64b**) y constatar una **mejora significativa de las publicaciones en Q1 en lo últimos años**.

PORCENTAJE DE ARTICULOS SEGÚN CUARTIL

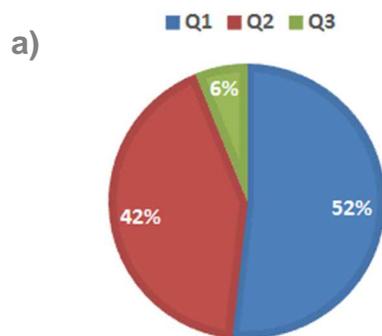


Figura 4.64. a) Distribución de las revistas por cuartil. b) Distribución temporal del número de publicaciones en revistas por cuartil

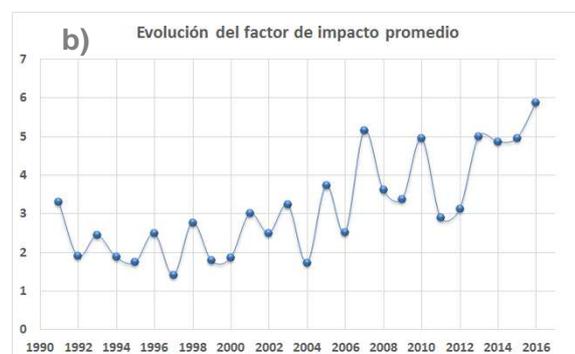
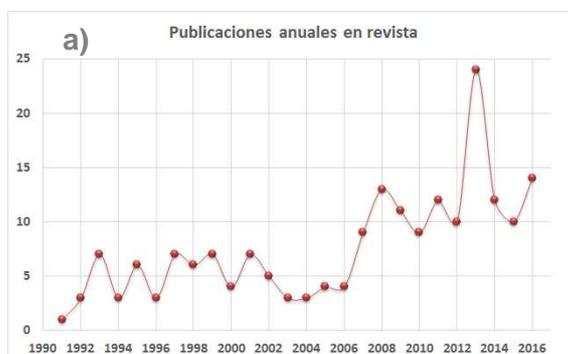
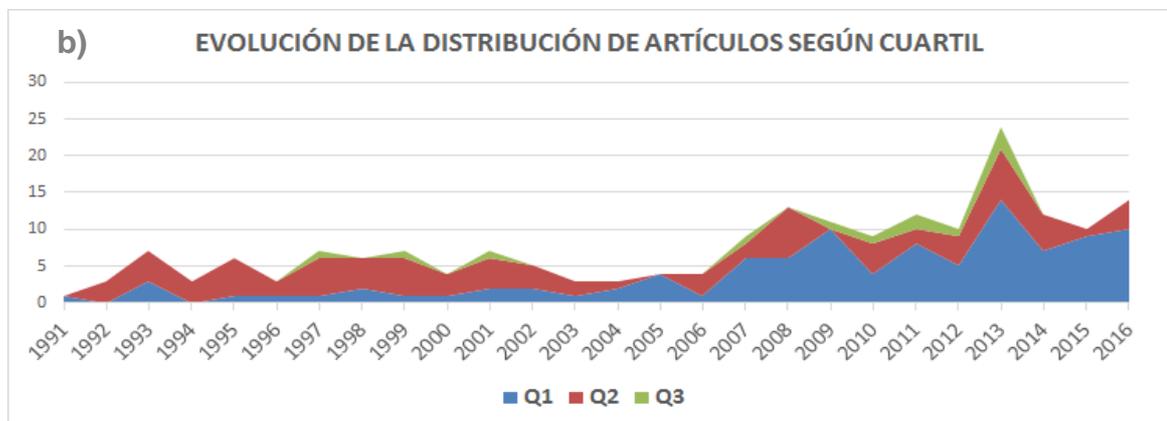
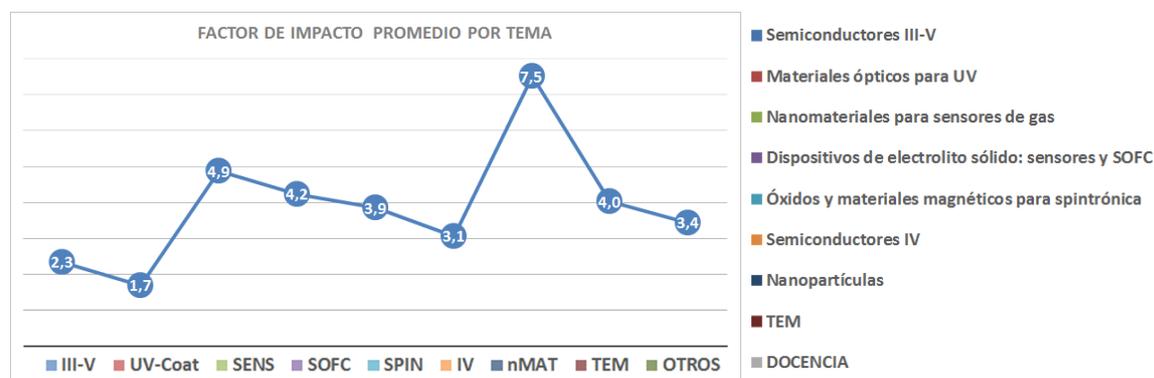


Figura 4.65. a) Nº de publicaciones por año en revistas indexadas. b) Factor de impacto promedio por año.

### b) Análisis de factor de impacto

La envolvente de la [Figura 4.64a](#) nos muestra de hecho el número de publicaciones anuales en revista como vemos en la [Figura 4.65a](#) que, aunque parezca información redundante, no lo es tanto si se compara con la evolución del **segundo parámetro significativo: el factor de impacto** de las revistas. La [Figura 4.65b](#) nos muestra la evolución del valor promedio anual de este parámetro. La **evolución hacia índices de impacto mayores es evidente**, habiendo alcanzado en 2016, un **promedio de más de 5.8** con un número total de 14 artículos en este año. Curiosamente, el año 2013, presenta un pico significativo en el número de publicaciones; coinciden en este año un buen número de artículos que mencionábamos como procedentes de congresos, a menudo con índices de impacto muy bajos, y que repercuten significativamente en el promedio anual. Si no contásemos esos artículos, el índice de impacto promedio mejoraría de 5 a 5.7. Otro hecho significativo que merece la pena destacar está relacionado con el bajo índice de impacto promedio de los **años 2011-2012, años en los que se publicaron trabajos en revistas muy significativas en el campo de la microscopía electrónica como es *Ultramicroscopy*, pero con un índice de impacto por debajo de tres**. Con ello, me gustaría recalcar que el índice de impacto es un buen parámetro, pero **en campos de investigación muy específicos, y especialmente en los instrumentales, resulta perjudicial** si sólo se atiende al valor y no a la especificidad de la revista en su área temática.

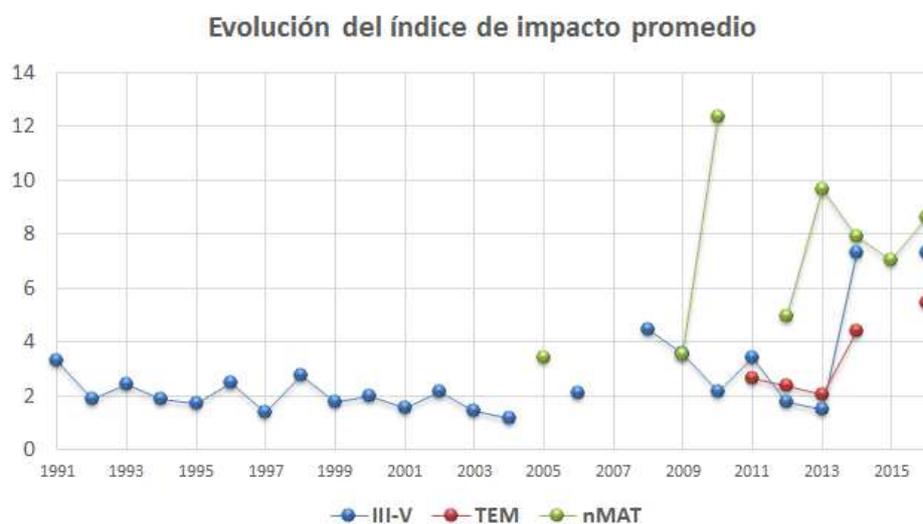
Completar la visión con una valoración del índice de impacto promedio según el tema de investigación ([Figura 4.66](#)) nos da una nueva perspectiva. Claramente, el trabajo reciente en nanomateriales, especialmente en nanopartículas, es uno de los campos con mayor repercusión en la actualidad. Si prestamos atención a los semiconductores III-V podríamos entender que el índice de impacto bajo (2.3) justificase que fuera un tema en decadencia al principio de mi trayectoria.



**Figura 4.66.** Factor de impacto promedio de las publicaciones en función del tema de investigación.

Si lo miramos de otra manera, y analizamos el índice promedio en este área de los semiconductores en función del tiempo ([Figura 4.67](#) en azul) vemos que, en efecto, durante los primeros años, las revistas eran más bien mediocres, y con tendencia a la baja. Más recientemente y según la aplicación última que tengan los materiales, se puede alcanzar publicaciones de alto impacto, como las últimas publicaciones en *ACS Applied Materials & Interfaces* (2014 y 2016) sobre nanohilos de GaN para aplicaciones en la electrolisis del agua. En este mismo gráfico, vemos la evolución del índice de impacto promedio en la temática de los nanomateriales y nanopartículas (verde) y de la microscopía (rojo), ambas con evoluciones claramente al alza. La evolución temporal del índice de impacto promedio desglosado para los

principales temas de investigación, redundando en el argumento de la importancia de la elección de la publicación. En los años 2011 a 2013 hubo un número importante de publicaciones en temáticas de microscopía y en revistas como *Ultramicroscopy* y *Micron*, con índices moderados. Más recientemente, en los años 2014 y 2016, aunque hemos publicado también trabajos muy específicos de microscopía, la elección de la revista como *Nano Letters* o *Analyst* marca mucho una tendencia al alza. En el extremo contrario, en los primeros años de investigación, publicar los resultados sobre III-V en revistas de bajo impacto como *J. Vacuum Science and Technology*, *Materials Science and Engineering*, o *Journal of Electronic Materials*, no fue muy buena idea. A toro pasado, es fácil la crítica. Sólo es una reflexión para poner en relieve la relevancia (uy! a camino entre pleonismo y aliteración) y **consecuencias de la elección de una buena revista para dar difusión a los resultados.**

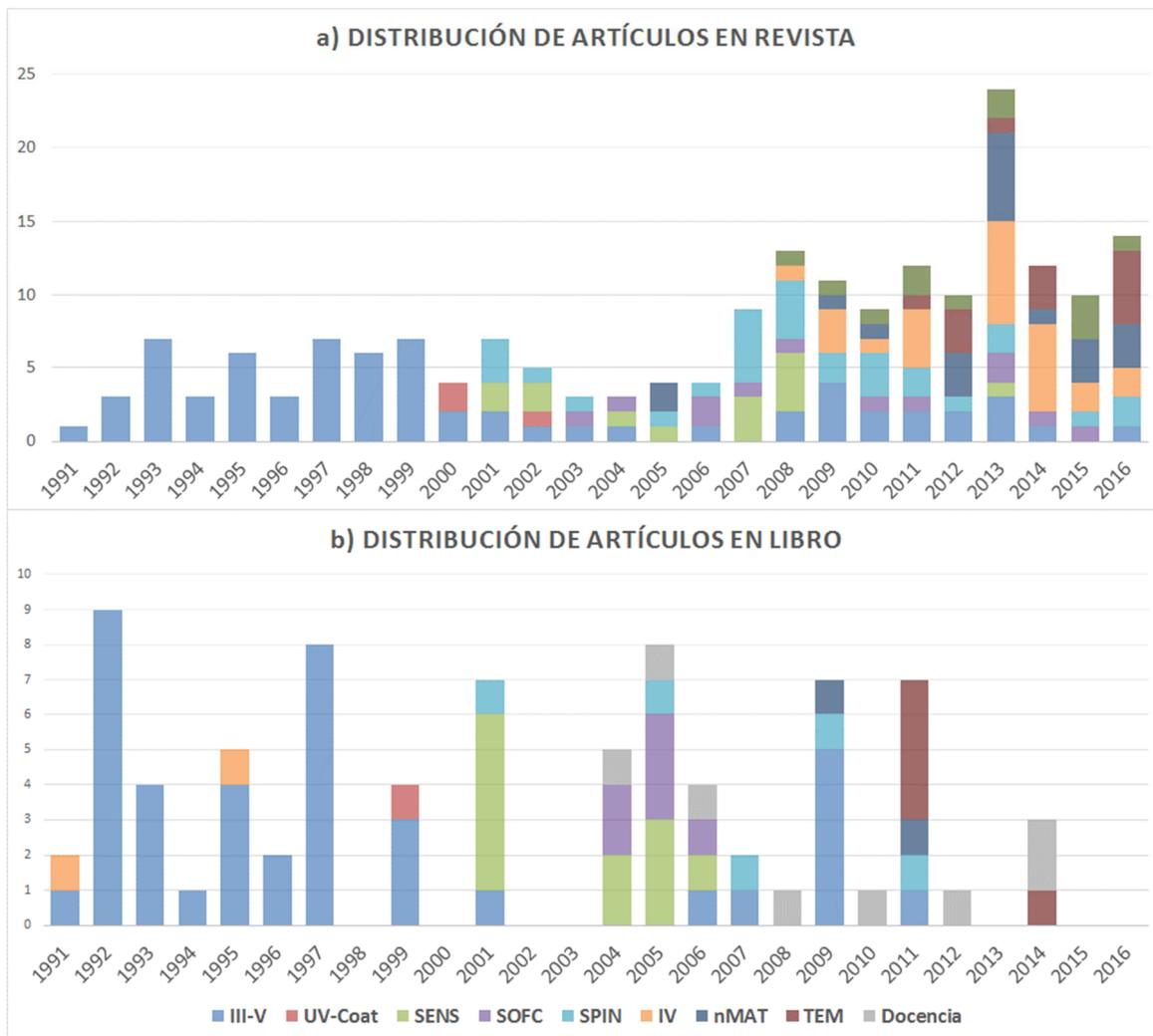


**Figura 4.67.** Factor de impacto promedio a lo largo del tiempo de las revistas en que hemos publicado trabajos, según los temas más significativos de investigación.

### c) Distribución por temáticas de investigación

Ya que prestamos atención a la evolución temporal, será bueno entrar en detalles y desglosar las publicaciones en revista por área temática como se presenta en la [figura 4.68a](#). Claramente se ve reflejada la intensa actividad en semiconductores III-V, casi en exclusiva, durante la etapa doctoral y postdoctoral y cómo posteriormente se diversifica la productividad en las temáticas de sensores y pilas de combustible, con una tendencia al alza de la temática de materiales con propiedades magnéticas a partir del 2005, gracias a la participación en los proyectos NANOMAS y CTP2009, CTP2011. La productividad en semiconductores IV y en microscopía, se corresponde con la participación en los proyectos NASCENT y Consolider respectivamente, además de los MAT2010 y MAT2013 comentados.

Podemos observar **un valle entre 2000-2006**, en que el número de publicaciones es algo menor que la media. **Cambiar de temática de trabajo hacia los sensores y pilas se refleja en esta disminución aparente.** Pero no es éste el único motivo. Retomaremos esta reflexión algo más tarde.

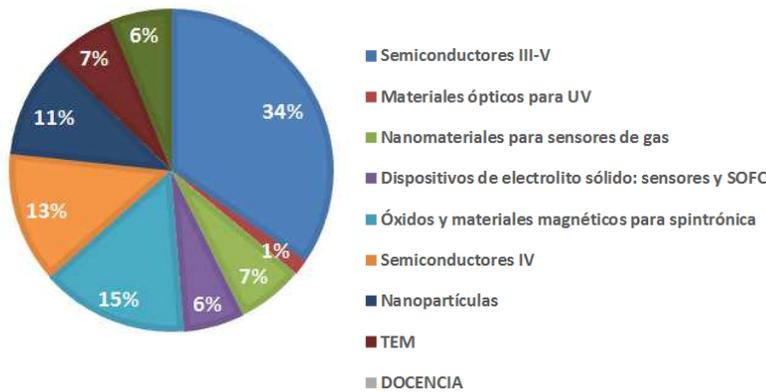


**Figura 4.68.** Distribución de artículos en revista (a) o en libro o capítulos de libro (b) agrupadas por tema de investigación a lo largo de mi trayectoria.

El análisis no quedaría completo sin ver también la distribución por temática y año de los trabajos publicados en libro, como se presenta en la [figura 4.68b](#). De nuevo se observa una clara preponderancia de los semiconductores III-V al principio de la trayectoria investigadora, fruto de la participación en congresos, como se detallará en el apartado 4.4.5. Queda claro también que un buen porcentaje del trabajo en dispositivos de electrolito sólido fue presentado en congresos y publicado en sus respectivos proceedings. Recientemente, las contribuciones en libro en la temática de microscopía también provienen de los congresos hispano-portugueses en su mayoría, aunque también hay algún capítulo de libro no ligado a conferencias. He incorporado también en este gráfico **las publicaciones en docencia** (que aparecen en gris) por completitud y para tener una visión más global de la productividad. Vemos que las contribuciones en **el período 2004-2006 complementan la productividad en investigación, haciendo menos profundo ese valle** que habíamos señalado en la [figura 4.68a](#).

A modo de resumen global, es interesante visualizar el **porcentaje de publicaciones en función de la temática de investigación**. Hemos hecho ese análisis tanto para los artículos en revista ([figura 4.69a](#)) como para los artículos en libro ([figura 4.69b](#)). En ambos casos, los trabajos sobre semiconductores III-V son los más numerosos, y se refleja también una actividad intensa en sensores de gas, materiales para espintrónica, nanomateriales y semiconductores IV.

ARTÍCULOS POR TEMA EN REVISTA



ARTÍCULOS POR TEMA EN LIBRO

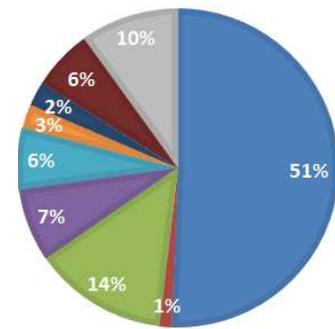


Figura 4.69. Distribución en porcentaje de las publicaciones en función de la temática de investigación, en revista y en libro.

d) **Análisis de la autoría**

Además de la relevancia de las revistas y el número (calidad y cantidad), es obligatorio hacer una reflexión sobre la autoría de estos trabajos. Los he clasificado en función de si soy primer autor, o figuro en última posición o si en estas posiciones está alguno de los miembros de LENS, ya que en ese caso la autoría es plenamente del LENS. Después he considerado los trabajos en que el primer o el último autor es miembro del MIND, por ser las colaboraciones más próximas, y finalmente aquellos en los que sólo estamos en las posiciones intermedias de autoría, y por lo tanto, aunque nuestra contribución es significativa, el peso de la autoría recae en nuestros colaboradores. El resultado se presenta en la **figura 4.70**. Naturalmente hay **una evolución natural desde ocupar la primera posición en la lista de autoría en los primeros años, hasta ocupar la última posición como líder del grupo**.

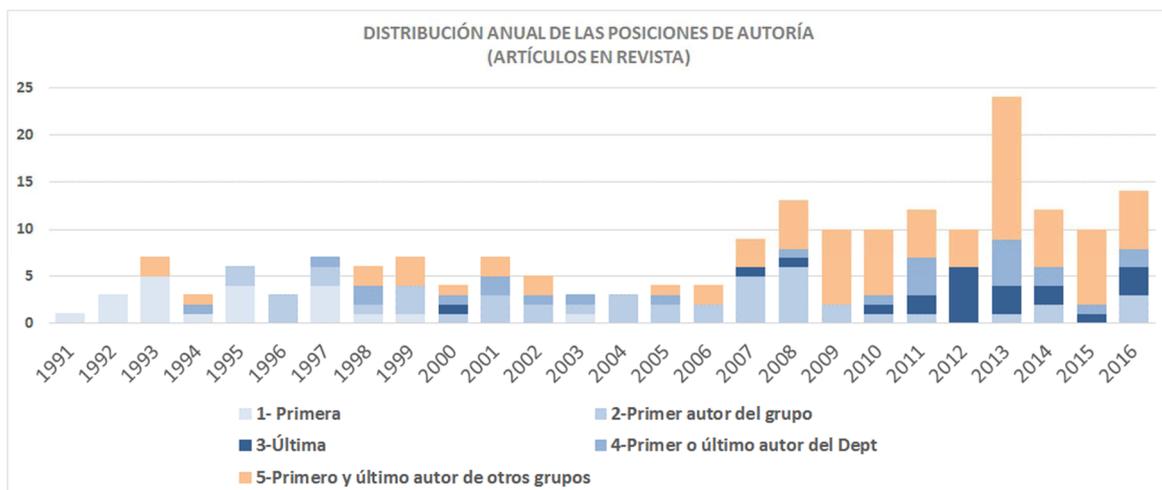
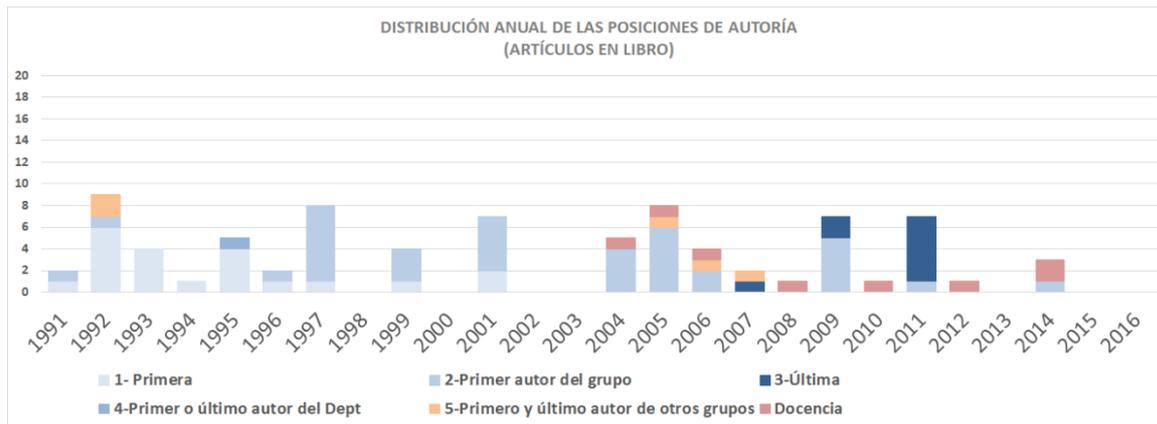


Figura 4.70. Clasificación de las publicaciones en revistas indexadas de acuerdo a las posiciones en la lista de autores.



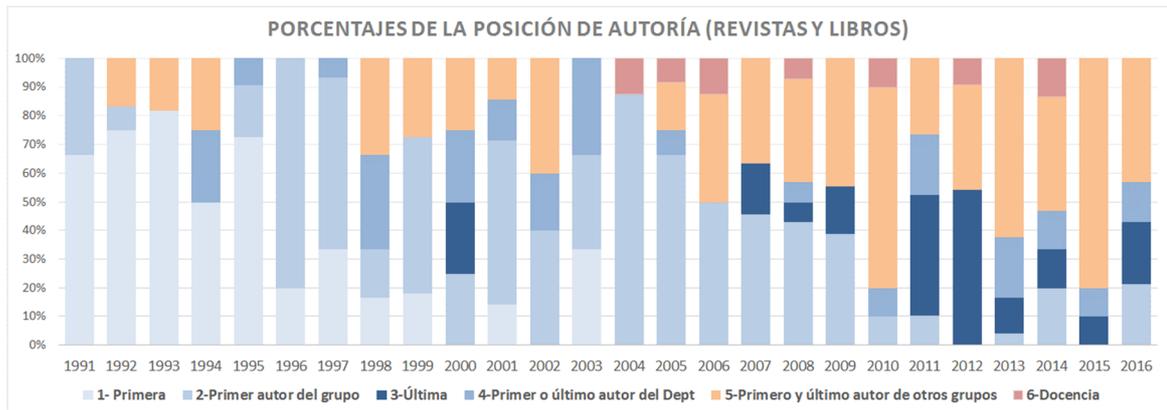
**Figura 4.71.** Clasificación de las publicaciones de artículos en libro o capítulos de libro, con procesos de revisión previos, de acuerdo a las posiciones en la lista de autores.

Si nos fijamos en los años 2014 o 2016, vemos que a pesar de que el primer autor es del grupo LENS, no ocupó ni la primera ni la última posición en la lista de autores. Esa última posición, corresponde a mi compañera la Dra. Sònia Estradé, cuyos méritos como especialista en EELS, la han hecho merecedora de esa posición. En este momento, en el que LENS está consolidado y avanzando, es de justicia reconocer dichos méritos, más aún teniendo en cuenta que se valoran en convocatorias nacionales e internacionales. En resumen, he sido primera autora del 10,7% de estos trabajos, curiosamente el mismo porcentaje corresponde al número de artículos en los que aparezco en última posición, un 10,7 % para ser más exactos. Y a estos, hemos de añadir aquellos cuya primera autoría es de un doctorando bajo mi dirección, que suman el 23,4 %. En total, un **45% de las revistas son trabajos liderados por LENS**, un 13% en colaboración con otros miembros del MIND y el restante 42% en colaboración con otros grupos de investigación nacionales y extranjeros.

La visión no sería completa si no añadiéramos también los **artículos publicados en libros** (como por ejemplo las publicaciones en las series de *Institute Physics Conferences (IPCS)* o los proceedings de las conferencias Materials Research Society (MRS). Teniendo en cuenta que son publicaciones en libro, añadiremos también las publicaciones relativas a docencia. Los resultados se presentan en la **figura 4.71**. Si miramos los porcentajes de autoría en este caso, casi el **83% de las publicaciones en libro corresponden a publicaciones lideradas por LENS**, (de ellas un 26% como primer autor, un 46% como director, y 11% en última posición) a las que hay que añadir el 9,8 % relativo a las de docencia, con lo que sólo queda un 7,4 % en colaboración con otros grupos.

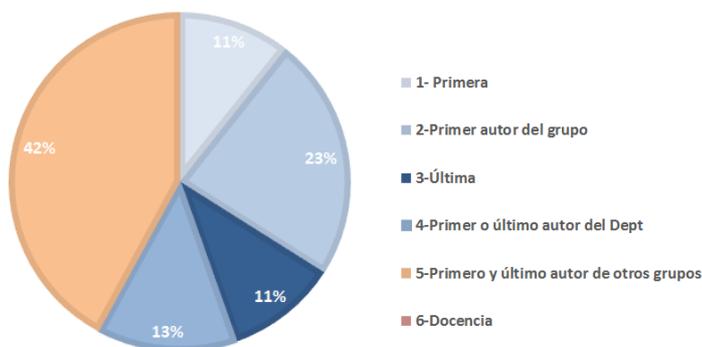
Retomamos el tema de la baja productividad en algún período. Comparando los gráficos de las **figuras 4.68 y 4.70-4.71**, destaca un período entre 2003 y 2006 con una productividad algo menor en cuanto a publicaciones en revista se refiere. Podemos **correlacionar bastante bien el ritmo de publicaciones en este período, con una dedicación mayor a las actividades de innovación docente**, que se iniciaron en el 2003 y se desarrollaron con intensidad a lo largo del período 2004-2006 con el proyecto REDICE y los MQD de la Generalitat como ya se comentó en el capítulo 3. Quizás también destaque una productividad baja en el 1996 y en 2000, seguramente consecuencia de cuatro motivos, uno de ellos, el cambio de temática hacia los sensores de gas<sup>1</sup> como ya se ha comentado. En el capítulo 5 se añadirá algún motivo más.

<sup>1</sup> Los otros tres, el nacimiento de mi hija mayor en 1996 y el de mis dos hijas mellizas a finales de 1999.

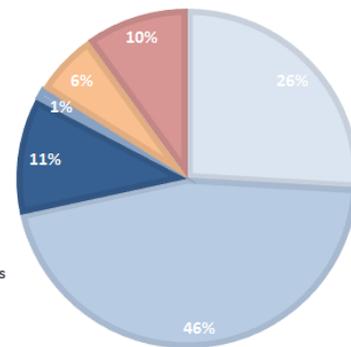


**Figura 4.72.** Porcentaje de distribución de las posiciones en la lista de autores incluyendo los artículos en revista, en libros, y los capítulos de libros de investigación y docencia.

**POSICIÓN EN LA LISTA DE AUTORES (REVISTAS)**



**POSICIÓN EN LA LISTA DE AUTORES (LIBROS)**



**Figura 4.73.** Porcentaje de distribución de las posiciones en la lista de autores incluyendo los artículos en revista (izquierda) y en libros o capítulos de libro (derecha).

Finalmente, podemos elaborar un **gráfico global, que incluya tanto las publicaciones en revistas como los artículos en libro (figura 4.72)** desglosados también en las respectivas **figuras 4.73a y 4.73b** que quizás ilustren mejor el peso en la autoría a lo largo de los años. Así, podemos destacar:

- Evolución desde primer autor en los años de doctorado y etapa postdoctoral a ocupar la última posición como líder del grupo LENS.
- Un 60% de los trabajos son de autoría principal de miembros de LENS y un 40% en colaboración con otros grupos.
- Incremento paulatino de los artículos publicados en colaboración con otros grupos de investigación, especialmente a partir del 2010 con el despegue de las actividades de microscopía electrónica.
- Rendimiento de la actividad de innovación docente a partir del 2004
- Menor peso de este rendimiento en innovación docente frente al rendimiento en investigación, a pesar de las muchas horas de dedicación que supone la puesta en marcha de las metodologías docentes expuestas en el capítulo 3.

### e) Análisis de citas: contexto general y desglose

Para hacer el análisis bibliométrico de este capítulo, hemos consultado **Web of Science**<sup>1</sup>. Los índices de impacto se han computado sobre los últimos cinco años de la revista<sup>2</sup>. La primera valoración extraída directamente de esta fuente nos presenta los siguientes datos:

ARTÍCULOS		216
Total de veces citado		3798
Total de veces citado sin citas propias		3509
Artículos en que se cita		3075
Artículos totales en que se cita sin citas propias		2950
Promedio de citas por elemento		17.58
Promedio de citas por año		146
Máximo de citas por artículo		262
Número de artículos con citas >75		10
<b>h-index</b>		<b>30</b>

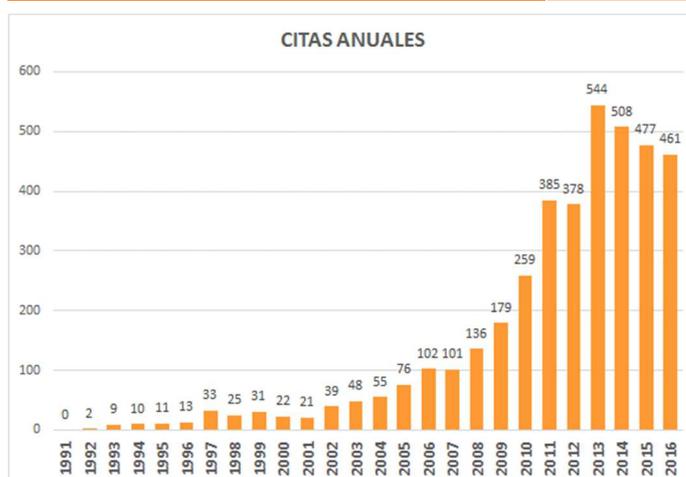


Figura 4.74. Valores de citación y gráfico de la evolución del número de citas anuales.

Según la **figura 4.74**, mi actividad investigadora tuvo un impacto creciente a partir del 2003, y en mayor medida a partir del 2009, alcanzando su valor máximo en el 2013. Un ligero descenso marca el período 2014-2016, pero aún podemos afirmar **que la repercusión de mi trabajo en la comunidad científica se mantiene en niveles óptimos**. La **figura 4.75**, nos demuestra que el área en que he sido más activa es claramente la de **Física Aplicada y Ciencia de Materiales**, seguidas de cerca por las áreas de **Nanociencia y Nanotecnología y Microscopía**. Plena adecuación por tanto de las revistas en que hemos publicado con la actividad que hemos venido describiendo, en plena consonancia con la pertenencia al Departamento de Electrónica y al Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (In2UB) como instituciones de investigación.

Las revistas en que he publicado más frecuentemente se presentan en la **figura 4.76**. Aunque las más frecuentes sean **J. Applied Physics, Applied Physics Letters y Physical Review B**, cuyo índice de impacto ha ido decreciendo con el tiempo frente a otras publicaciones con un enfoque más moderno en el campo de la Nanociencia y la Nanotecnología, es importante recordar aquí las publicaciones con un alto índice de impacto que se resumieron en la tabla de la **figura 4.62** y que incluyen revistas como **Nano Letters, ACS Nano y Nature Communications**. Merece la pena recordar las publicaciones en libro **figura 4.77**, muchas veces derivadas de congresos.

<sup>1</sup> Acceso via la FECYT <https://www.accesowok.fecyt.es/> y con fecha límite de cómputo de datos en el año 2016.

<sup>2</sup> Los índices de impacto del año de la publicación aparecen en el **listado 1.A.1**.

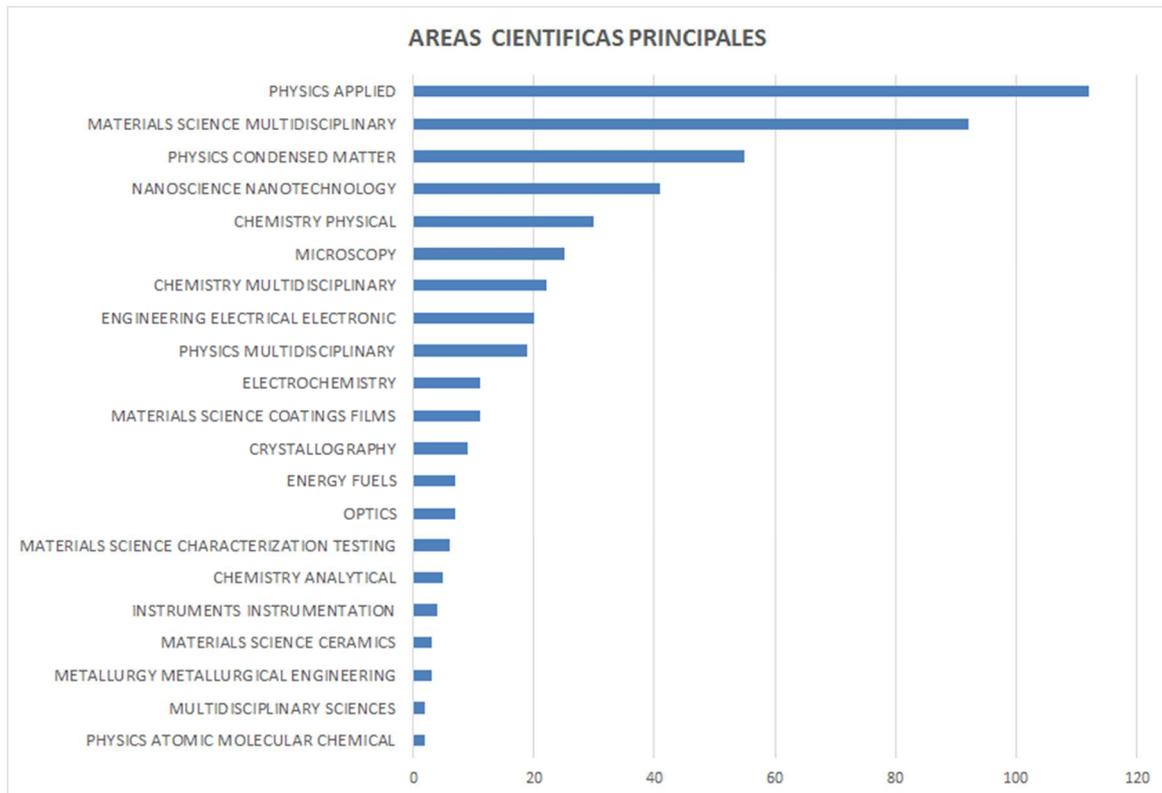


Figura 4.75. Distribución de los trabajos por área científica

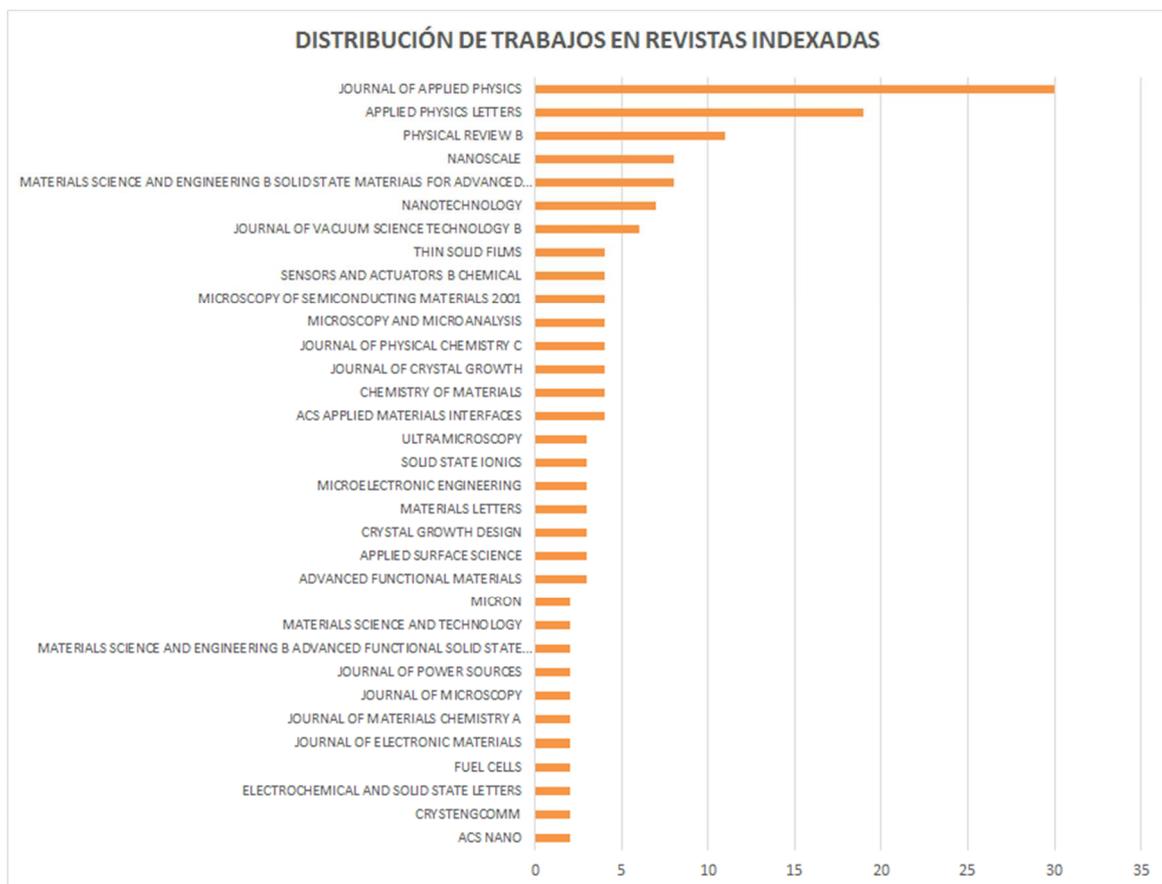


Figura 4.76. Distribución de los trabajos en las revistas principales en que he publicado

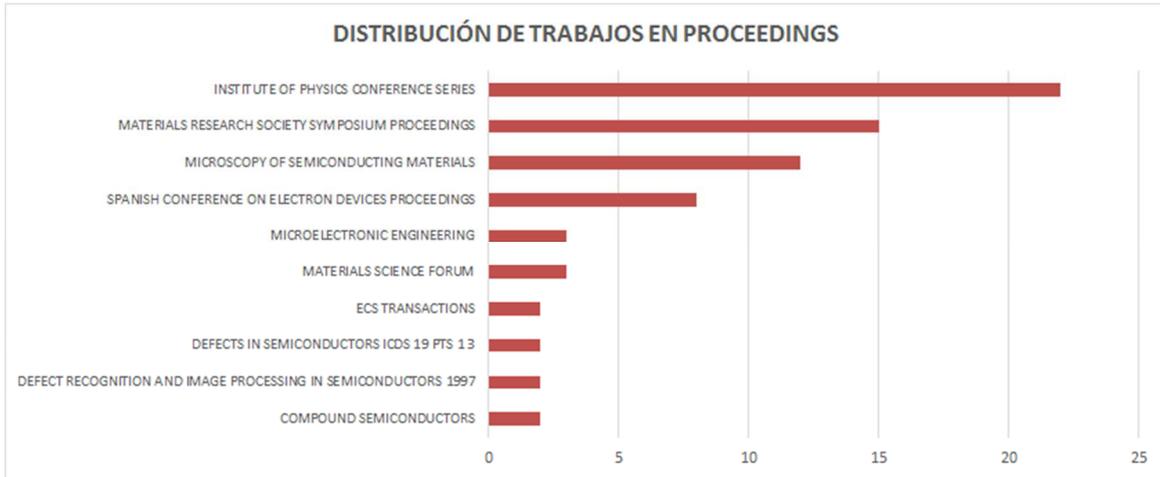


Figura 4.77. Principales publicaciones en proceedings de conferencias

Después de esta visión general del contexto, podemos pasar a valorar un poco más en detalle, las citas que ha recibido nuestro trabajo. Para ello, será más adecuado **desglosar los resultados por temáticas de investigación**. El primer intento para analizar la información está en la **figura 4.78a** donde se computa el número total de citas para cada uno de los temas de investigación. Más allá de un valor cuantitativo y de ver que los trabajos sobre semiconductores III-V y sobre materiales para sensores de gas son los más citados, poca información mas podemos extraer de este gráfico. Expresado en porcentaje como en la figura **figura 4.78b**, sólo mejoramos un poco la información, cuantificando que las citas sobre estas dos temáticas se llevan por si sólo el 50% de las citas recibidas, seguidas de los trabajos sobre materiales magnéticos con un 14% de las citas.

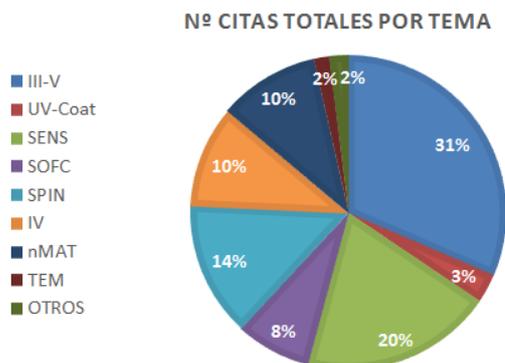
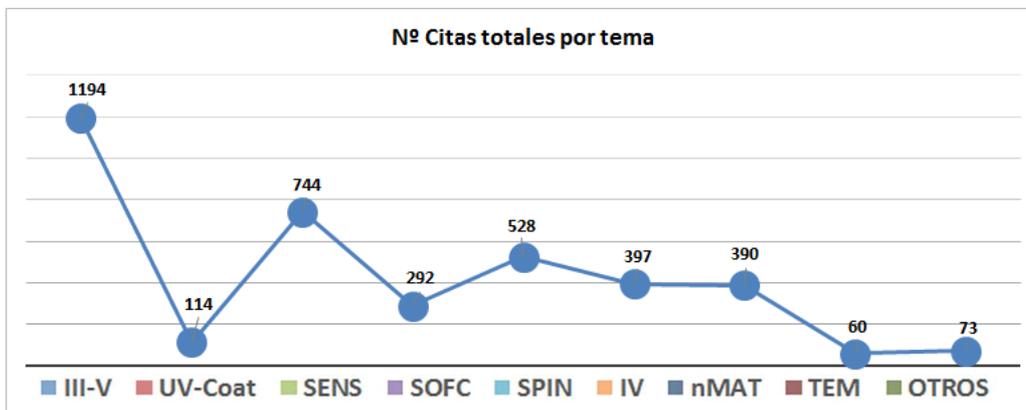


Figura 4.78. a) Número de citas global para cada tema de investigación.  
b) Porcentaje de citas recibido para cada tema de trabajo

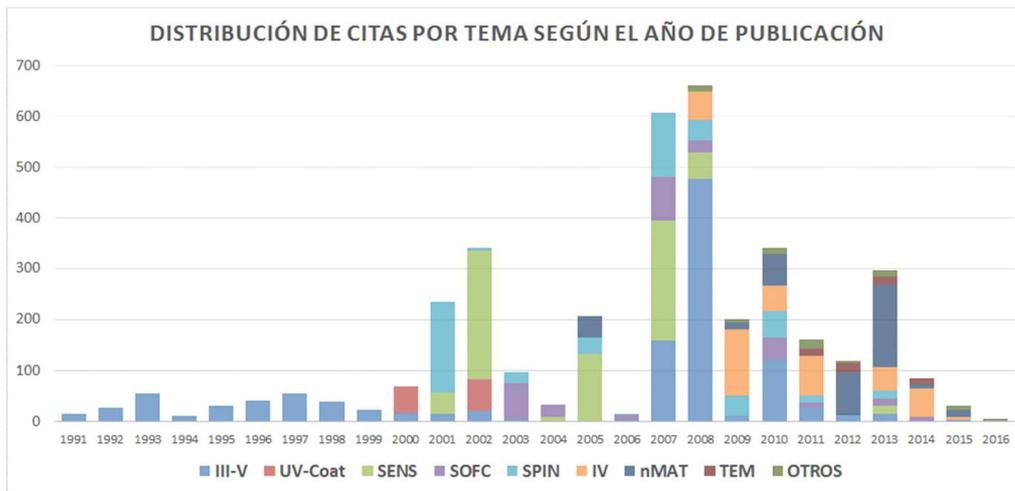


Figura 4.79. Principales publicaciones en proceedings de conferencias

Algo más de información tendremos si desglosamos las citas por tema, pero también en función del año de publicación del artículo (figura 4.79). Tampoco es mucha más la información que podemos extraer de este gráfico, pero sirve para ver que los artículos sobre III-V publicados en el 2007, han recibido un buen número de citas, así como los trabajos sobre materiales para sensores de gas publicados en el periodo 2002-2007. Más recientemente, los artículos sobre nanocristales de Si y otras nanopartículas son los más citados.

Para tener una información más relevante y poder cruzar las temáticas de investigación con su impacto en el entorno científico, hemos de elaborar unos gráficos algo más completos. En las figuras siguientes se mostrarán las **citaciones recibidas anualmente por los distintos artículos de cada temática y en función del tiempo transcurrido desde su publicación**. Para cada artículo se indica únicamente el año de publicación en la respectiva leyenda de cada gráfico, siendo el color más oscuro para los artículos de más antigüedad.

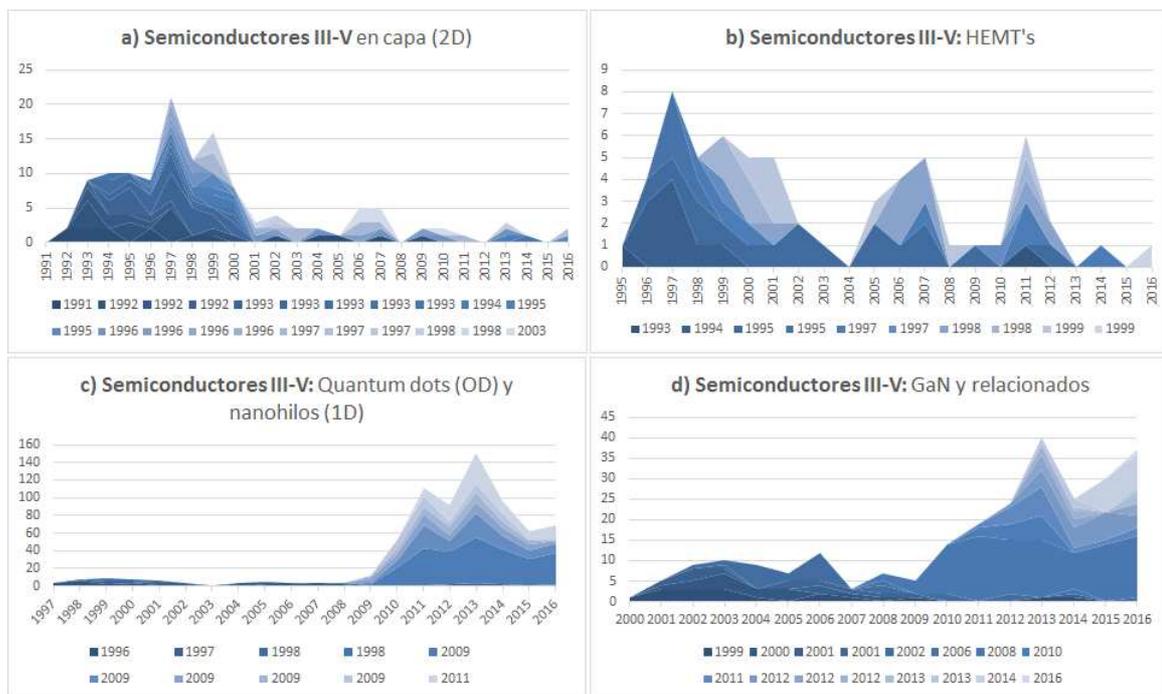


Figura 4.80. Citaciones en la temática de semiconductores III-V

Empezamos como siempre por los **semiconductores III-V**, que se presenta en la **figura 4.80**, para los que hemos desglosado a) las capas delgadas (2D), b) los dispositivos HEMT, c) las nanoestructuras 0D y 1D (puntos cuánticos y nanohilos respectivamente, y d) los trabajos sobre GaN y compuestos ternarios relacionados. Podríamos resumir los puntos claves, que además permiten recordar brevemente los aspectos más significativos de la trayectoria investigadora:

- 1991 – 1998: Optimización del crecimiento de capas tensionadas de III-V
- 1993 – 1999: Optimización de la fabricación de HEMT's (crecimiento y metalizaciones)
- 1996 – 2001: Puntos cuánticos de III-V
- 2009 – 2011: Optimización del crecimiento de nanohilos de III-V
- 1999 – 2010: Nanohilos de GaN
- 2010 en adelante: Nanocolumnas, nanohilos y dispositivos optoelectrónicos.

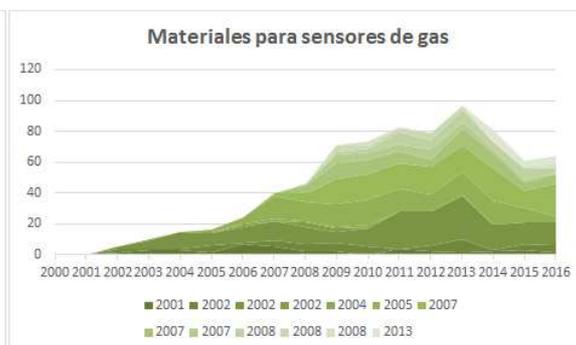
Los tres primeros descriptores corresponden a la tesis doctoral, y claramente se observa en los gráficos (**figura 4.80a-c**), que son áreas que ya han agotado prácticamente su ciclo de interés. Solamente los nanohilos y en especial si son de GaN mantienen su vigencia. En esta temática es en la que hemos conseguido **el máximo de citaciones, con 262** citas al artículo *Structural and optical properties of high quality zinc-blende/wurtzite GaAs nanowire heterostructures*, **Physical Review B 80**, 245325 pp:1-9 (2009). Continuar la investigación en el campo de los semiconductores III-V, específicamente en su vertiente más aplicada, es decir, dispositivos para aplicaciones específicas (fotovoltaica, electrolisis del agua, fotoconvertidores, etc) está aún más que razonablemente justificada.

Las otras dos áreas de trabajo, los recubrimientos ópticos para aplicaciones de ultravioleta y los materiales sensores de gas se muestran en las **figuras 4.81 y 4.82**. Curiosamente vemos que son **trabajos aún no agotados ya que están recibiendo citas** incluso en el presente año. Son por lo tanto trabajos de una repercusión muy significativa.

El artículo [*Ultraviolet optical and microstructural properties of MgF<sub>2</sub>- and LaF<sub>3</sub>-coatings deposited by ion-beam sputtering and boat and electron-beam evaporation*, **Applied Optics 41**, 3196-3204 (2002), ha recibido ya 84 citas].



**Figura 4.81.** Citaciones en la temática de recubrimientos ópticos basados en MgF<sub>2</sub> y LaF<sub>3</sub>



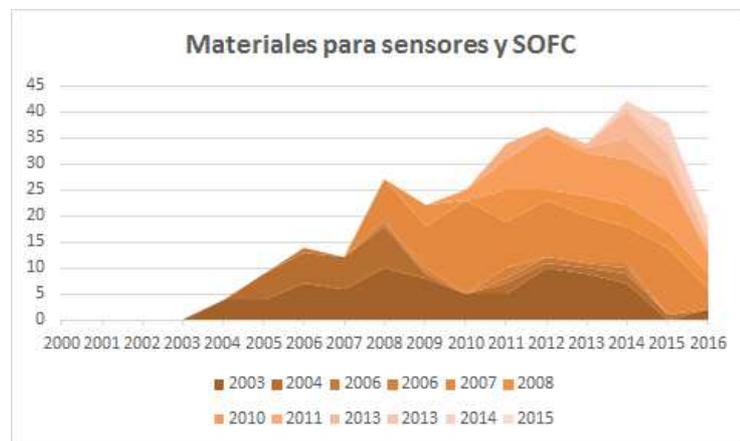
**Figura 4.82.** Citaciones en la temática de materiales para sensores de gas.

De la temática de **materiales para sensores de gas**, tres artículos han superado la centena de citas y uno de ellos las 200 [*Effects of Nb doping on the TiO<sub>2</sub> anatase-to-rutile phase transition* **J. Appl. Phys.** **92**, 853-861 (2002)], que se sitúa ya en 202 citas]. Recordemos también brevemente los puntos clave de las publicaciones de este bloque:

- Síntesis de óxidos nanoporosos para sensores de gas como replicas de matrices mesoporosas
- Introducción de dopantes en los óxidos para mejorar las prestaciones sensoras
- Control de la anodización de la alúmina para matrices mesoporosas

Vemos que la gran mayoría de los trabajos de este tema ha tenido una fuerte repercusión, y parece que por el remonte en el número de citas en el año pasado aún no se ha agotado del todo.

**Figura 4.83.** Citaciones en la temática de dispositivos basados en electrolito sólido.



Si nos vamos ahora a la temática de los **dispositivos basados en electrolito sólido** (sensores amperométricos y pilas de combustible) hemos de prestar atención a la **figura 4.83**. Vemos que trabajos publicados en 2003, han ido recibiendo citas hasta el año pasado. En particular, los artículos dedicados a la síntesis de los polvos precursores [*Synthesis of nanocrystalline materials for SOFC applications by acrylamide polymerisation*, **J. of Power Sources** **118**, 256-264 (2003)] y nuevos materiales para electrodos [*GdBaCo<sub>2</sub>O<sub>5+x</sub> layered perovskite as an intermediate temperature solid oxide fuel cell cathode*, **J. Power Sources Vol 174**, 257-263 (2007)]. En global, sin embargo, parece que el impacto de aquellas publicaciones ya va llegando a su fin. Si recordamos los aspectos principales de esta área:

- Síntesis de nuevos materiales óxidos para electrodos y electrolitos de pila de combustible.
- Control de las técnicas de serigrafía.
- Diseño y test de sensores amperométricos.
- Fabricación y medidas eléctricas de las pilas de combustible.

A día de hoy, el interés en las estructuras micromecanizadas y la utilización de membranas de YSZ suspendidas y microcalefactores integrados con tecnología compatible con procesos CMOS por un lado, y por el otro lado la tecnología basada en impresión sobre substratos flexibles por inyección de tinta, han desplazado el interés de las técnicas de serigrafía como posible tecnología de escalado.

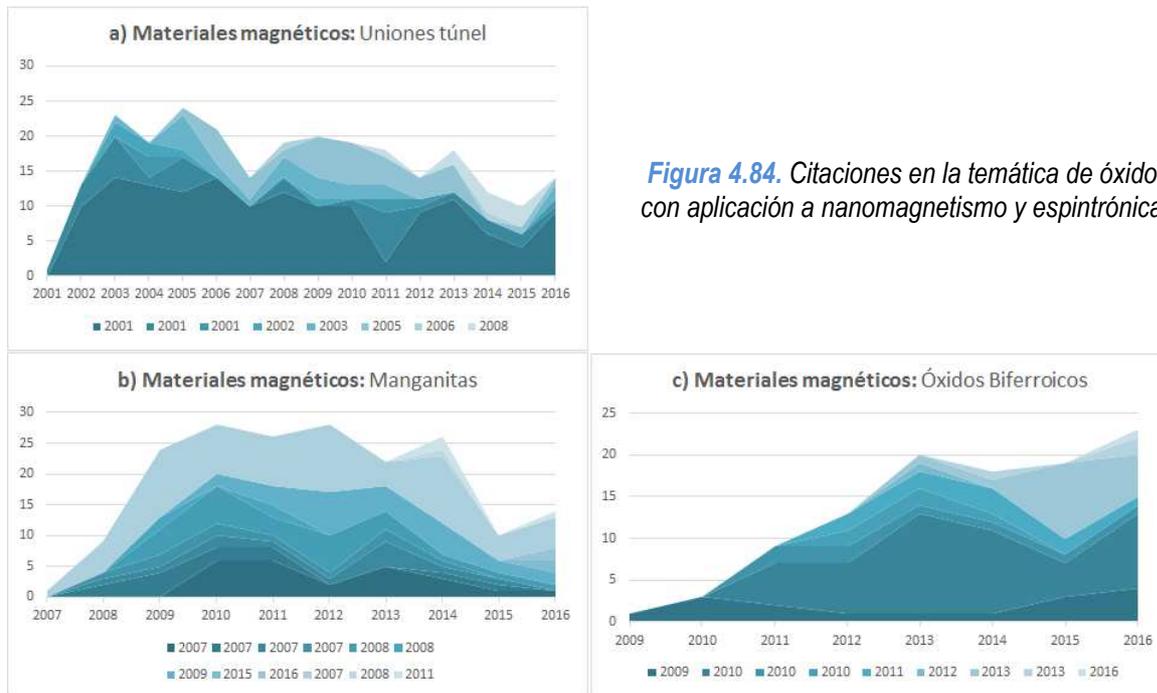


Figura 4.84. Citaciones en la temática de óxidos con aplicación a nanomagnetismo y espintrónica.

El siguiente tema será el de los **materiales para aplicaciones en nanomagnetismo y espintrónica**. Para esta temática hemos separado tres bloques: a) los primeros trabajos en uniones túneles magnéticas, b) las manganitas de metales de transición y c) los materiales biferroicos y magnetoelásticos con propiedades mixtas. De estas tres etapas, las principales cuestiones tratadas fueron:

- Optimización de heteroestructuras para uniones túnel.
- Influencia de la temperatura, sustratos y dirección de crecimiento en la calidad de manganitas de La/Ca e influencia de los recubrimientos de STO.
- Estabilización de óxidos con estructura espinela.
- Anisotropías magnéticas en función de las tensiones inducidas por la desadaptación con el sustrato.
- Ordenación de carga en óxidos complejos y fenómenos de difusión de Ti.
- Acoplamiento de las propiedades ferromagnéticas, ferroeléctricas y magnetoelásticas.

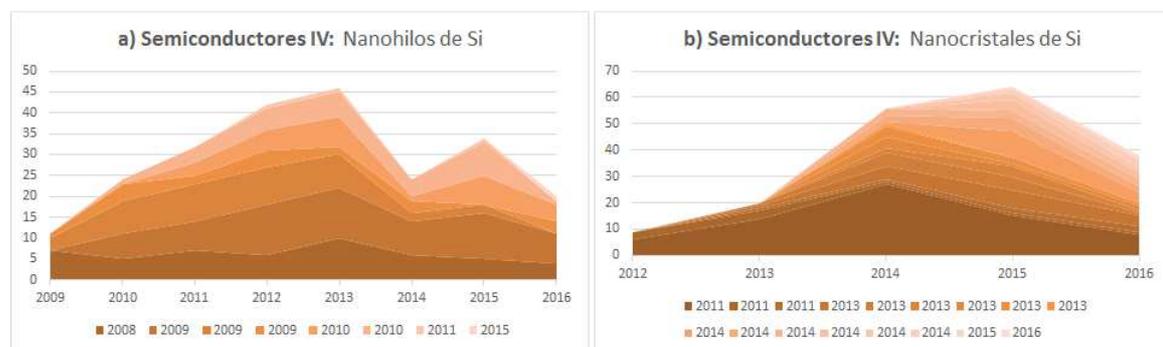
A juzgar por los gráficos de la [figura 4.84](#), podríamos hablar de tres situaciones distintas. Por un lado, en el gráfico a) vemos un interés mantenido hasta la actualidad. Son las publicaciones sobre la temática de magnetoresistencia gigante en uniones túneles magnéticas. El artículo *Large magnetoresistance in Fe/MgO/FeCo(001) epitaxial tunnel junctions on GaAs(001)*, **Applied. Phys. Lett** **79**, 1655-1657 (2001), en el que participé con la caracterización por TEM de las estructuras, suma un total de 46 citas). Por otro lado, en lo que hace referencia a los artículos sobre la optimización del crecimiento de capas tensionadas, y de distintos tipos de manganitas, aunque la repercusión ha sido notable, parece que el interés empieza a decaer, con la excepción de un pequeño repunte en el 2016. De este bloque destacaríamos el trabajo *Elastic and orbital effects on thickness-dependent properties of manganite thin films*, **Physical Review B** **76**, 224415 (2007), con 68 citaciones. Finalmente, de la tercera etapa, a pesar de la relativa reciente fecha de aparición, destacan ya los trabajos relativos al acoplamiento de la polarización eléctrica y magnetización en estructuras de ferritas de cobalto y níquel de estructura espinela [*Selectable spontaneous polarization direction and magnetic anisotropy in BiFeO<sub>3</sub>-CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> epitaxial*

*nanostructures*, **ACS NANO** 4, Pages: 4955-4961 (2010), con 46 citas] y una demostración experimental del acoplamiento magnetoeléctrico en estructuras ferroeléctricas y ferromagnéticas [The direct magnetoelectric effect in ferroelectric–ferromagnetic epitaxial heterostructures **Nanoscale** 5, 8037-8044 (2013), con 16 citas hasta el momento]. En ambos casos, con una clara tendencia al alza y por lo tanto con un ciclo de vida aún en las etapas iniciales de desarrollo.

En la temática de los **semiconductores IV**, **figura 4.85**, claramente podemos diferenciar el bloque dedicado a los nanohilos de Si, y el bloque de los nanocristales de Si para aplicaciones optoelectrónicas b). En estos dos casos, de evolución muy similar, parece que la etapa de máxima repercusión haya pasado ya a juzgar por la tendencia decreciente de ambos gráficos. Las problemáticas específicas que se abordaron en esta sección fueron:

- Crecimiento de nanohilos con semilla catalítica o en ausencia de ella
- Análisis de crecimiento, facetado y estructuras cúbica o hexagonal en función de las condiciones de crecimiento.
- Optimización de la formación de nanocristales de Si entre capas dieléctricas

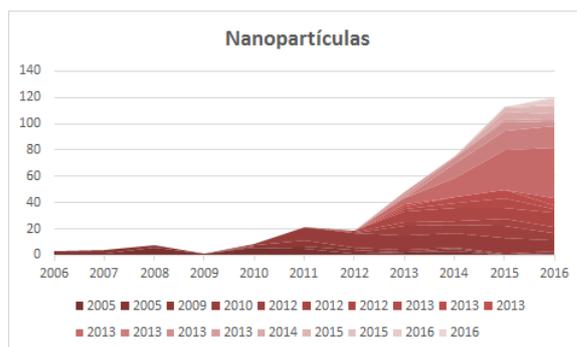
Del bloque a), en general todos los artículos han tenido una buena repercusión destacan los trabajos dedicados a los nanohilos crecidos asistidos por plasma *Plasma-enhanced low temperature growth of silicon nanowires and hierarchical structures by using tin and indium catalysts*, **Nanotechnology** 20, Article: 225604 pp1-5 (2009), con unas 70 citas]. Del segundo bloque, el trabajo de referencia está también dedicado al crecimiento asistido por plasma pero en este caso de los nanocristales [*Formation of size-controlled silicon nanocrystals in plasma enhanced chemical vapor deposition grown SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>/SiO<sub>2</sub> superlattices*, **Thin Solid Films** 520, pp. 121-125 (2011), también con 70 citas (redundando en el paralelismo).



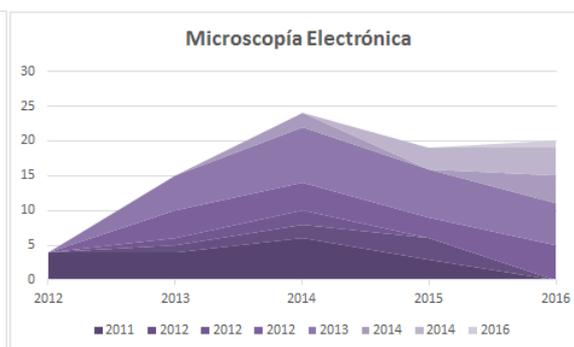
**Figura 4.85.** Citaciones en la temática de semiconductores del grupo IV, diferenciando entre a) Nanohilos de Si y b) Nanocristales.

Llegamos ya al bloque dedicado a las **nanopartículas**. No hay más que mirar al gráfico de la figura **figura 4.86** para ver que es un tema de plena actualidad con una tendencia creciente más que evidente. Los primeros trabajos, dedicados a los nanocristales de Co y sus propiedades magnéticas en función de la temperatura de crecimiento y material de pasivación, pasaron sin demasiada pena ni gloria durante el período 2005-2009. Posteriormente otras problemáticas más actuales fueron:

- Elucidación de estructuras núcleo-corteza
- Nanopartículas cúbicas de óxidos de Fe para aplicaciones en hipertermia.
- Acoplamiento magnético entre el núcleo y la corteza de las nanopartículas.



**Figura 4.86.** Citaciones en la temática de nanopartículas. Electrónica.



**Figura 4.87.** Citaciones en la temática de los trabajos específicos de Microscopía

Destacan dos trabajos por el número de citas, *Size-Dependent Passivation Shell and Magnetic Properties in Antiferromagnetic /Ferrimagnetic Core/Shell MnO Nanoparticles*, **Journal of the American Chemical Society** **132**, Pages: 9398-9407 (2010), con 64 citas, y *Learning from nature to improve the heat generation of iron-oxide nanoparticles for magnetic hyperthermia applications*, **Scientific Reports** **3**, Article: 1652, 1-8, (2013), con 88 citas.

Finalmente, en el tema de Microscopía Electrónica (figura 4.87), el corto intervalo de tiempo hace difícil valorar la repercusión de nuestros trabajos. La combinación tomografía precesión, publicada en 2011, ha tenido hasta el momento unas 17 citas [*A new approach for 3D reconstruction from bright field TEM imaging: Beam Precession Assisted Electron Tomography*, **Ultramicroscopy** **111**, 1504–1511 (2011)]; la combinación tomografía y espectroscopía EELS publicada en 2012, también se mantiene sobre unas 16 citas [*EEL spectroscopic tomography: towards a new dimension in nanomaterials analysis*, **Ultramicroscopy** **122**, 12-18 (2012)]; los trabajos sobre precesión electrónica para la identificación de estructuras [*Orientation and phase mapping in the Transmission Electron Microscope using precession-assisted diffraction spot recognition: state-of-the-art results*, **J. of Microscopy** **252**, 23-34 (2013)] suman unas 26 citas, pero sin embargo, los de precesión-espectroscopía, no han sido demasiado citados aún [*EELS signal enhancement by means of beam precession in the TEM*, **Ultramicroscopy** **116**, 135-137 (2012)]. Por último, el reciente trabajo sobre el mapeado en 3D de los estados de valencia del Fe en estructuras núcleo capa [*3D Visualization of the Iron Oxidation State in FeO/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Core-Shell Nanocubes from Electron Energy Loss Tomography*, **Nano Letters** **16**, 5068–5073 (2016)] es demasiado reciente para valorar su impacto. No podemos dejar de mencionar de nuevo, la especificidad de estas temáticas que en parte justifica su repercusión moderada en términos absolutos. Por otro lado, que reconocidos microscopistas de prestigio citen nuestro trabajo en sus artículos de revisión [19,20] es un indicador de calidad, para mí, más significativo que algunos parámetros cuantitativos.

Por último, me gustaría concluir esta sección con dos reflexiones. En primer lugar, la **escasa relevancia que tienen las publicaciones en proceedings** en términos de citas. Apenas los de las conferencias de Materials Research Society han recibido alguna citación, del todo carentes de significado estadístico para incluir detalles en este apartado. En segundo lugar, la **discrepancia entre las fuentes consultadas, Web of Science y Scopus**<sup>1</sup>, que a menudo presentan diferencias muy significativas en el cómputo de las citas referidas. Y tampoco sería justo acabar sin recordar explícitamente que muchos de estos trabajos mencionados han sido una colaboración entre miembros del grupo LENS y otros investigadores nacionales e internacionales como se comenta en los apartados 4.3.2 y 4.5 respectivamente.

<sup>1</sup> Esta última ha sido la fuente para la elaboración de los gráficos de citas.

## 4.4.5 Comunicaciones a congresos

### a) Contexto general

No creo necesario incluir en este punto de la memoria un listado detallado de las comunicaciones que hemos presentado en congresos nacionales e internacionales <sup>1</sup>, algunas ya apuntadas en los listados de las publicaciones en libro del apartado 4.4.2. Si creo conveniente desglosar aquellos eventos a los que presentamos comunicaciones prácticamente en cada edición, y aquellos a los que asistimos casi con la misma frecuencia con la que se organizan, especialmente en la temática de microscopía. Con ello, nos haremos una idea rápida de la tipología de congresos en los que solemos dar difusión a los resultados y los que son más relevantes como punto de encuentro de los mejores especialistas nacionales e internacionales. Estos congresos se presentan resumidos en la [figura 4.88](#), con indicación de los lugares en que se han celebrado las recientes ediciones.

CONGRESOS INTERNACIONALES		ULTIMAS EDICIONES
<b>MICROSCOPIA</b>		
<b>IMC</b>	International Microscopy Conference	Sapporo (2006) / Rio (2010) / Praga (2014)
<b>EMC</b>	European Microscopy Conference	Aachen (2008) / Manchester (2012) / Lyon (2016)
<b>MSN</b>	Microscopy of Semiconducting Materials	Oxford (2013) / Cambridge (2015)
<b>EDGE</b>	Enhanced Data Generated by Electrons	Sainte AtalnatMaxime (2013) / Okinawa (2017)
<b>JEELS</b>	Journées de l'EELS	AixLesBains (2012) / Roscoff (2014) /Tarragona (2016)
<b>MATERIALES</b>		
<b>MRS</b>	Meeting Materials Research Society	Fall meeting Boston / Spring meeting - Phoenix
<b>E-MRS</b>	European Meeting of Materials Research Society	Fall meeting Varsow / Spring meeting Strasbourg
<b>EUROMAT</b>	European Congress and Exhibition on Advanced Materials and Processes	Sevilla (2013) / Warsaw (2015) / Tesaloniki (2017)
<b>MMM</b>	Magnetism and Magnetic Materials	Atlanta (2010)
<b>INTERMAG</b>	International Magnetism Conference	Chicago (2013) / New Orleans (2016)
<b>EMN</b>	Energy Materials and Nanotechnology	Chengdu (2015) / Dubrovnik (2016)
<b>ICM</b>	International Conference on Magnetism	Korea (2012) / Barcelona (2015)

CONGRESOS NACIONALES		ULTIMAS EDICIONES
<b>MICROSCOPIA</b>		
<b>MFS</b>	Microscopy at the Frontiers of Science	Tarragona (2013) Oporto (2105) / Zaragoza (2017)
<b>MATERIALES Y DISPOSITIVOS</b>		
<b>CDE</b>	Conferencia Española de Dispositivos Electrónicos	Valladolid (2013) / Aranjuez (2015) / Barcelona (2017)
<b>CNM</b>	Congreso Nacional de Materiales	Barcelona (2014)
<b>TCM</b>	Trobades Científiques de la Mediterrània	Maó (1993 / 2001 <sup>2</sup> / 2006 / 2012)

*Figura 4.88. Principales congresos nacionales e internacionales*

<sup>1</sup> Los listados completos figuran en los **apartados 1.A.5a y 1.A.5.b** de la documentación justificativa, para los congresos internacionales y nacionales respectivamente.

<sup>2</sup> Justo antes de salir de casa hacia Menorca, veía por televisión la caída de la segunda torre del World Trade Center. En el aeropuerto todos se arremoliban delante de los monitores.

CONGRESOS INTERNACIONALES		PRESENTACIONES
EXMATEC <sup>1</sup>	Expert Evaluation and control of Compound semiconductor materials and technologies	Lyon (1992) /Parma (1994) / Freiburg (1996) / Cardiff (1998) / Creta (2000)
DRIP	Defect recognition and image processing	Templin <sup>2</sup> (1997) /Rimini 2001
PICO	Conference on Frontiers of Aberration Corrected Electron	Aachen (2012, 2013)
SPIE	SPIE Photonics Europe	Bruselas (2014)
TNT	Trends in Nanotechnology	Barcelona (2009) / Madrid (2012)
WOE	International Workshop on Oxide Electronics	Tarragona (2009) / Japón (2010)
E-MBE	European Molecular Beam Epitaxy	Alpe d'Huez (2011) / Levi (2013)
ICCE	International Conference on Composites Engineering	Tenerife (2001) / Beijing (2012) / Tenerife (2013)
PVSC	Photovoltaic Solar Energy Conference	New Orleans (2015) / Portland (2016)

Figura 4.89. Otros congresos con participación reiterada.

La figura 4.89 resume otros congresos en los que hemos ido participando con cierta frecuencia, pero que ya no son tan regulares. Finalmente es adecuado completar esta visión global del contexto con una rápida comparativa para ver la distribución de las comunicaciones en congresos nacionales e internacionales, así como el porcentaje de orales y posters en cada caso. Incluiremos también por completitud las comunicaciones relativas a docencia.

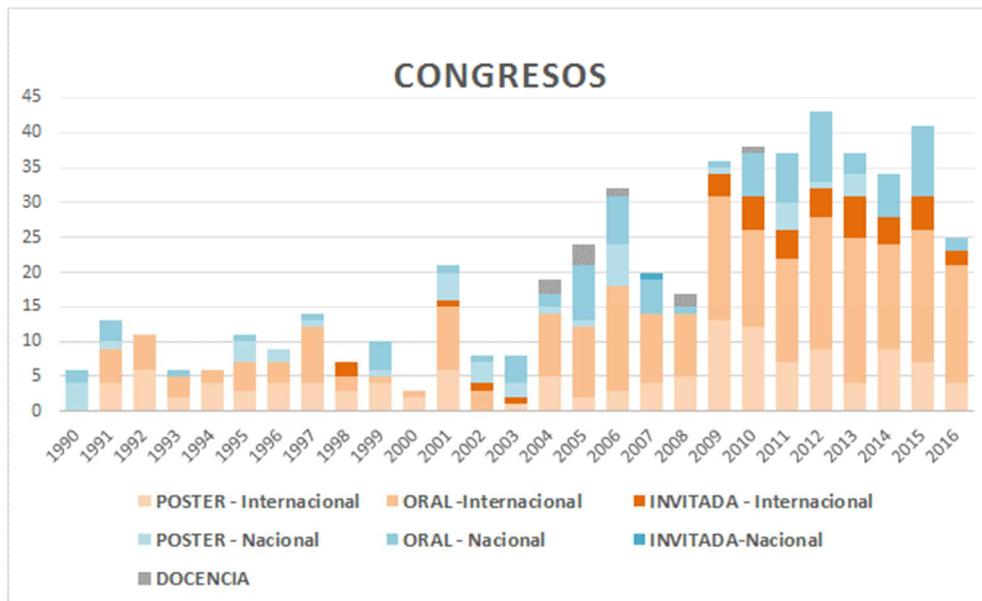
Un primer vistazo a la figura 4.90 hace bueno aquello de “nadie es profeta en su tierra”, dado que el porcentaje de comunicaciones invitadas es realmente pobre (1%). Mejora significativamente este valor si lo comparamos con el porcentaje de invitaciones a congresos internacionales (8%).



Figura 4.90. Distribución de la participación en congresos nacionales e internacionales

<sup>1</sup> Parece un congreso ligado a la competición de la Copa de Europa de fútbol. Albert Cornet, J.R. Morante y yo, vimos el gol de Ronald Koeman en Wembley cenando un bocadillo de butifarra en un bar de carretera a la vuelta en coche desde ese congreso. Lástima que en 1994 en Parma, resonaban los ecos de un 4-0 frente al Milan, marcando el principio de la decadencia del “Dream Team”.

<sup>2</sup> Ay!.. La primera separación de mi hija de apenas 1 año, que justo empezaba a ir a la guardería, y a la que además dejé con fiebre. Nunca un congreso fue tan largo aunque aprendí por qué los extranjeros llevaban sandalias con calcetines.



Las comunicaciones orales se sitúan entorno al 60% que, sumadas a las invitadas, supone que prácticamente **2/3 de las presentaciones han sido orales**, así que calificamos de “bueno” el interés por nuestra investigación. Siempre nos dará más información echar un vistazo al desglose de la actividad a lo largo de la trayectoria de investigación (figura 4.91). Entonces vemos que este porcentaje mejora notablemente, a partir de 2003, con un salto significativo a partir del 2009. Sí que se hace de nuevo evidente en este caso un **valle entre 1997 y 2001**, probablemente también relacionado con el periodo de maternidad.

Por último, acabaremos este análisis del contexto global, con un resumen cuantitativo (figura 4.92)<sup>1</sup>.

CONGRESOS	NÚMERO
<b>INTERNACIONALES</b>	<b>404</b>
Invitadas	37
Orales	237
Posters	127
Docencia	3
<b>NACIONALES</b>	<b>132</b>
Invitadas	1
Orales	86
Posters	38
Docencia	7
<b>TOTAL</b>	<b>536</b>

*Figura 4.92. Resumen cuantitativo de la participación en congresos nacionales e internacionales.*

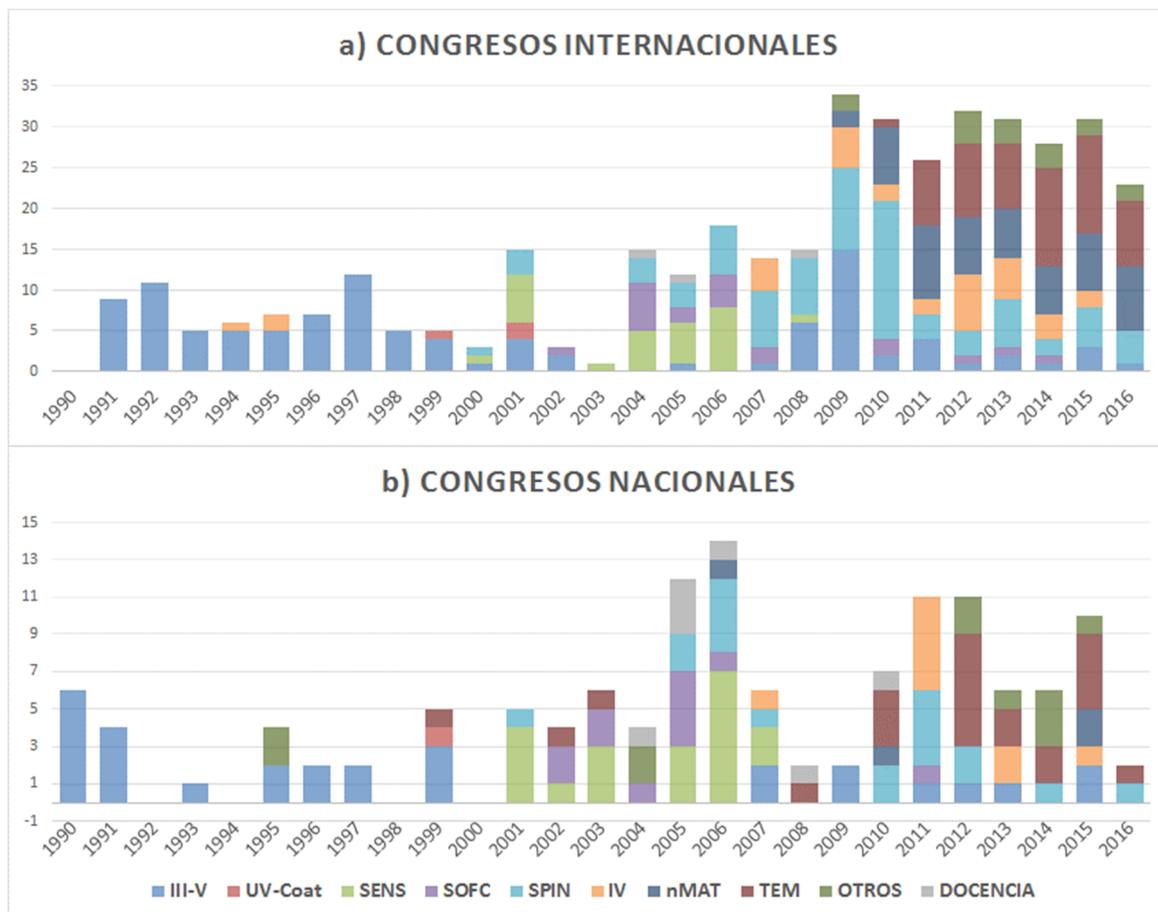
<sup>1</sup> Seguro que en estas cifras hay algún error; por no haber contado alguna comunicación, por haber descuidado la inclusión de alguna presentación de otros colaboradores, o porque ya a estas alturas, las tablas dinámicas de excel me hacen bailar los números. En cualquier caso, servirán como indicadores de referencia para valorar el grado de colaboración, difusión e internacionalización de la investigación.

### b) Distribución por temáticas de investigación

Ya que tenemos los datos, y por simetría con la productividad escrita (no es que un poster no lo sea...pero bueno) he preparado un desglose análogo al de las publicaciones, atendiendo a las distintas temáticas de investigación. Los resultados, tanto para congresos internacionales como para congresos nacionales se presentan en la [figura 4.93](#).

Nada nuevo a comentar sobre los **primeros años** de mi etapa investigadora, hasta aproximadamente 1998 con una **productividad más baja y centrada en los III-V**. La **etapa intermedia**, entre 2000 y 2008, se caracteriza por una **clara diversificación en las temáticas de sensores de gas, pilas de combustible y materiales magnéticos**. Es el período que describíamos como etapas b) y c) al principio del capítulo. Finalmente, **una tercera etapa en que de nuevo las nanopartículas y la microscopía cobran un claro protagonismo**. Es significativo también en este gráfico, la considerable reducción de las comunicaciones en el período 1999-2003, especialmente en lo que hace referencia a los congresos nacionales.

Si comparamos la temática de la comunicación en función del carácter nacional o internacional del congreso ([figura 4.94](#)), no hay diferencias demasiado significativas. Las más notables hacen referencia a un mayor porcentaje de comunicaciones internacionales en el campo de las nanopartículas y materiales magnéticos. Atribuimos este hecho a la colaboración con los Prof. Josep Nogués (IC2N) y Prof. Josep Fontcuberta (ICMAB), ambos expertos reconocidos y por tanto con invitaciones frecuentes a congresos específicos.



**Figura 4.93.** Distribución de las comunicaciones por temática de investigación a lo largo de la trayectoria investigadora

CONGRESOS INTERNACIONALES

CONGRESOS NACIONALES

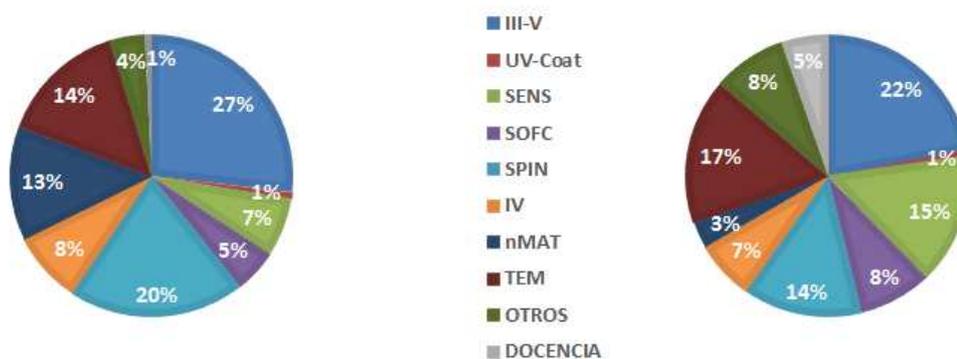


Figura 4.94. Distribución global de las comunicaciones por temática según el carácter internacional o nacional del congreso.

c) **Análisis de la autoría**

También con el mismo interés en reflejar lo más fielmente posible mi participación en estas comunicaciones, he preparado gráficos similares a los de las publicaciones escritas desglosando las contribuciones en función de la posición en la lista de autores (figura 4.95).

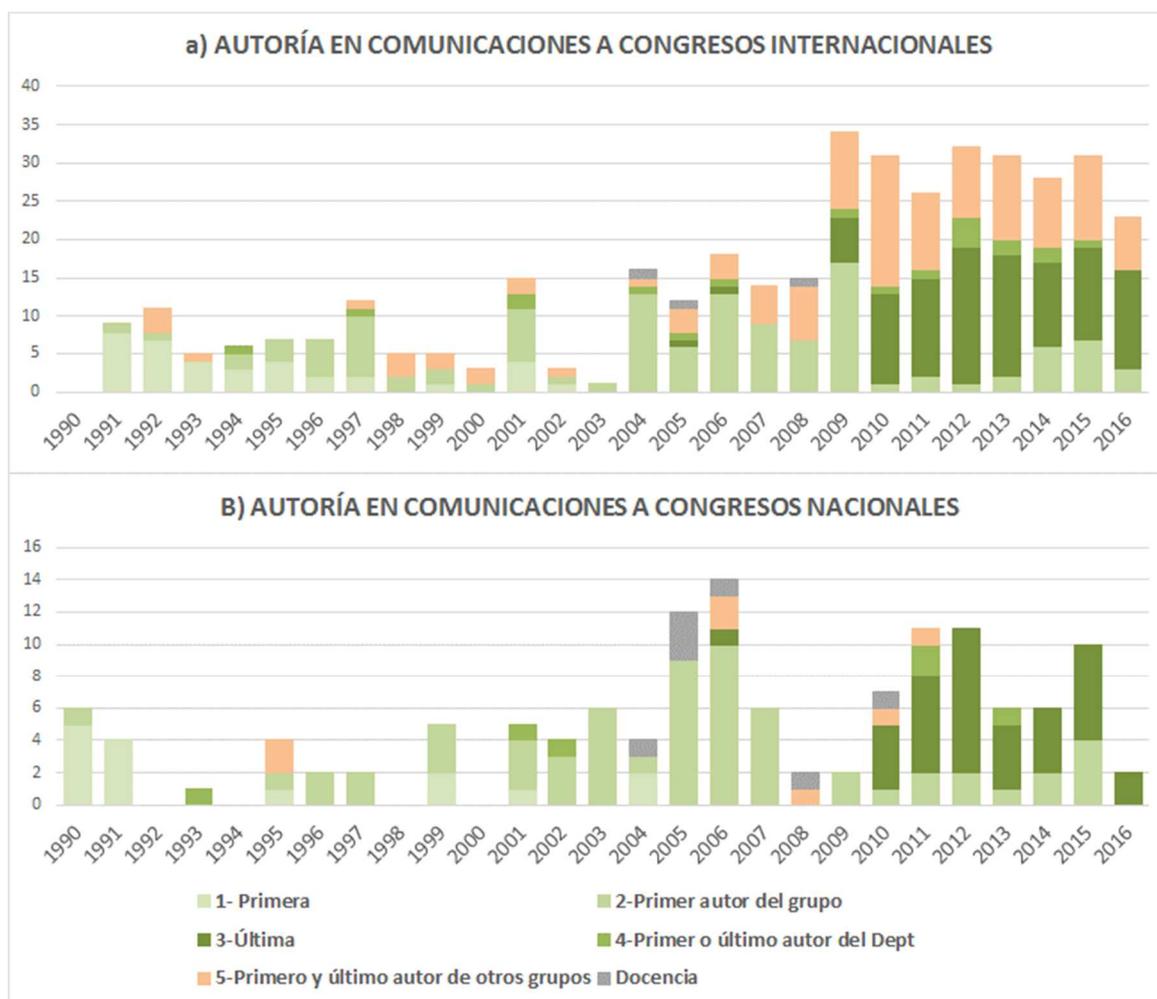
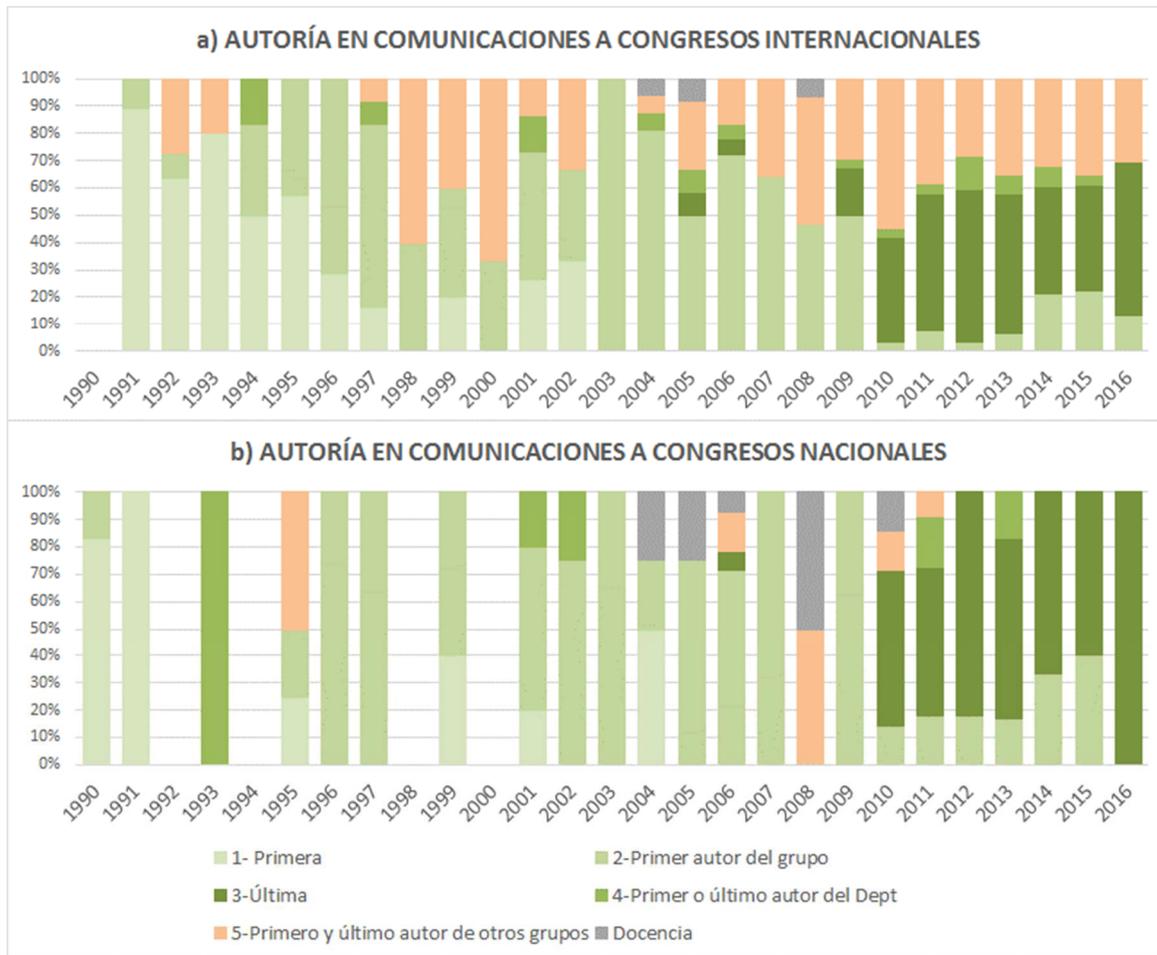


Figura 4.95. Distribución de las comunicaciones según la posición en la lista de autores.

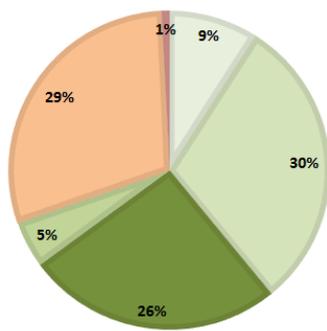


**Figura 4.96.** Distribución de las comunicaciones en porcentaje según la posición en la lista de autores y el carácter internacional (a) o nacional (b) del congreso.

En este caso sí que hay alguna diferencia significativa entre los congresos internacionales y nacionales. Para los congresos internacionales, se mantiene la tónica de colaboración con otros grupos y por tanto se ocupa una posición intermedia en una lista de autores de comunicaciones que con seguridad fueron impartidas por otros compañeros (en color salmón en los gráficos). Ahora bien, en la etapa de consolidación de LENS, es evidente que no hemos cedido todo el protagonismo a nuestros colaboradores, sino que hemos **liderado la presentación de comunicaciones desde el grupo LENS, alcanzando un 70% en el último año.**

Pero a mi modo de ver, el hecho más destacable es la clara asimetría en la autoría entre los congresos nacionales e internacionales. Aunque ya es evidente en la evolución del porcentaje de autoría a lo largo de los años en la [figura 4.96](#), si lo observamos en porcentaje global como en la [figura 4.97](#), vemos que **las comunicaciones lideradas por otros colaboradores, pasan de casi un 30% en congresos internacionales, a un escaso 5% en los congresos nacionales.** Esto sería comprensible si sólo colaborásemos con grupos internacionales, pero claramente no es ese el caso. De esto, se deduce que la organización de congresos de interés a nivel estatal no está muy desarrollada, o bien cada vez hay menos conferencias de carácter puramente nacional. En nuestro caso, hemos mantenido la participación en las reuniones bianuales de la Sociedad de Microscopía de España, y en la Conferencia de Dispositivos Electrónicos, con la firme convicción de que es importante conocer en lo que trabaja la comunidad científica española y de que es un buen escenario para establecer colaboraciones nacionales.

AUTORÍA EN CONGRESOS INTERNACIONALES



AUTORÍA EN CONGRESOS NACIONALES

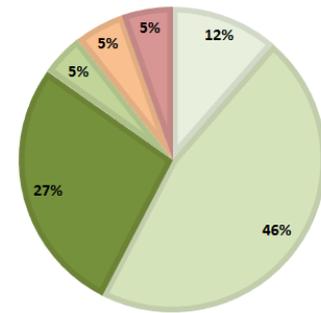


Figura 4.97. Distribución de las comunicaciones según la posición en la lista de autores.

Un apunte más, ya que tenemos los datos a mano, para preguntarnos dónde se han celebrado los congresos a que hemos asistido (figura 4.98), y curiosamente, un buen porcentaje de los congresos internacionales se celebran en España, y de los nacionales, Barcelona se lleva la mayoría. Sólo es un dato anecdótico pero quizás viene a cuento.

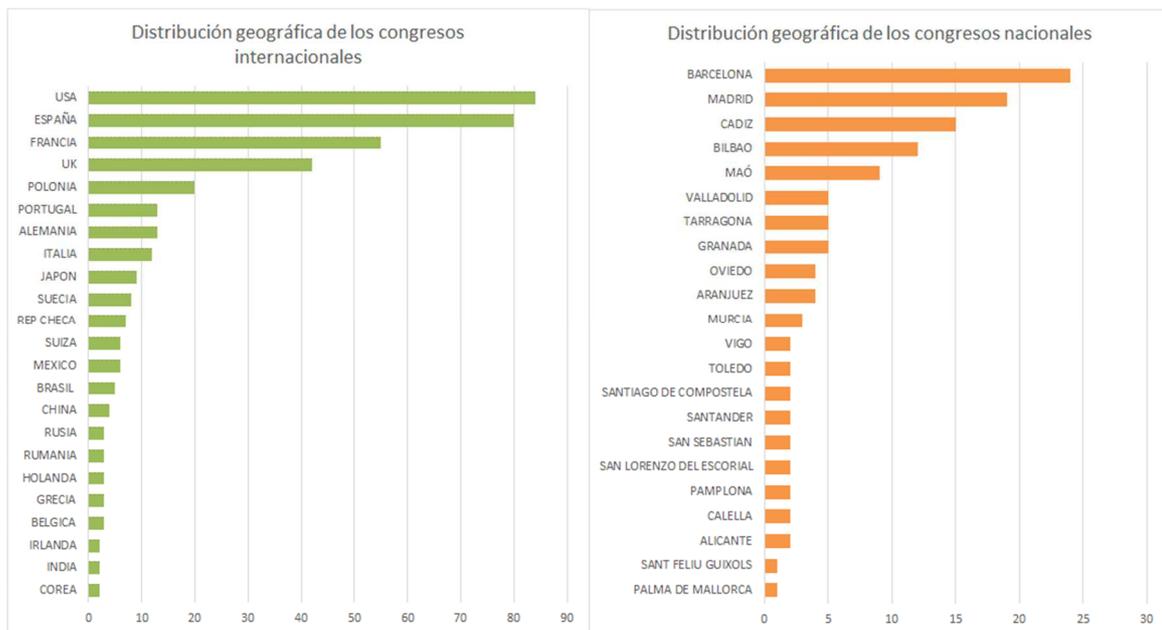


Figura 4.98. Distribución geográfica de los congresos.

Por último, para concluir esta sección dedicada a los congresos, (o quizás sea por llegar a las 100 figuras), me ha parecido oportuno incorporar dos imágenes, más. La primera corresponde al congreso **EUREM celebrado en Granada en 1992**. A él asistí como técnico de los CCyT, aún por doctorar <sup>1</sup>, y no hace falta decir que fue mi primer congreso internacional (aunque fuera en España y sea de los que cuenta en la columna verde). En la figura [figura 4.99](#) aparecen mis jefes Dr. Bargalló y Dr. Ramon Fontarnau, y mis compañeras de los CCyT, Carne Carulla y M<sup>a</sup>José Ferrán<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> “Sevilla tiene un coloo...oor especiaAal!”, cantar (que no bailar) sevillanas con los japoneses de Jeol en la Cena de Gala fue una experiencia.

<sup>2</sup> No olvidaré tampoco la visita a La Alhambra con mi jefe académico, Albert Cornet, y la mención a los boquerones en vinagre, a una horas en que el hambre iba apretando.

Este congreso pasó a llamarse, Congreso Europeo de Microscopía con las siglas ECM. La segunda fotografía **figura 4.100** corresponde a la última edición de dicha conferencia en Lyon, este último mes de diciembre. De derecha a izquierda aparecen Sònia Estradé, Sergi Plana, yo misma, LLúís López, Catalina Coll, Alberto Eljarrat, Gemma Martín, Lluís Yedra y Pau Torruella.

24 años separan ambas imágenes.



*Figura 4.99. EUREM 1992, en Granada, como técnico de los CCiT.*



*Figura 4.100. LENS en el EMC en Lyon, septiembre de 2016.*

#### 4.4.6 Conferencias Invitadas

En este apartado desglosaremos los detalles de las conferencias invitadas diferenciando las que han sido impartidas por mi personalmente o por un miembro del grupo LENS, de aquellas que han sido presentadas por otros colaboradores.

##### a) Conferencias invitadas impartidas

1. Self-organization of low-Dimensionality Structures as Quantum Wires and Dots in III-V compounds  
*International Workshop on Characterization of Mesoscopic Structures using Transmission Electron Microscopy Techniques*, 09 – 11 Noviembre, Marburg, ALEMANIA (1998) <sup>1</sup>
2. Influence de la qualité structurale des matériaux sur les propriétés électriques des dispositifs HEMT'  
*MADICA 98, Les Matériaux et leurs applications aux dispositifs capteurs physiques, chimiques et biologiques*, 09 – 11 Noviembre, Monastir, TUNEZ (1998)
3. Structural Properties of optical coatings for UV/VUV Applications  
W. Arens, F. Peiró  
*International School of Quantum Electronics: Optical coatings: theory, production and characterization*, OCTEC 2001 / 22-28 Septiembre, Erice-Sicily, ITALIA (2001)
4. Instrumentació per la nanotecnologia: Fonaments de la Microscòpia Electrònica de Transmissió  
*Congreso: Curs Interdisciplinari en Nanociència i Nanotecnologia, Universitat de Barcelona*  
19/10/2001-23/11/2001, Barcelona, ESPAÑA (2001)
5. Characterisation of thin films by Transmission Electron Microscopy  
*I Workshop on Optical Characterization of Materials*  
28/10/2002-29/10/2002 / Barcelona, ESPAÑA (2002)
6. Influence of growth instabilities in the configuration and electrical properties of low dimensional devices  
*III Workshop on Instabilities and fluctuations in Surface Growth*  
06/02/2003-08/02/2003, Barcelona, ESPAÑA (2003)
7. Migración de La en Capas de  $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$  crecidas sobre  $\text{SrTiO}_3$  con orientaciones (001) y (110)  
*XXIII Reunión Bienal de la Sociedad de Microscopía de España* (SME XXIII)  
7-11 Julio 2007, Bilbao, ESPAÑA (2007) <sup>2</sup>
8. Bandgap engineering of semiconductor nanowires: from axial and coaxial quantum wells to local stacking transformations in structure  
J. Arbiol, S. Conesa-Boj, J.M. Rebled, S. Estradé, D. Spirkoska, M. Heigoldt, M. Heiss, M.H. Gass, A. L. Bleloch, G. Abstreiter, A. Fontcuberta Morral, F. Peiró, J.R. Morante  
*XXIV Congress of the Spanish Microscopy Society (SME XXIV) and XLIV annual meeting of the Portuguese Society for Microscopy*, (16<sup>th</sup>-19<sup>th</sup> July Segovia, Spain, 2009).
9. Wurtzite/Zinc-blende Crystal Domains in Group IV and III-V Nanowires: Implications on the Physical Properties  
Arbiol J.; Conesa-Boj, S.; Estradé, S.; Peiró, F. and Morante J.R.  
*2009 Fall Meeting Meeting of Material Research Society (MRS) Symposium M: Multifunction at the Nanoscale through Nanowires* (30 Noviembre-4 Diciembre, Boston 2009) <sup>3</sup>

<sup>1</sup> La primera invitada internacional, siempre se vive como algo especial. Aún la impartí utilizando transparencias impresas.

<sup>2</sup> La primera conferencia nacional invitada en el congreso bienal auspiciado por la Sociedad de Microscopía Española (SME).

<sup>3</sup> Un sabor agrí dulce esta, al saber que el Prof. Morante, vocal saliente de la Junta Directiva de la SME, no había considerado oportuno escogermme como delegada para ocupar dicha vocalía vacante.

10. (S)TEM-EELS solutions for nanoscale materials science problems  
Estrade, S.; Conesa-Boj, S.; Rebled, J.M.; Peiro, F.  
**International Workshop on Single-Cluster Physics and Damping Effects in Nanomagnetism**  
Laboratoire de Mathématiques, Physique et Systèmes LAMPS, University of Perpignan, Via Domitia,  
(Perpinyà Francia Monday, 30/11 – Tuesday, 01/12/2009)
11. EELS assessment of cationic gradients and electronic phase separation in strained  $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$  thin films  
S. Estradé; J.M. Rebled; M.G. Walls; F. de la Peña; C. Colliex; R. Córdoba; I.C. Infante; G. Herranz; F. Sánchez; J. Fontcuberta; F. Peiró  
**2nd China France Workshop on Advanced Materials** (CEMES, Toulouse, 4<sup>th</sup>-8<sup>th</sup> October 2010)
12. EELS-Tomography: adding a new dimension to the data cube, from spectrum image to spectrum volume  
Yedra, LL.; Eljarrat, A.; Rebled, J.M.; Dix, N.; Sánchez, F.; Fontcuberta, F.; Estradé, S.; Peiró, F.;  
**International Conference on Electron Microscopy & XXXV Annual Meeting of Electron Microscopy Society of India (EMSI)**, University of Delhi, July 9-11, Delhi, India (2014)
13. Cambridge Electron Energy Loss Spectroscopy on semiconductor heterostructures for optoelectronics and photonics applications  
Eljarrat, A.; López-Conesa, L.; López-Vidrier, J.; Hernández, S.; Garrido, B.; Gačević, Z.; Calleja, E.; Estradé, S.; Peiró, F.;  
**MSM XIX, Microscopy of Semiconducting Materials**, 29 March-2 April, Cambridge (2015) <sup>1</sup>
14. Multidimensional EELS: from spectrum image to spectrum volume and beyond  
Torruella, P.; Arenal, R.; Saghi, Z.; Yedra, L.; de la Peña, F.; Eljarrat, A.; Estrader, M.; López-Conesa, L.; Martín, G.; López-Ortega, A.; Salazar-Alvarez, G.; Nogués, J.; Midgley, P.A.; Peiró, F.; Estradé S.  
**2015 Energy Materials and Nanotechnology Spain Conference**, San Sebastian 1-4 Septiembre (2015)
15. Accessing the Chemical and Optoelectronic Properties of Nanostructures in 3D: The EELS Spectrum Volume  
Torruella, P.; Arenal, R.; Saghi, Z.; Yedra, L.; de la Peña, F.; Eljarrat, A.; Estrader, M.; López-Conesa, L.; Martín, G.; López-Ortega, A.; Salazar-Alvarez, G.; Nogués, J.; Midgley, P.A.; Peiró, F.; Estradé S.  
**Energy Materials Nanotechnology Open Acces Week China**, Chengdu China, 22-25-Septiembre (2015)
16. EELS-Tomography: Enabling 4D chemical and oxidation state characterization of nanostructured materials  
Torruella, P.; Arenal, R.; Saghi, Z.; Yedra, LL.; Eljarrat, A.; Rebled, J.M.; de la Peña, F.; Estrader, M.; Salazar-Alvarez, G.; López-Ortega, A.; Nogués, J.; Midgley, P.A.; Estradé, S.; Peiró, F.  
**NanoTech Poland International Conference and Exhibition, Section A: Preparation and characterization of advanced nanomaterials**, 22<sup>th</sup>-25<sup>th</sup> June 2016 Poznan, Poland (2016)



**Figura 4.101.** Junto a Bianchi Méndez (UCM) y Ana Sánchez (Warwick University) en la Cena de Gala de la XIX Conference on Microscopy on Semiconducting Materials (Cambridge, Abril 2015)

<sup>1</sup> Volver como conferenciante invitada a la conferencia internacional de prestigio en la que dí mi primera charla científica, MSM, fue una gran sensación de deber cumplido.

## b) Co-Autoría de Conferencias Invitadas

17. Interfaces in manganese perovskites: a self-adaptative chemical composition  
J. Fontcuberta, F. Sánchez, I. C. Infante, D. Pesquera, G. Herranz, J. M. Rebled, S. Estradé, F. Peiró, F. de la Peña, M. Walls, C. Colliex, M. Wójcik, and E. Jedryka  
**Joint European Magnetic Symposia JEMS 2010**, (Krakovia, 23-28 Agosto 2010)
18. Switchable magnetization and polarization in multiferroic exchange-biased structures and films  
N. Dix, J.M. Rebled, R. Muralidharan, S. Estradé, F. Peiró, M. Varela, F. Sánchez, J. Fontcuberta  
**Workshop on Electronics WOE 17** (Awaji Yumebutai Japan, 19-22 Septiembre 2010)
19. Exchange bias, size and proximity effects in inverted, antiferromagnetic (AFM)/ferrimagnetic (FiM), core/shell nanoparticles  
J. Nogués, A. López-Ortega, M. Estrader, D. Tobia, E. Winkler, S. Estradé, I. Golosovsky, J. Sort, G. Salazar-Alvarez, J. D. Ardisson, W. A. A. Macedo, K. L. Krycka, J. A. Borchers, J. Arbiol, F. Peiró, S. Suriñach, R.D. Zysler, M.D. Baró  
**Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials** (Atlanta, USA, Nov. 14-18, 2010)
20. Bimagnetic core-shell nanoparticles  
M. Estrader, A. López-Ortega, G. Salazar, S. Estradé, J. Sort, F. Peiró, S. Suriñach, M. D. Baró, J. Nogués  
**2011 Villa Conference on Interactions Among Nanostructures** (April 21-25, 2011, Las Vegas, USA)
21. Novel structural and magnetic effects in passivated antiferromagnetic transition metal monoxides: inverted antiferromagnetic (afm)/ferrimagnetic (fim), core/shell nanoparticles  
J. Nogués, A. López-Ortega, M. Estrader, D. Tobia, E. Winkler, S. Estradé, I. Golosovsky, J. Sort, G. Salazar-Alvarez, F. Peiró, S. Suriñach, R.D. Zysler, M.D. Baró  
**Composites and NanoEngineering (19<sup>th</sup> ICEE-2011)** (Shanghai 24-30 July 2011)
22. Enhanced Magnetic Properties in Bi-Magnetic Core|Shell Nanoparticles  
A. López-Ortega, M. Estrader, G. Salazar-Alvarez, S. Estradé, D. Tobia, E. Winkler, R.K. Dumas, I.V. Golosovsky, J. Sort, F. Peiró, S. Suriñach, R.D. Zysler, M.D. Baró, J. Nogués  
**18th International Symposium on Metastable, Amorphous and Nanostructured Materials**  
Gijón, (Junio 26 - Julio 1, 2011)
23. Exchange coupling in inverted antiferromagnetic/ferrimagnetic core/shell nanoparticles  
M. Estrader, A. López-Ortega, D. Tobia, E. Winkler, S. Estradé, I. Golosovsky, J. Sort, G. Salazar-Alvarez, F. Peiró, S. Suriñach, R.D. Zysler, M.D. Baró, J. Nogués  
**International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures (ACSIN-11)** - www.acsin11.com October 3-7, 2011 St. Petersburg, Russia
24. Tunable magnetic properties in ordered mesoporous magnetic materials  
Workshop on Nanomagnetism and Spintronics  
E. Pellicer, A. López-Ortega, M. Cabo, M. Estrader, E. Rossinyol, J. Sort, Ll. Yedra, S. Estradé, I. Golosovsky, Z. Saghi, P.A. Midgley, J.D. Prades, S. Suriñach, F. Peiró, M.D. Baró, J. Nogués  
**Workshop on Nanomagnetism and Spintronics**, CIC NanoGune San Sebastian, (22-24 Febrero, 2012)
25. Ordered exchange coupled ferrimagnetic-antiferromagnetic mesoporous magnetic materials  
E. Pellicer, A. López-Ortega, M. Cabo, M. Estrader, E. Rossinyol, J. Sort, Ll. Yedra, S. Estradé, I. Golosovsky, Z. Saghi, P.A. Midgley, J. D. Prades, S. Suriñach, F. Peiró, M.D. Baró, J. Nogués  
**International Workshop on Nanostructured ceramics and other Nanomaterials IWNCN 2012**-Delhi, India, (13-16 Marzo 2012)
26. Tunable magnetic properties in ordered mesoporous magnetic materials  
E. Pellicer, A. López-Ortega, M. Cabo, M. Estrader, E. Rossinyol, J. Sort, Ll. Yedra, S. Estradé, I. Golosovsky, Z. Saghi, P.A. Midgley, J. D. Prades, S. Suriñach, F. Peiró, M.D. Baró, J. Nogués  
**MRS 2012 Spring Meeting**, Symposium HH: nanocomposites, nanostructures and heterostructures of correlated oxides systems, San Francisco, (Abril 9-13 2012)

27. Novel Structural and Magnetic Effects in Passivated Antiferromagnetic Transition Metal Monoxides: Inverted Antiferromagnetic (AFM)/Ferrimagnetic (FiM), Core/Shell Nanoparticles  
J. Nogués, A. López-Ortega, M. Estrader, D. Tobia, E. Winkler, S. Estradé, I. Golosovsky, J. Sort, G. Salazar-Alvarez, F. Peiró, S. Suriñach, R.D. Zysler, M.D. Baró  
**20 ICEE, International Conference on Composites and NanoEngineering**, Beijing, (22-28 Julio 2012)
28. Optimizing Er-doped layer stacks for integrated light emitting devices  
Ramírez, J.M.; Berencén, Y.; López, L.; Rebled, J.M.; Eljarrat, A.; Estradé, S.; Peiró, F.; Fedeli, J.M.; Garrido, B.  
**223rd Electrochemical Society** 223rd ECS Meeting, Toronto, Canada, (May 12-17, 2013)
29. Antiferromagnetic coupling in ferrimagnetic hard-soft core/shell nanoparticles  
M. Estrader, A. López-Ortega, S. Estradé, I. Golosovsky, G. Salazar-Alvarez, M. Vasilakaki, K. N. Trohidou, M. Varela, D.C. Stanley, M.J. Pechan, D. J. Keavney, F. Peiró, S. Suriñach, M.D. Baró, J. Nogués  
**21st Int. Conference on Composites and Nano Engineering (ICCE-21)**, Tenerife, (Julio 21-27, 2013)
30. Antiferromagnetic coupling in ferrimagnetic hard-soft core/shell nanoparticles  
M. Estrader, A. López-Ortega, S. Estradé, I. Golosovsky, G. Salazar-Alvarez, M. Vasilakaki, K. N. Trohidou, M. Varela, D.C. Stanley, M.J. Pechan, D. J. Keavney, F. Peiró, S. Suriñach, M.D. Baró, J. Nogués  
**International Conference on Nanoscale Magnetism**, Istanbul, Turkey, (Septiembre 02– 06, 2013)
31. Bonding Features in Cold Gas Spraying of FeAl Intermetallics  
Cinca, N.; Rebled, J.M.; Estrade, S.; Peiró, F.; List, A.; Gärtner, F.; Klassen, T.; Guilemany, J.M.  
**EUROMAT 2013. Symposium: B1III**, Sevilla, (7-12 Septiembre 2013)
32. Interface-coupling and phase-separation: keys to large magnetoelectric coupling in multiferroics  
I. Fina, N. Dix, X. Martí, J. M. Rebled, F. Sánchez, F. Peiró, B. Dkhil, D. O'Flynn, G. Balakrishnan, and J. Fontcuberta  
**EUROMAT 2013**, Symposium: A2III, Sevilla, (7-12 Septiembre 2013)
33. Antiferromagnetic coupling in ferrimagnetic hard-soft core/shell nanoparticles  
A. López-Ortega, M. Estrader, S. Estradé, I. Golosovsky, G. Salazar-Alvarez, M. Vasilakaki, K. N. Trohidou, M. Varela, D.C. Stanley, M.J. Pechan, D. J. Keavney, F. Peiró, S. Suriñach, M.D. Baró, J. Nogués  
**Energy Materials Nanotechnology East meeting**, Beijing China (September 7-10, 2013)
34. Antiferromagnetic coupling in ferrimagnetic hard-soft core/shell nanoparticles  
Estrader, M.; López, A.; Estradé, S.; Golosovsky, I.; Salazar, G.; Vasilakaki, M.; Trohidou, K.N.; Varela, M.; Stanley, D.C.; Sinko, M.; Pechan, M.J.; Keavney, D.J.; Peiró, F.; Suriñach, S.; Baró, M.D.; Nogués J.  
**MRS Spring Meeting 2014, Symposium VV6: Magnetic Nanomaterials and Nanostructures**  
(San Francisco 21-25 Abril, 2104)
35. Antiferromagnetic coupling in ferrimagnetic hard-soft core/shell nanoparticles  
Estrader, M.; Estradé, S.; Peiró, F.; López-Ortega, A.; Golosovsky, I.V.; Salazar-Alvarez, G.; Vasilakaki, M.; Trohidou, K.N.; Roldán, M.A.; Varela, M.; Stanley, D.C.; Sinko, M.; Pechan, M.J.; Keavney, D. J.; Laver, M.; Krycka, K.L.; Borchers, J.A.; Suriñach, S.; Baró, M.D.; Nogués, J.  
**EMRS FALL Meeting 2014**, Symposium O: Recent progress in new high-Tc superconductors and related multifunctional and magnetic materials  
September 15-18, Warsaw University of Technology, Poland (2014)
36. Antiferromagnetic coupling in ferromagnetic hard-soft core-shell nanoparticles and possible biomedical applications  
Estrader, M.; López-Ortega, A.; Juhin, A.; Estradé, S.; Golosovsky, I.; Sikora, M.; Carvallo, C.; Salazar-Alvarez, G.; Vasilakaki, M.; Trohidou, K.N.; Varela, M.; Stanley, D.C.; Pechan, M.J.; Sainctavit, P.; Glatzel, P.; Keavney, D.J.; Peiró, F.; Suriñach, S.; Baró, M.D.; Nogués J.  
**2015 Energy Materials and Nanotechnology Spain Conference**, San Sebastian (1-4 Septiembre 2015)
37. Hard X-ray RIXS-MCD, a magnetic spectroscopy for *in situ* characterization of nanoparticles and their internal structure  
Juhin, A.; Daffé, N.; López, A.; Sikora, M.; Sainctavit, Ph.; Mas, N.; Dupuis, V.; Neveu, S.; Choueikani, F.; Estrader, M.; Carvallo, C.; Estradé, S.; Peiró, F.; Dolors Baró, M.; Nogués, J.; Rovezzi, M.; Glatzel, P.  
**2015 Energy Materials and Nanotechnology Spain Conference** (San Sebastian 1-4 Septiembre 2015)

38. Multi-Segmented Magnetic Nanowires as Advanced Nanorobotic Platforms for Biomedical Applications  
J. Sort, J. Zhang, S. Agramunt-Puig, N. Del-Valle, C. Navau, S. Estradé, F. Peiró, S. Pané, A. Sánchez, J. Nogués, E. Pellicer  
**61st Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials**, New Orleans, (31 Oct. -4 Nov. 2016).

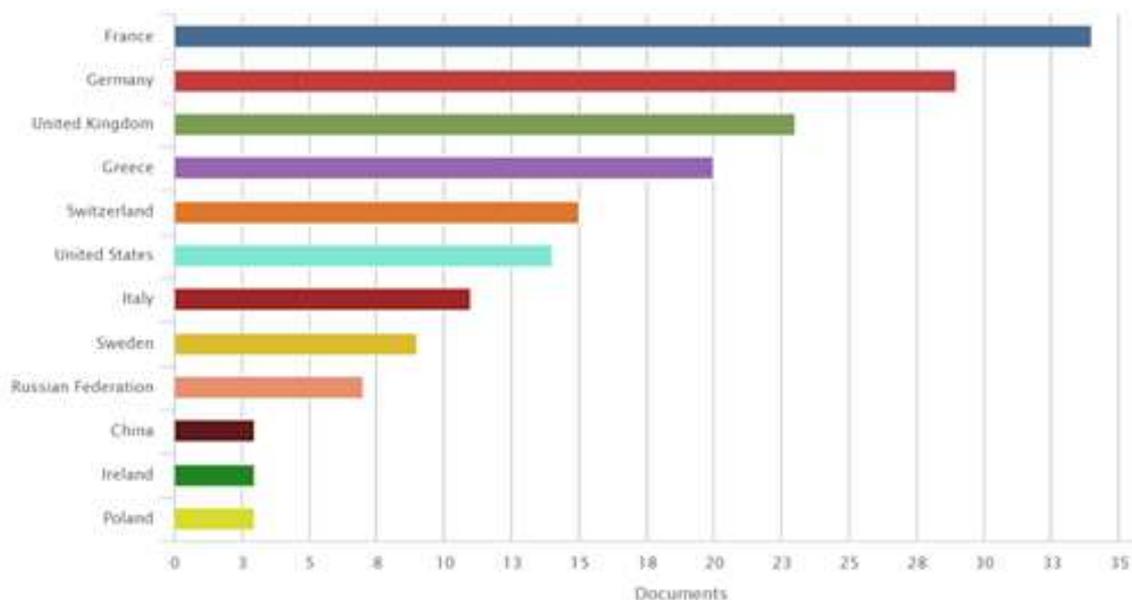
## 4.5 INTERNACIONALIDAD DE LA ACTIVIDAD INVESTIGADORA

### 4.5.1 Colaboraciones internacionales

La colaboración con grupos de investigación internacionales ha sido la tónica desde mi incorporación al departamento. Las relaciones establecidas durante la tesis doctoral con los grupos de Grecia (Foundation for Research and Technology and Institut for Electronics Structure and Laser, (FORTH-IESL), Heraklion, Creta) y Francia (Universidades de Lyon y Clermont Ferrand) y la Universidad de Sheffield, se mantuvieron a lo largo del tiempo y se fueron ampliando paulatinamente. La colaboración en el marco del proyecto TMR, me amplió la vista hacia nuevos países, (Alemania, Italia y Rusia) y desde entonces, el goteo de nuevas colaboraciones ha sido constante. Los contactos a partir de la participación en conferencias internacionales y en gran medida, los establecidos en el marco de las estancias pre-doctorales de mis estudiantes, han ido contribuyendo a la ampliación de esta red, que no para de crecer gracias a la movilidad post-doctoral de los investigadores que han salido de LENS. En lo que sigue intentaré dar una visión de este grado de internacionalización. Quizás aquí quede algo fuera de contexto, pero si se complementa con el apartado de movilidad, la visión puede ser algo más completa. Organizar toda esta información y poner un poco de orden, no ha sido fácil, pero vale la pena para poner en contexto mis contribuciones como investigadora.

#### a) Contexto global

Una manera fácil de empezar, es echar un vistazo a Scopus, y mostrar las publicaciones de acuerdo a los países de las instituciones en autoría. Los primeros 12 países que nos aparecen en orden de frecuencia, se muestran en la [figura 4.102](#).



*Figura 4.102. Frecuencia de artículos con co-autores pertenecientes a las nacionalidades que se indican.*

Atendiendo a la distribución geográfica, no sería fácil correlacionar los datos con las temáticas. Scopus también facilita el enlace a las publicaciones correspondientes, y con ello, nos ayuda a realizar la **arqueología colaborativa** necesaria para recordar antiguos lazos y otros que no lo son tanto (de antiguos y de lazos). Así, empezando por la **parte baja de la tabla**, recordamos en **China**, la estancia de Emma Rossinyol para el aprendizaje de la síntesis de materiales mesoporosos, en colaboración con la Universidad de Fudan y en **Rusia** las colaboraciones en el marco de los sensores de gases. En **Polonia**, encontramos autores que contribuyen en la autoría como investigadores post-doc en el ICMA, así que estos no deberían contar como tales colaboraciones directas. Si encontramos la reciente colaboración con el NanoBioMedical Centre, de la Universidad Adam Mickiewicz de Poznan, a raíz de las visitas para el uso de microscopios con aberración corregida. Y en **Irlanda**, alguna colaboración puntual en la caracterización de nanohilos core-shell y nanocristales de Si.

A partir de aquí, la dispersión temática se multiplica, y sería complicado de nuevo mostrarlo en narrativa. Una tabla desglosada también en temáticas (**figura 4.103**) nos ayudará a seguir algo mejor el argumento. En esta tabla he intentado seguir el criterio de incluir solamente aquellas colaboraciones directas, y no a los colaboradores de nuestros colaboradores, porque de lo contrario la lista sería tanto interminable como inútil.

**En la zona central, Grecia** es el máximo exponente de la colaboración en III-V durante la etapa pre y postdoctoral. También lo fue en aquel tiempo el **Reino Unido** (Sheffield Hallam University y Cardiff University), pero mucho más significativas son las colaboraciones más modernas como consecuencia de la visita al SuperSTEM<sup>1</sup> para el uso de microscopios electrónicos con aberración corregida. Italia y Suecia son exponentes de las colaboraciones en la temática de nanopartículas. **Suiza**, refleja la estrecha colaboración con el EPFL en el contexto de la tesis de S. Conesa<sup>2</sup>.

En la **parte más alta de la tabla, en Alemania** la colaboración se centra en el estudio de material nanoestructurado (semiconductores del grupo IV, III-V y óxidos metálicos para sensores), y en las colaboraciones en el marco de los proyectos TMR y NASCENT. Sin duda, la colaboración con **Francia**, además de las primeras etapas también correspondientes al proyecto ESPRIT de III-V, contiene continuas colaboraciones en el marco de la espectroscopía EELS, con el grupo del Prof. Colliex en París, en los materiales para pilas de combustible (también en París), en otros materiales avanzados en Artois y Lille, y de nuevo en la microscopía en el CEMES de Toulouse.

Podemos también preparar un gráfico que nos ayude a visualizar la intensidad de las colaboraciones con las diferentes instituciones, de forma similar a como ya hicimos en el caso de las colaboraciones nacionales. Los resultados se muestran en la **figura 4.104**<sup>3</sup>, también teniendo en cuenta que no podemos tomar la suma del valor de las barras como un valor absoluto puesto que son barras no disjuntas. Para acabar, sería adecuado correlacionar estas colaboraciones más intensas en una línea temporal. Para ello casi basta seguir la **figura 4.68** y la tabla de la **figura 4.103** para poder tener una idea global de la evolución de dichas colaboraciones.

Finalmente, sí que me gustaría remarcar las colaboraciones actualmente vigentes de mayor relevancia tanto desde el punto de vista de la colaboración en Ciencia de Materiales, como en el uso de la instrumentación avanzada de microscopía electrónica.

---

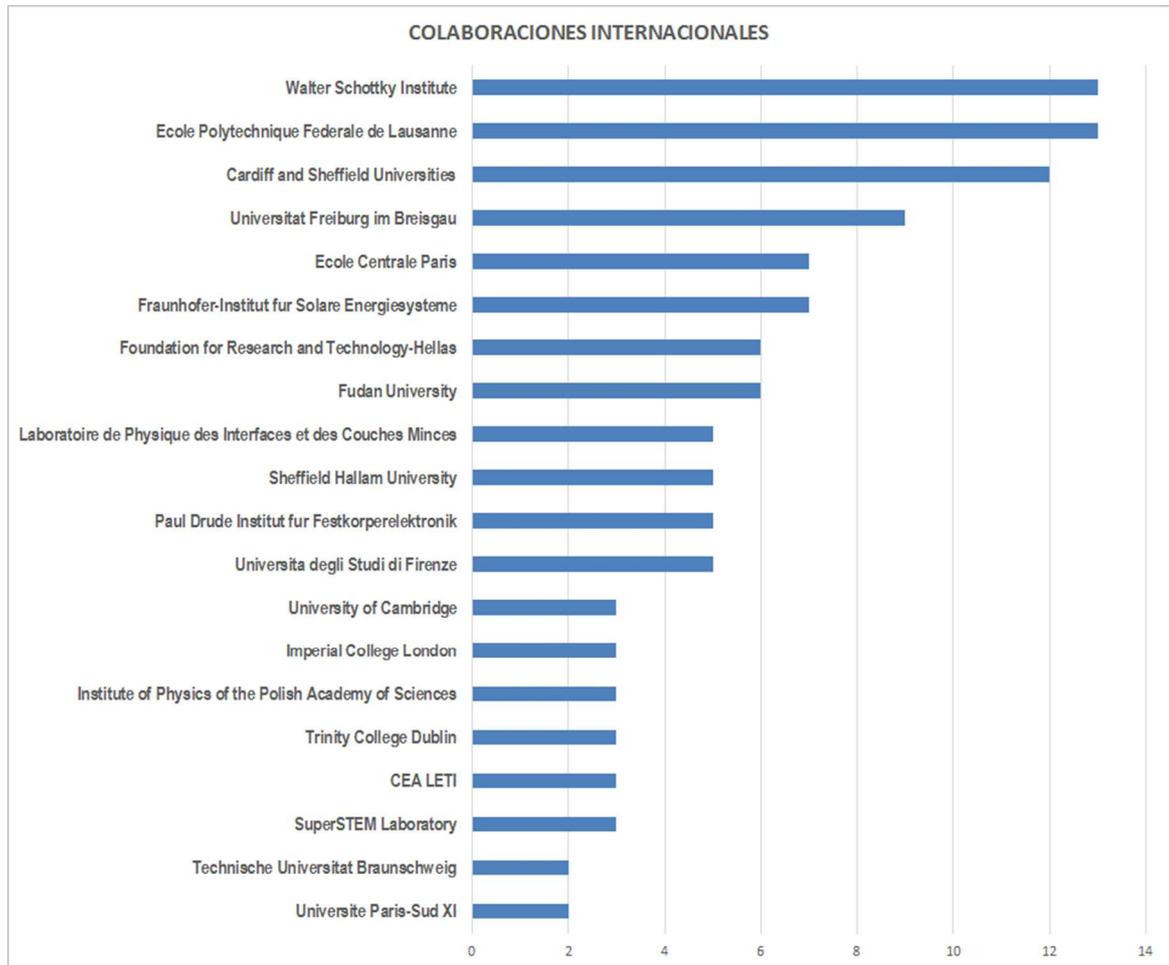
<sup>1</sup><http://www.superstem.com/> Una infraestructura Nacional con microscopios STEM dedicados con aberración corregida.

<sup>2</sup> Una colaboración "abruptamente interrumpida" con la marcha de J. Arbiol como ICREA

<sup>3</sup> Caramba, parece que las colaboraciones internacionales están cuantizadas, como la densidad de estados en una nanoestructura!

COLABORACIONES NACIONALES		
CENTRO	CIUDAD	CONTACTO
<b>Semiconductores III-V</b>		
Technische Universität Braunschweig	ALEMANIA	Dr. Hao Shen
Jiangsu University	CHINA	Dr. Hao Shen
Division of Applied Physics, Sheffield Hallam University, Sheffield	REINO UNIDO	S. Clark
Foundation for Research and Technology and Institut for Electronics Structure and Laser, (FORTH-IESL), Heraklion, Creta	GRECIA	A. Georgakilas
Ecole Fédéral Polytechnique de Lausanne, Laussane	SUIZA	A. Fontcuberta
Institute for Semiconductor Technology and Laboratory for Emerging Nanometrology	ALEMANIA	L. Caccamo
<b>Recubrimientos Ópticos</b>		
Laser Zentrum Hannover (LZH), Hannover	ALEMANIA	D. Ristau
Fraunhofer Institut (IOF), Jena	ALEMANIA	
Ente per le Nuove Technologie, l'Energia e l'Ambiente (ENEA), Rome, Italy	ITALIA	
Laboratoire d'Electronique de Technologie et d'Instrumentation (LETI-CEA), Grenoble	FRANCIA	E. Quesnel
Research Computer Center, Moscow State University (MSU) Moscow	RUSIA	
<b>Sensores de gas y pilas de combustible</b>		
Laboratoire Structures, Propriétés et Modélisation des Solides (SPMS) –Ecole, Central de Paris	FRANCIA	Dr. G. Dezanneau
Centre for Materials Science- University of Oslo, Noruega	NORUEGA	
MINES ParisTech, PSL Research University, MAT – Centre des Matériaux, CNRS	FRANCIA	
<b>Materiales magnéticos y para spintrónica</b>		
Materials Research and Technology Department, Luxembourg Institute of Science and Technology	LUXEMBURGO	J. Íñiguez
<b>Semiconductores y dispositivos del grupo IV</b>		
Department of Engineering Physics and Centre for Emerging Device Technologies	CANADA	P. Mascher
Faculty of Engineering (IMTEK), Freiburg	ALEMANIA	M. Zacharias
<b>Materiales nanoestructurados y nanopartículas</b>		
University of Stockholm, Dept. Materials and Environmental Chemistry	SUECIA	G. Salazar-Alvarez
Dept. Chemistry and Applied Biosciences, Institute of Inorganic Chemistry, ETH Zürich	SUIZA	M.V. Kovalenko
<b>Microscopía Electrónica</b>		
NanoBioMedical (NBM) Centre, Adam Mickiewicz, Poznan	POLONIA	Dr. L. E. Coy
Westfälische Wilhelms-Universität Münster	ALEMANIA	H. Kohl
Laboratoire de Physique des Solides - UMR 8502, Université Paris Sud, Orsay	FRANCIA	O. Stephan, M. Walls
Super STEM laboratory, Daresbury	REINO UNIDO	Q. Ramasse
Department of Materials Science & Metallurgy, Cambridge University	REINO UNIDO	P.A. Midgley, F. de la Peña
Ernst Ruska Center (ER-C), Jülich	ALEMANIA	R. Dunin-Borkowski
Centre d'Élaboration de Matériaux et d'Études Structurales, (CEMES) Toulouse	FRANCIA	E. Snoeck, M.J. Casanove
National Center of Electron Microscopy (NCEM), Lawrence Berkeley Laboratory	USA	
Université d'Artois, Unité de Catalyse et de Chimie du Solide	FRANCIA	M. H. Chambrier
INSTM y Departamento de Química, Università degli Studi di Firenze, Firenze	ITALIA	M. Petrecca

Figura 4.103. Principales colaboraciones Internacionales agrupadas por temática.



*Figura 4.104. Principales instituciones con las que he colaborado.*

### **b) Colaboraciones actuales en el marco de proyectos**

En el marco de los proyectos MAT2016 y en relación a las recientes solicitudes MSCA-ITN, destacamos:

- **Westfälische Wilhelms-Universität Münster (Alemania)**, Prof. Helmut Kohl
- **Université d'Artois (France)**, **Unité de Catalyse et de Chimie du Solide (Francia)**, Dr. Marie Helene Chambrier
- **Technische Universität Braunschweig (Alemania)**, Dr. Hao Shen
- **Electron Microscopy Centre Mainz (EMZM)**, **Universidad de Mainz (Alemania)**, Dra. Ute Kolb
- **Nanomegas (Bélgica)**, Dr. Stavros Nicolopoulos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Volveremos a esta empresa con más detalle en el capítulo 5.

**c) Colaboraciones internacionales para el uso de Microscopios Electrónicos con aberración corregida**

Además del uso de la infraestructura de la red nacional ELECMI, a nivel internacional mantenemos colaboraciones con mucha frecuencia con :

- **Laboratoire Structures, Propriétés et Modélisation des Solides (SPMS) –Ecole, Central de Paris - CNRS (France)**, Dr. Guilhem Dezanneau
- **CEMES, Toulouse (France)** Prof. E. Snoeck and M.J. Casanove
- **NanoBioMedical (NBM) Centre, Adam Mickiewicz University (Poland)**, Dr. L.E. Coy
- **Laboratoire de Physique des Solides - UMR 8502, Université Paris Sud, Orsay (France)**, Dr. O. Stephan and Dr. M. Walls

#### 4.5.2 Movilidad Internacional

**Sin duda sea este el punto más débil de mi historial académico.** En primer lugar, ocupar la plaza de técnico en los CCyT al inicio de la tesis doctoral, me impidió hacer estancias prolongadas en otros países, puesto que la atención a los usuarios no podía ser desatendida. En segundo lugar, la maternidad en 1996, apenas un año después de ocupar la plaza de titular, y el nacimiento de mis hijas gemelas en 2001, tampoco favoreció la organización de estancias largas.

No obstante, expondré algunos argumentos a mi favor.

- Me he ocupado por la **internacionalización de la docencia**, especialmente como coordinadora del máster de nanociencia y nanotecnología. Prueba de ello es la participación en diferentes convocatorias de movilidad para profesores y estudiantes del Ministerio de Educación en el período 2008-2012 <sup>1</sup> con la financiación que aparece resumida en la tabla de la **figura 4.105**. Gracias a estas convocatorias, se pudieron organizar cursos de especialización impartidos por profesores visitantes del más alto prestigio<sup>2</sup>.
- Consciente de la relevancia de las **estancias en centros internacionales** por lo que tienen de **formativas** y porque favorecen el establecimiento **de redes de conexión para su futuro desarrollo profesional**, siempre me ocupé de la movilidad de mis estudiantes de doctorado, ya que no pude hacerlo de la mía propia. Siempre he facilitado la asistencia a cursos y las estancias de al menos tres meses si era posible. Prueba de ello es la tabla resumen de la **figura 4.106** y **figura 4.107**.
- Me he ocupado de la **internacionalización de la actividad del grupo LENS** y de su visibilidad, mediante la incentivación de la asistencia a congresos y la participación en proyectos transnacionales como los proyectos ESTEEM y ESTEEM 2 <sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Las respectivas resoluciones se pueden consultar el **apartado 3.C** de la documentación acreditativa adjunta

<sup>2</sup> Se puede ver algún detalle más de los profesores en el apartado 6.4.2 de esta memoria.

<sup>3</sup> Puede consultarse la lista de proyectos en el **apartado 1.D.1.** y **1.D.2.** de la documentación acreditativa adjunta

CONVOCATORIAS	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
PROFESORES	MAS2008-00170 8642,48 €	MAS2009-00635-P 1800 €	MAS2010-00397-P 3600 €	7.200 €
ESTUDIANTES	-	-	MAS2010-00397 / 3680 €	

**Figura 4.105.** Financiación para movilidad de profesorado y estudiantes en las distintas convocatorias del Ministerio de Educación.

- Finalmente, son numerosas las **visitas a otros centros para la realización de medidas experimentales** siempre que ha sido oportuno, con estancias de duración variable en función del contexto de la visita. Las más significativas por su duración se describen seguidamente<sup>1</sup>.

#### a) Estancias durante la etapa pre-doctoral

- Laboratoire d'Optique Electronique. CEMES, Toulouse, FRANCIA  
**Año:** 1989 **Duración:** 01M  
**Tema:** Optimización de la preparación de muestras de InP para observación en TEM, mediante bombardeo iónico trabajando a temperatura de nitrógeno líquido.
- Faculté de Physique de l'Université de Lyon, LYON, FRANCIA  
**Año:** 1990 **Duración:** 01M  
**Tema:** Microscopía Electrónica de Transmisión de dispositivos de semiconductores III-V
- Institut Interdepartamental de Microscopie. École Polytechnique Federal, Lausanne, SUIZA  
**Año:** 1990 **Duración:** 01M  
**Tema:** Aprendizaje de métodos de preparación de muestras por escisión y microscopía de alta resolución de capas tensionadas.

#### b) Estancias durante la etapa post-doctoral

- Foundation for Research and Technology and Institut for Electronics Structure, Heraklion-Creta GRECIA<sup>2</sup>  
**Años:** 1994 y 1995 **Duración:** 1 mes  
**Tema:** Caracterización de transistores de efecto de campo de alta movilidad de portadores (HEMT) de semiconductores III-V.
- SPLINE: European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, FRANCIA  
Experimento: XAS study of Mo environment in new ion conductors  $Nd_{6-x}MoO_{12-2/3x}$   
CÓDIGO experimento 25-01-671, Período: 06/03/2008 – 09/03/2008
- Laboratoire Structures, Properties and Modelisation of Solids, CNRS- Ecole Centrale Paris, Chatenay-Malabry- FRANCIA  
**Tema:** Novel materials for solid oxide and proton conducting fuel cells

<sup>1</sup> La documentación justificativa de estas estancias se recoge en el **apartado 1.D.1**

<sup>2</sup> Imposible olvidar las cenas en el "Costa" con Albert Cornet (lugar en el que empezó a cambiar mi gusto por las gambas) y la carrera para llegar a ver la puesta de sol en Sunion, ya de vuelta a casa.

Acciones Integradas Hispano Francesas Ministerio de Ciencia e Innovación

- 24 de Junio al 12 de Julio 2010
- 4 al 10 de Diciembre del 2010

- Nanobiomedical Center, Adam Mickiewicz University, Poznan, POLONIA  
**Tema:** Microscopia de alta resolución con aberración corregida  
 National Centre for Research and development Grant: POKL.04.03.00-00-015/12 (6 -10 Julio 2015)

### c) *Visitas cortas a centros internacionales y nacionales de prestigio*

- Visita a **Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris-Sud 11, Orsay**, Paris, France, durante la estancia predoctoral de Sonia Estradé en el período 01/07/2007 al 31/07/2007. El objetivo de la visita fue la utilización de un microscopio STEM VG 501 para la obtención imágenes en campo oscuro con detector anular de alto ángulo, (HAADF) y espectroscopía de pérdida de energía de los electrones EELS con una resolución espacial subnanométrica y una resolución en energía de 0.3 eV.
- Visita a la **Universidad de Antwerpen** - Departamento de Física, concretamente al grupo EMAT, durante 14-15-16 de Mayo del 2007. El objetivo de la estancia fue la utilización de herramientas FIB para la preparación de muestras en lámina delgada de materiales perovskita, en el marco de la convocatoria de ayudas Transnational Access del proyecto ESTEEM (Enabling Science and Technology through European Electron Microscopy), IP3 project of the 6th FP of the European Commission.
- Visita Técnica a **Center for Electron Nanoscopy (CEN)** de la Technical University of Denmark (DTU), 6-7 Diciembre 2007. Visita a una de las instituciones pioneras en incorporar siete equipos de **Microscopía Electrónica de nueva generación**.
- Visitas periódicas al **Laboratorio de Microscopías Avanzadas (LMA)** del Instituto de Nanociencia de Aragón (INA) para la observación de materiales por Microscopía Electrónica con aberración corregida <sup>1</sup>.  
 Varias visitas en el período 2007- 2015
- Centro: **Laboratoire Structures, Properties and Modelisation of Solids**  
 CNRS- Ecole Centrale Paris  
 Localidad: CHATENAY-MALABRY- France  
 Tema: Observación de materiales por Microscopía Electrónica con aberración corregida.  
 Período: Febrero 2014 (1 semana).

### 4.5.3 Participación en convocatorias europeas (fallidas) y futuras

Los proyectos europeos en que he participado son un claro indicador de un buen nivel de internacionalización de la actividad investigadora. No considero necesario mencionarlos de nuevo aquí cuando ya fueron listados en el apartado 4.3.1. Sí que es oportuno, por el contrario, indicar los proyectos en cuya solicitud participé, pero que al final no fueron financiados. Son los siguientes:

<sup>1</sup> Un placer trabajar y conversar con César Magén

1. **TEMNET**, Advanced transmission electron microscopy for exploring and controlling nanoscale structures and phenomena, presentado al Call FP62002-NMP-1, Networks of Excellence Proposal No 500098-1, liderado por LPS\_Paris Sud. Este fue el Proyecto seminal de los siguientes ESTEEM y ESTEEM2. Fue una verdadera lástima (o no tanto)<sup>1</sup>, que los evaluadores recomendaran reducir el número de grupos (31 en la solicitud TEMNET) y que quedásemos fuera en la segunda oportunidad <sup>2</sup>.
2. **DYNANO**, Stability, dynamics, growth and control of nanostructures at interfaces, presentado al call FP62002-NMP-1, Networks of Excellence, liderado por el Laboratorio of Physics, Helsinki University of Technology.
3. **BIONIMS**, Spatial Manipulation and Imaging of Bio-functionalized Nanoparticles, presentado al Call, Transnational Call for Collaborative Projects 2006, NanoSciEra.
4. **3D-NANOSURF**, Advanced manufacturing Technology for 3-dimensional Nano-surfaces, presentado al Call FP7-NMP-2007-LARGE-1, liderado por CEA/ LITEN, Grenoble, con el objetivo principal de controlar procesos escalables de fabricación de nanoestructuras en superficie, presentado en 2007.

Más recientemente hemos tenido más éxito con un proyecto que incide en la captación de talento femenino para las disciplinas STEM, (Science, Technology, Engineering and Mathematics), en la etapa crítica de transición de máster al doctorado.

- **TÍTULO:** Erasmus+ Project: Diversity in the Cultures of Physics  
 Coordinador: Freie Universität de Berlin  
 Instituciones participantes: Universitat de Barcelona, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Uppsala Universitet (UU), University of Manchester (UoM) y University of Sheffield.  
 Período: 2017-2019  
 Contacto local en la UB: S. Estradé (Presidenta de la Comisión de Igualdad de la Facultad de Física en la actualidad).  
 Dotación: 411.153,00 €

Y finalizaremos, aunque sea un poco redundante, recordando la participación en la reciente convocatoria de acciones Marie Curie:

- **NANOTRAIN**, ID: SEP-210412845, Acción MSCA-ITN-ETN: Coordinado por el **NanoBioMedical Centre** la Universidad ADAM MICKIEWICZ de Poznan, Polonia / IP de la UB: Francesca Peiró
- **ELATION** (ID: 764566) Acción MSCA-ITN-EID, Coordinado por **LENS-MIND**, de la Universidad de Barcelona, IP: Sònia Estradé

En definitiva, somos bien conscientes de la necesidad de mirar hacia Europa para mejorar la financiación del grupo, y hacia ello encaminamos nuestro esfuerzo a pesar de la complicación que supone no disponer de instrumentación de microscopía electrónica de última generación.

<sup>1</sup> No formar parte del proyecto ESTEEM como partner, nos permitió ser beneficiarios de las acciones transnacionales como usuarios, cosa que no hubiésemos podido hacer como integrantes del proyecto.

<sup>2</sup> Tampoco llegué a entender que de un nodo Toulouse-Barcelona-Cádiz, se insistiera a pasar a dos nodos Bilbao-Madrid-Cádiz (por parte de este último grupo) y Toulouse - Barcelona y que al final solamente Cádiz estuviese en el proyecto ESTEEM, sin tener todavía un equipo de microscopía con aberración corregida. Aprendí que muchas negociaciones no son tan claras como podrían.

CURSO	ENTIDAD ORGANIZADORA	CIUDAD	PAIS	AÑO
<i>Pilas de Combustible. Una alternativa limpia y eficiente a las fuentes de energía convencionales</i>	Universidad de Zaragoza	Jaca	ESPAÑA	2002
<i>EELS &amp; EFTEM Analysis Training School</i>	Gatan	Pleasanton	USA	2002
<i>Master in Solid Oxide Fuel Cells (SOFC)</i>	Instituto de Cerámica y Vidrio, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.	Madrid	ESPAÑA	2003
<i>EMAT Winter School</i>	EMAT-RUCA	Antwerp	BÉLGICA	2005
<i>Electron Crystallography School</i>	International Union of Crystallography	Bruselas Estocolmo Porec	BÉLGICA SUECIA CROACIA	2005 2012 2014 2015
<i>QEM (Quantitative Electron Microscopy) European School</i>	Centre National de la Recherche Scientifique	St. Aygulf	FRANCIA	2005 2013 2017
<i>Nanotem School</i>	Universidad de Cádiz	Cádiz	ESPAÑA	2006
<i>IMC16 One-day pre-Congress School</i>	International Microscopy Society	Sapporo	JAPÓN	2006
<i>Winter HAADF and EELS Workshop (WHEW)</i>	LPS - Université Paris XI	Orsay	FRANCIA	2007
<i>SuperSTEM Summer School</i>	SuperSTEM	Daresbury	UK	2008
<i>TEM-UCA</i>	Dept. de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, (UCA)	Cádiz	ESPAÑA	2010 2011 2016
<i>Aberration Corrected STEM</i>	SuperSTEM	Warrington	REINO UNIDO	2010
<i>Introducción a la Microscopía Electrónica de Transmisión</i>	ICTS Centro Nacional de Microscopía Electrónica	Madrid	ESPAÑA	2011
<i>1st TEM School</i>	Lab. de Microscopía Avanzada - Instituto de Nanociencia de Aragón, Universidad de Zaragoza	Zaragoza	ESPAÑA	2011
<i>Jana 2006 Electron Diffraction</i>	Instituto de Física de la Academia Checa de Ciencias	Praga	REP. CHECA	2012
<i>EELS in Materials Science</i>	Uppsala University, Agnström Laboratory	Uppsala	SUECIA	2012 2015
<i>La resolución atómica, una revolución en la microscopía electrónica</i>	Universidad Complutense de Madrid	El Escorial	ESPAÑA	2013
<i>Advanced Analytical modes in the Nanoscale: Electron Energy-Loss Spectroscopy and Tomography in the TEM</i>	Universitat de Barcelona, Centres Científico-Tècnics	Barcelona	ESPAÑA	2014
<i>Advanced EELS and EFTEM Training School</i>	Universidad Complutense de Madrid, ICTS – Centro Nacional de Microscopía Electrónica	Madrid	ESPAÑA	2014
<i>International Workshop on Advanced and In-situ Microscopies of Functional Nanomaterials and Devices</i>	Helmholtz-Zentrum Geesthacht- Institute of Material Research	Hamburg	ALEMANIA	2015
<i>Curso microscopía electrónica de transmisión: más allá de la frontera de la resolución atómica</i>	Fundación General Universidad Complutenses de Madrid	Madrid, El Escorial	ESPAÑA	2016
<i>Combining Electron and X-ray Powder Diffraction Techniques for Structural Characterization</i>	Stockholms Universitet	Estocolmo	SUECIA	2016
<i>CCEM Summer School on Electron Microscopy</i>	McMaster University	Hamilton	CANADA	2017

Figura 4.106. Cursos de formación de mis alumnos de doctorado.

TEMA de la ESTANCIA	INSTITUCIÓN	CIUDAD	PAIS	FECHAS
<b>Oxidación lateral en estructuras VCSEL</b>	Materials Science Division / Lawrence Berkeley Nat. Lab.	Berkeley	USA	21/4/1999 26/4/2000
<b>Medidas electroquímicas</b>	Centre for Materials Science of the University of Oslo	Oslo	NORUEGA	21/01/2003 09/03/2003
<b>Estudio LAMOX</b>	Centre for Materials Science of the University of Oslo	Oslo	NORUEGA	06/06/2003 02/08/2003
<b>Síntesis de muestras mesoporosas</b>	Departamento de Química / Universidad de Fudan	Shanghai	CHINA	01/03/2004 31/04/2004
<b>Conductores MIEC</b>	Caltech- California Institute of Technology	Pasadena	USA	26/09/2004 17/12/2004
<b>Fabricación y estudio de sensores de gas electroquímicos</b>	Los Alamos National Laboratory	Los Alamos	USA	15/10/2005 17/01/2006
<b>Medidas IEDP-SIMS</b>	Imperial College London	Londres	REINO UNIDO	23/09/2005 23/12/2005
<b>Desarrollo de dispositivos sensores en capa gruesa</b>	Ecole des Mines Saint Etienne	Saint Etienne	FRANCIA	01/09/2006 01/12/2006
<b>Síntesis y caracterización de materiales cerámicos nanoestructurados</b>	Ecole Centrale Paris	Paris	FRANCIA	01/09/2007 01/12/2007
<b>Preparación muestras TEM</b>	CEMES-CNRS	Toulouse	FRANCIA	01/02/2007
<b>EELS</b>	LPS - Université Paris XI	Orsay	FRANCIA	01/07/2007 01/04/2008 01/06/2009
<b>STEM corregido de aberraciones</b>	SuperSTEM	Daresbury	REINO UNIDO	01/04/2008 31/05/2008
<b>Tomografía Electrónica</b>	Dept. Ciencia de Materiales y Metalurgia / U. Cambridge	Cambridge	REINO UNIDO	06/06/2010 31/08/2010
<b>Modelización de estructuras y simulación de imágenes HRTEM y HAADF</b>	Dept. de Ciencia de los Mat. e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica (UCA)	Cádiz	ESPAÑA	24/06/2011 24/07/2011
<b>Caracterización de óxidos para pilas de combustible mediante SAED y HRTEM</b>	Dept. de Química Inorgánica / Universidad Complutense de Madrid	Madrid	ESPAÑA	20/11/2011 20/12/2012
<b>Analysis de espectros EELS con Hyperspy</b>	Department of Metallurgy / University of Cambridge	Cambridge	REINO UNIDO	10/12/2012 20/12/2012
<b>Precesión en EELS</b>	Appfive INC	Tempe	USA	13/08/2012 16/09/2012
<b>Espectroscopía EELS con aberración corregida</b>	Facultad de Química (UCM)	Madrid	ESPAÑA	15/01/2012 15/12/2012
<b>Medidas STEM-EELS</b>	Ernst Ruska-Centre for Microscopy and Spectroscopy with Electrons (ER-C)	Jülich	ALEMANIA	03/06/2013 03/09/2013
<b>Utilización de microscopios TEM con corrector de aberración</b>	Laboratorio de Microscopías Avanzadas / Instituto de Nanociencia de Aragón	Zaragoza	ESPAÑA	14/04/2013 14/07/2013
<b>Estudio de nanopartículas magnéticas mediante holografía electrónica</b>	Centre d'Elaboration de Matériaux et d'Etudes Structurales (CEMES-CNRS)	Toulouse	FRANCIA	24/09/2013 22/12/2013
<b>Desarrollo de algoritmos tomografía</b>	University of Cambridge, Department of Material Science and Metallurgy	Cambridge	REINO UNIDO	07/01/2014 07/02/2014
<b>Medidas de microscopía con aberración corregida</b>	Centrum Nanobiomedyczne, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu	Poznan	POLONIA	10/01/2016 10/04/2016
<b>Cristalografía electrónica</b>	Facultad de Física-Química / Universität Mainz	Mainz	ALEMANIA	01/02/2017 31/07/2017

Figura 4.107. Estancias de investigación de mis alumnos de doctorado.

## 4.6 EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD INVESTIGADORA

### 4.6.1 Evaluación oficial: acreditaciones y sexenios

Desde el punto de vista mas oficial, mi actividad investigadora ha merecido hasta el momento las siguientes evaluaciones positivas:

- **ACREDITACIÓN NACIONAL AL CUERPO DE CATEDRÁTICOS**  
Evaluación positiva por la Agencia Nacional para la Evaluación de la Calidad y Acreditación (**ANECA**)  
REF: 2009-001146 / Fecha: 08/09/2009
- **ACREDITACIÓN DE INVESTIGACIÓN AVANZADA**  
Agencia para la Calidad del Sistema Universitario de Cataluña (**AQU**)  
Convocatoria Enero 2004 / Resolución positiva Mayo 2004

- **SEXENIOS DE INVESTIGACIÓN**

Cuatro sexenios reconocidos por la Comisión Nacional de Evaluación de la Actividad Investigadora (**CNEAI**) y por la **AQU**

- **Tramo 1:** 1989 –1994
- **Tramo 2:** 1995 – 2000
- **Tramo 3:** 2001 – 2006
- **Tramo 4:** 2007 – 2012

### 4.6.2 Evaluación institucional: el PDA

El Consejo de Gobierno de la Universidad de Barcelona, aprobó en su reunión del 07-06-2011 la Normativa del Plan de Dedicación Académica del Profesorado, conocido por **PDA**<sup>1</sup>. Básicamente establecía unos criterios de **valoración de las distintas actividades del profesorado en docencia** (en términos de horas de dedicación), **y en investigación**, definiendo un baremo de **cómputo de diferentes indicadores** que conducen a una clasificación en términos literales A-D de la intensidad de la actividad de investigación, que también se traduce en horas de dedicación global y en **reducción de horas de docencia**.

En lo que a la investigación se refiere, se valoran los **INPUTS** y los **OUTPUTS** considerando como actividades computables los indicadores de la **Figura 4.108** Según estos baremos detallados, se definen los límites en cuartiles, de manera que la clasificación A corresponde a una valoración de la actividad en el primer cuartil, y B-C-D corresponden al segundo, tercer y cuarto cuartil respectivamente. Tener clasificación A en inputs, representa estar entre el 25% del profesorado que ha captado más recursos en el período evaluado. Tener clasificación A en outputs, representa estar entre el 25% de profesores de mayor productividad científica en el período evaluado.

<sup>1</sup> [http://www.ub.edu/dret/org/govern/docs/pda\\_aprovat\\_consell\\_govern\\_07\\_06\\_11.pdf](http://www.ub.edu/dret/org/govern/docs/pda_aprovat_consell_govern_07_06_11.pdf)

**Barem per a l'avaluació quantitativa de l'input (en les bases de dades UB)**

Projectes internacionals (UE i d'altres)	CG	MSC	Partner	Subc. o memb.
Projectes de 1r nivell	12	10	9	5
Projectes de 2n nivell	8	6	4,5	2,5
<b>Projectes de recerca competitiu</b>		IP		IS
Projectes d'àmbit estatal públics		9		5
Projectes d'àmbit estatal privats o d'àmbit autonòmic (públics o privats)		6		3
Projectes de la UB		3		1
<b>Grups de recerca</b>		IP		IS
Grup de recerca consolidats per la DGR i la UB		4		2
<b>Convenis de recerca i contractes de recerca o serveis</b>		IP		IS
Convenis i contractes exclusivament de recerca (durada $\geq 1$ any)		3		2
Contractes de recerca/serveis (durada $\geq 1$ any)		2		1
Contractes de serveis (durada $\geq 1$ any)		1		0,5
<b>Accions especials. Programes competitiu</b>		IP		IS
Accions especials d'àmbit estatal		3		2
Accions especials d'àmbit autonòmic (ACES)		2		
<b>Finançament d'infraestructures. Programes competitiu</b>		IP		
Infraestructura científicotècnica d'àmbit estatal		3		
Infraestructura científicotècnica d'àmbit autonòmic		2		
<b>Ajuts a la recerca i altres subvencions de recerca, competitiu i qualificades</b>		IP		
Distincions acreditades (amb ajut associat)		4		
Ajuts per mobilitat, xarxes o grups d'àmbit internacional o estatal		3		
Ajuts per mobilitat, xarxes o grups d'àmbit autonòmic		2		
Altres ajuts a la recerca		1		

**Barem per l'avaluació quantitativa de l'output (en el currículum)**

Articles i ressenyes	Quartil / Classificació			
	25 % / A	50 % / B	75 % / C	100 % / D
Article ISI <sup>1</sup>	12	8	5	3
Article CONACIT (no ISI)	4	3	2	1
Resta d'articles i ressenyes	1			
<b>Publicacions no periòdiques</b>	<b>Internacionals <sup>2</sup></b>		<b>Nacionals</b>	
Llibre	14		7	
Capítol de llibre	6		2	
Ressenya en llibre	6		2	
Editor de llibre	4		2	
Edició crítica pura de textos	14			
Edició anotada de textos	6			
Traducció literària amb aparell crític	10			
Traducció literària sense aparell	3			
Altres <sup>3</sup>	0,5			
<b>Estades a l'estranger</b>	<b><math>\geq 3</math> mesos</b>		<b>&lt; 3 mesos</b>	
Estades de recerca	4		1,5	
<b>Desenvolupament i innovació</b>	<b>Activitats correctament registrades</b>			
Patents en explotació <sup>4</sup>	10			
Models d'utilitat	3			
Registres vegetals	3			
Altres	1,5			
<b>Congressos</b>	<b>Internacionals <sup>5</sup></b>		<b>Nacionals</b>	
Participacions rellevants	3		2	
Comunicacions i pòsters	2		1	
<b>Direcció de tesis doctorals</b>	5			

**Figura 4.108.** Resumen de los indicadores de valoración de las actividades académicas para el cálculo de la equivalencia en el plan de dedicación académica (PDA).

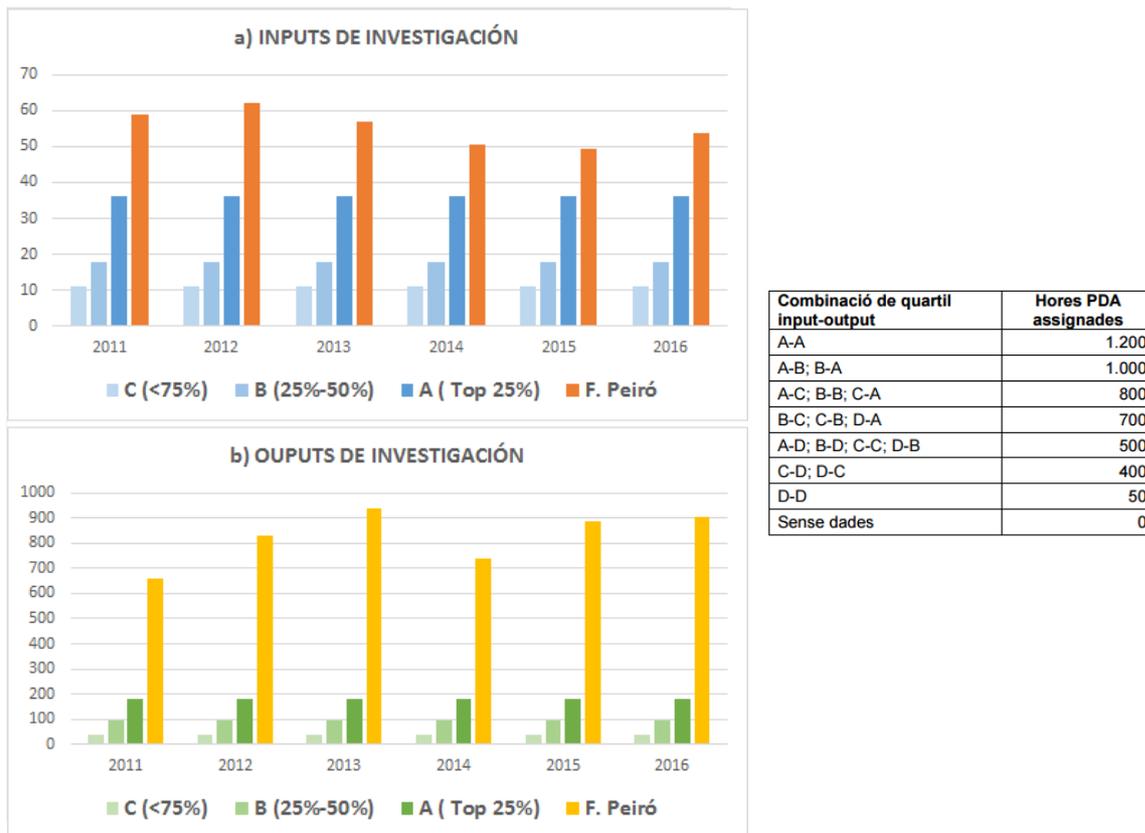


Figura 4.109. Comparativa de los umbrales de cada cuartil con mi valoración particular del PDA para los inputs a) y outputs b). c) Equivalencia en horas para las posibles combinaciones de los literales A-B-C-D.

Las combinaciones posibles de los literales A-D para inputs y outputs equivalen a la dedicación en horas que se muestra en la Figura 4.109c. La valoración que he obtenido de mi PDA en los últimos cinco años se presenta en la Figura 4.109a para los inputs, y Figura 4.109b para los outputs. En **todas las ocasiones he obtenido clasificación A-A**. Con ello disfruté de una reducción de horas docentes. Si en condiciones normales esta reducción supondría un ajuste real de la dedicación global anual, el hecho de actuar como coordinadora del máster de Nanociencia y Nanotecnología y por lo tanto añadir horas de gestión no supuso un ajuste importante.

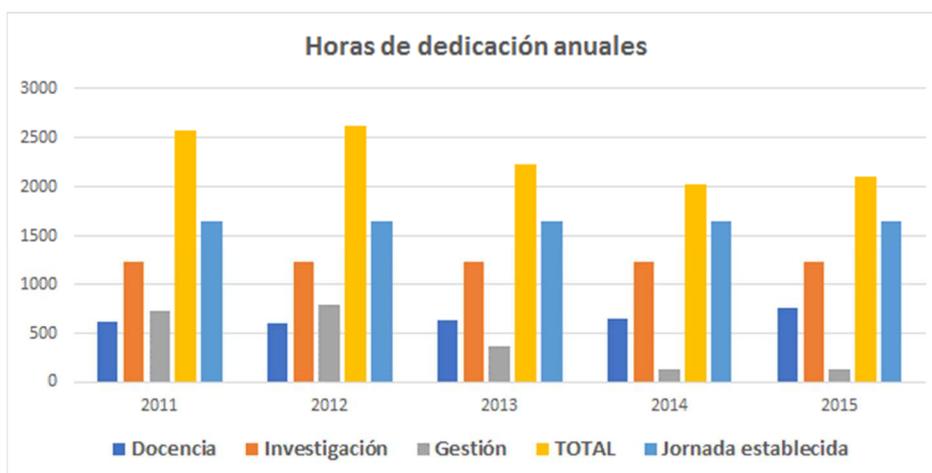


Figura 4.110. Dedicación anual a las actividades de docencia, investigación y gestión, y la suma global, en comparación a la jornada establecida en 1650 horas anuales.

Dado que el PDA se usa para computar nuestra actividad, también será interesante echar un vistazo a los resultados de la medida de las horas globales anuales dedicadas. La **Figura 4.110** presenta la dedicación efectiva a docencia, investigación y gestión durante los últimos 5 años de implantación del PDA en comparación a la jornada estándar establecida en 1650 horas. Según estos valores, la **dedicación ha sido un 35% superior en promedio**. Ciertamente, dejar la coordinación del máster ha supuesto un reajuste significativo, **pasando a una dedicación en exceso de sólo el 15%**. A esto, aún se deberían sumar algunas horas relativas a actividades no computadas (tribunales de tesis, actividades de difusión, entre otras).



**Figura 4.111.** Dedicación promedio en porcentaje a las actividades de docencia, investigación y gestión.

El gráfico de la **Figura 4.111** resume la relación porcentual de las principales actividades como profesora. Gracias al reconocimiento de mi actividad de investigación por parte de la institución, mencionaré aquí que en tres ocasiones merecí la **Distinción de Intensificación en Investigación**, concretamente en los años 2010-2011-2012, de hecho, en las únicas tres convocatorias que se han abierto.

## 4.7 PREMIOS Y MENCIONES EN INVESTIGACIÓN

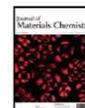
Como ya hicimos en el apartado de docencia, concluimos el capítulo 4 con la relación de trabajos que merecieron una mención especial <sup>1</sup>.

1. **MENCIÓN COMO “HOT PAPER”** del trabajo del doctorando Alberto Tarancón, publicado en la revista *Journal of Materials Chemistry* Vol. 17., pp:3175-3181 (2007): **Layered perovskites as promising cathodes for intermediate temperature solid oxide fuel cells.**

Artículo relacionado: *GdBaCo<sub>2</sub>O<sub>5+x</sub> layered perovskite as an intermediate temperature solid oxide fuel cell cathode*, A. Tarancón, A. Morata, G. Dezanneau, S. J. Skinner, J. A. Kilner, S. Estradé, F. Hernández, F. Peiró, J.R. Morante, *J. Power Sources Vol 174*, 257-263 (2007).

### Journal of Materials Chemistry

High impact applications, properties and synthesis of exciting new materials



Hot paper: Layered perovskites as promising cathodes for intermediate temperature solid oxide fuel cells

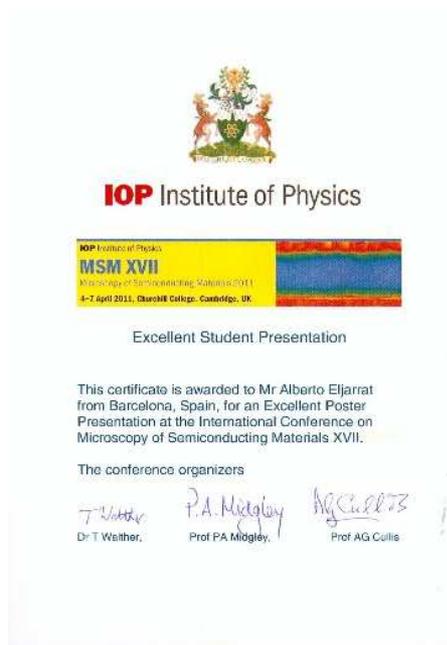
19 June 2007

Alberto Tarancón tells *Journal of Materials Chemistry* about his hot paper.

1. Could you explain the significance of your article to the non-specialist?

Lowering the operating temperature of solid oxide fuel cells (SOFCs) to the intermediate temperature range (500- 700 °C) in order to improve materials compatibility and reduce costs has become one of the main SOFC research goals. This paper presents the suitability of

2. **PORTADA DE LA REVISTA** *Journal of Materials Chemistry* Volumen 19, Numero 7 (2009), por el artículo: **Long range epitaxial growth of prismatic heterostructures on the facets of catalyst-free GaAs nanowires**, de Heigoldt, M.; Arbiol, J.; Spirkoska, D.; Rebled, J.M.; Conesa-Boj, S.; Abstreiter, G.; Peiró, F.; Morante, J.R., Fontcuberta Morral, A.
3. **PREMIO AL MEJOR POSTER: Best Poster Award in Materials Science** en el XXIV Congress of the Spanish Microscopy Society (SME XXIV) and XLIV annual meeting of the Portuguese Society for Microscopy, (16<sup>th</sup>-19<sup>th</sup> Segovia, Spain, 2009), con el trabajo **HRTEM and EELS analysis of Axial Quantum Wells in GaN/AlN Heterostructured Nanowires** S. Conesa-Boj, J. Arbiol, F. Furtmayr, C. Stark, S. Schäfer, M. Stutzmann, M. Eickhoff, F. Peiró, J.R. Morante
4. **PREMIO AL MEJOR POSTER: Student Excellent Poster Award in the Conference of Microscopy of Semiconducting Materials 2011 (MSM XVII) Cambridge 4-7 Abril (2011)** VEELS characterization of InAlN/GaN distributed Bragg reflectors  
Eljarrat, A.; Hosseini, D.; Gačević, Ž.; Fernández-Garrido, S.; Calleja, E.; Magén, C.; Estradé, S.; Peiró, F. (MSM XVII) Cambridge 4-7 Abril (2011)
5. **MENCION COMO TRABAJO EN LA FRONTERA DEL CONOCIMIENTO: Effect of the capping on the local Mn oxidation state in buried (001) and (110) SrTiO<sub>3</sub>/La<sub>2</sub>/3Ca<sub>1</sub>/3MnO<sub>3</sub> interfaces**  
This paper, published in *Journal of Applied Physics* 110, 103903 (2011), has been selected as covering a focused area of frontier research to be included in the November 28, 2011 issue of Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology.



<sup>1</sup> La documentación acreditativa se incluye en el apartado 1.A.7

6. **MENCIÓN COMO TOP 25 HOTTEST ARTICLES IN ULTRAMICROSCOPY**, October to December 2012  
EEL spectroscopic tomography: towards a new dimension in nanomaterials analysis  
Yedra, L.I.; Eljarrat, A.; Arenal, R.; Pellicer, E.; Cabo, M.; López-Ortega, A.; Estrader, M.; Sort, J.; Baró, M.D.; J.; Estradé, S.; Peiró, F.  
*Ultramicroscopy* **122**, 12-18 (2012)



7. **MENCIÓN COMO ARTÍCULO MÁS CONSULTADO: "High-surface-area ordered mesoporous oxides for continuous operation in high temperature energy applications"**  
Selected as a **Most Accessed Article for 2014** in *Journal of Materials Chemistry A* and as such it has been included in the Most Accessed Article 2014 web collection for the Journal
8. **PREMIO AL MEJOR POSTER: Size Dependent Magnetism in FeO/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Core/Shell Nanoparticles**  
A. G. Roca, M. Estrader, A. López-Ortega, Igor V. Golosovsky, S. Estradé, G. Salazar-Alvarez, L. López-Conesa, D. Tobia, E. Winkler, J. D. Ardisson, Waldemar A., A. Macedo, A. Morphis, M. Vasilakaki, K. N. Trohidou, A. Gukasov, I. Mirebeau, O. L. Makarova, R. D. Zysler, F. Peiró, M. D. Baró, L. Bergström, J. Nogués  
**BEST POSTER AWARD**, Session Tuesday, *20th International Conference on Magnetism, Barcelona*, 5-10 July (2015)
9. **PREMIO A LA MEJOR TESIS DOCTORAL EN MICROSCOPIA: Premio de la Sociedad de Microscopía de España a la mejor tesis doctoral defendida en el área de Desarrollos Tecnológicos defendida en el bienio 2013-2014. Towards a new dimension in analytical TEM: EELS, Tomography and Spectrum Volume**  
DOCTORANDO: LLuis Yedra, DIRECTOR: Francesca Peiró y Sònia Estradé  
Data: 18 Desembre 2013 **Qualificació:** Excel·lent cum laude per unanimitat





## **CAPÍTULO 5. Dimensión de transferencia de tecnología**

---

Durante la etapa de técnico de los CCyT, tuve la oportunidad de entrar en contacto con algunas empresas, no por la parte de la microscopía electrónica, si no en relación a mi actividad como analista de imágenes. Pero fueron escasas. Alguna empresa de cosmética, que evaluaba la influencia de sus productos sobre réplicas de piel, y poco más. No fue hasta después de la tesis y ya como profesor titular en el departamento, que trabajé algo más en relación a la empresa a distintos niveles, el más básico, la elaboración de informes de caracterización, pasando por colaboraciones en el marco de proyectos y finalmente con contratos de investigación para resolver alguna problemática específica, hasta la solicitud y concesión de una patente. En los siguientes apartados describo con más detalle estos distintos niveles.

### **5.1 TRABAJOS PARA EMPRESA EN LA ETAPA POST-DOCTORAL**

#### **5.1.1 Informes técnicos de microscopía electrónica**

A esta primera etapa corresponden los trabajos de microscopía electrónica realizados por encargo<sup>1</sup> para la empresa francesa SAGEM S.A. Poitiers<sup>2</sup>. La temática principal fue la caracterización de díodos basados en InSb para aplicaciones ópticas en el rango del infrarrojo <sup>3</sup>. En definitiva, para el desarrollo de dispositivos de visión nocturna. Hasta en tres ocasiones trabajé para dicha empresa con las siguientes temáticas:

---

<sup>1</sup> El Prof. Morante era quien “traía el hielo a Macondo” como Alberto Tarancón redactó en la sección de agradecimientos de su tesis.

<sup>2</sup> <http://www.sagem-ds.com>

<sup>3</sup> La documentación justificativa se adjunta en el **apartado 1.A.4.**

- REPORT-1 SAGEM: **TEM of InSb diodes**  
Septiembre 1998
- REPORT-2 SAGEM: **TEM and Raman on InSb quantum dot matrix**  
(Abril 1999)
- REPORT-3 SAGEM: **TEM of InSb 256x256 InSb diodes matrix**  
(Julio 1999)

En todos los casos el requisito era la rapidez en el tiempo de respuesta y la precisión en los informes. No difería mucho de cualquier otro trabajo de caracterización que hubiese realizado en el contexto de la investigación en semiconductores III-V.

## 5.2 COLABORACIONES CON EMPRESA EN PROYECTOS

Mi colaboración con la empresa **Francisco Albero S.A. (FAE)** se remonta al año 1999, como investigador principal del proyecto coordinado MAT2000-0206-P4-03 (Sondas cerámicas basadas en multicapas de óxidos metálicos para el control de gases exhaustos a alta temperatura), Proyecto financiado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), dentro del marco del Programa Nacional de Materiales, con una dotación de 90.000 €, y desarrollado durante el período 2001 – 2004, siendo el núcleo de una de las tesis doctorales dirigidas (A. Morata). Este primer proyecto buscó establecer una estrategia de colaboración estable para transferir de forma continua el conocimiento en materia de nanotecnología para sensores de gas en desarrollo en el Departamento de Electrónica de la Universidad de Barcelona a la empresa FAE, **dedicada al sector de la automoción**.

Desde entonces, la colaboración con esta empresa se ha mantenido a lo largo de más de 10 proyectos de transferencia tecnológica liderados por otros investigadores<sup>1</sup>. Así, se ha evolucionado desde los primeros diseños y prototipos realizados y evaluados en la UB hasta la actualidad donde la empresa FAE tiene unas instalaciones de investigación, desarrollo y fabricación punteras. Los laboratorios de FAE cuentan con una sala blanca clase 1000 de 130 m<sup>2</sup> incluyendo maquinaria de procesamiento cerámico avanzado LTCC y HTCC que permite realizar en la actualidad dispositivos electrocerámicos monolíticos.

### 5.2.1 Colaboración con la empresa FAE

Los principales objetivos del proyecto MAT2000-P4 ya se mencionaron en la sección 4.2.2, pero es adecuado recordar aquí los retos tecnológicos en que la empresa FAE estaba implicada. El primero de ellos fue **desarrollar tecnología de presinterización, apilamiento y sinterización**. Dentro del plan de esta empresa para el desarrollo y comercialización de distintos tipos de sensores de gas dedicados tanto a la automoción como a otros ámbitos (doméstico, industrial), se consideraba como básica la tecnología de *Tape Casting* (Colado en Cinta). Para

<sup>1</sup> Albert Cirera jugó un papel fundamental en la relación con FAE en el contexto de aquel proyecto y su relación con la empresa es un claro exponente de colaboración continuada y éxito.

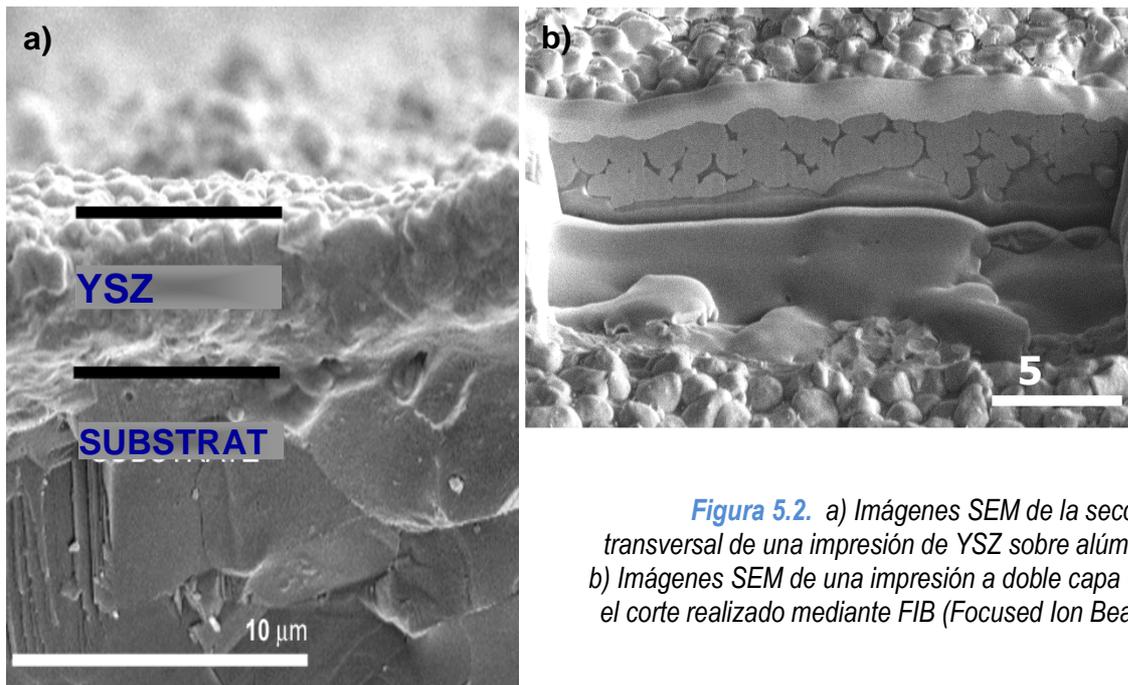
estas aplicaciones, FAE se dotó de una Sala Blanca de clase 10000 de aproximadamente 130 m<sup>2</sup> en la que se ubicaba un laboratorio químico de tratamiento de barbotinas (mezcla de polvos cerámicos y aglutinadores orgánicos), una sala insonorizada de mezcla y dispersión, y una sala de tratamiento de *tapes* o cintas, incluyendo las máquinas de colado en cinta, blanqueadora, punzonadora, apiladora isostática, serigrafiadora (Figura 5.1a), cortadora y hornos de sinterización. La puesta a punto de esta instalación fue muy satisfactoria, y se concluyó dominando la técnica de colado en cinta de YSZ (*Yttria Stabilized Zirconia*) y de Alúmina. Así, FAE desarrolló láminas presinterizadas (Figura 5.1b) de alúmina con grosores de 50 a 250 micras con grados de sinterización superior al 95% y láminas presinterizadas de YSZ con grosores de 50 a 200 micras con grados de sinterización del 99%, así como tintas de Pt, Au y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Ello permitió configurar diferentes tipos de sensores para automoción basados en las propiedades de conducción iónica del YSZ y alternativamente sensores basados en la utilización de nanopartículas de TiO<sub>2</sub> catalizadas con Pt.



Figura 5.1. a) Tecnología de serigrafía y sinterizado desarrollada en FAE en el contexto del proyecto MAT2000. b) Green Tapes preparados a partir de nanocerámicas en colaboración EME/UB-FAE.

El segundo objetivo era **desarrollar metodologías de printing y de pasivación que asegurasen la estabilidad y funcionalidad del sistema bajo condiciones de alta temperatura**. Se optimizó el método de depósito de capas delgadas (espesor menor de 5  $\mu\text{m}$ ) densas mediante la técnica de serigrafía (*screen printing*), anteriormente utilizada sólo para depósito de capas porosas. Con el fin de optimizar el proceso, se llevó a cabo un diseño experimental <sup>1</sup> basado en análisis de varianzas (ANOVA). El experimento permitió estudiar la relevancia del efecto de seis parámetros involucrados en la fabricación de las capas. Los tres primeros estaban relacionados con las características de las pastas a imprimir, (tiempos de molienda, relación plastificante-binder-dispersante), mientras que el resto correspondían a variaciones en el tratamiento térmico (temperatura y tiempos de recocido). El plan experimental se repitió para procesos de doble impresión (Figura 5.2). A nivel de escalado industrial, para la preparación de pastas de serigrafía, FAE optó por la utilización de diferentes binders orgánicos (Etil celulosa, Metil celulosa, PVC, PVB) y desarrolló un excelente “know how” en la elaboración de pastas acabando con el control pleno de los parámetros de depósito de hasta 8 tipos diferentes de pastas (YSZ, TiO<sub>2</sub>, SnO<sub>2</sub>, Pt, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, YSZ-Pt, Pt black, C black). El control del depósito de materiales densos mediante serigrafía, abrió también las puertas a la aplicación de esta tecnología en la aplicación de pilas de combustible de

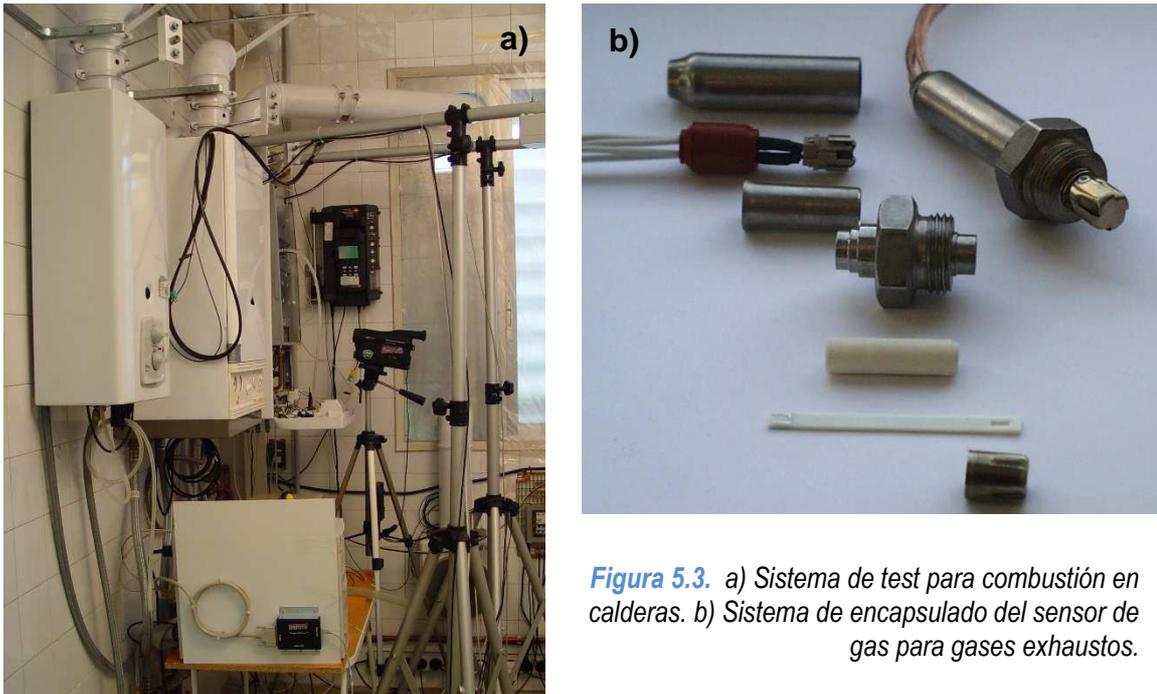
<sup>1</sup> En el contexto de la tesis de A. Morata



**Figura 5.2.** a) Imágenes SEM de la sección transversal de una impresión de YSZ sobre alúmina. b) Imágenes SEM de una impresión a doble capa tras el corte realizado mediante FIB (Focused Ion Beam).

óxido sólido, línea que también ha sido descrita ya en la sección 4.2.2. En una segunda etapa, la atención se centró en las diferentes clases de electrodos de Platino. En los diferentes procesos en los que los sensores necesitan capas pasivadoras se ensayaron diferentes soluciones tecnológicas todas ellas exitosas. En el caso de sinterizados en base a alúmina, la pasivación de electrodos y especialmente el elemento calefactor se consiguió enterrando éstos entre capas presinterizadas de alúmina de grosores del orden de las cien micras. Para el caso de sensores basados en YSZ se englobó el calefactor de platino en capas serigrafiadas de alúmina con grosores óptimos de 10 a 20 micras. También en este sensor, el electrodo de medida exterior se pasivó mediante una capa de YSZ serigrafiada de aproximadamente 30 micras. En cuanto a la optimización de procesos térmicos a alta temperatura, FAE extendió el rango de tratamientos térmicos de sinterización hasta los 1600°C, con un valor óptimo de 1550°C para YSZ y 1500°C para alúmina en atmósfera de aire.

El tercer objetivo fue **desarrollar metodologías de encapsulado de los dispositivos con una protección eficaz en ambientes de trabajo hostiles (Figura 5.3)**. FAE desarrolló un encapsulado de cuerpo hexagonal enroscable en acero inoxidable, que recubría y protegía completamente el sensor y sólo lo exponía al gas de test por un conjunto mínimo de orificios. Finalmente, en referencia a las tareas de test y validación de los dispositivos sensores FAE implementó un sistema de emulación de atmósferas exhaustas mediante la mezcla de gases sintéticos en laboratorio controlado por PC, que a su vez el sistema permitía evaluar la respuesta de los sensores y verificar si se correspondían a los modelos físico-químicos que indicaban la correcta monitorización de la combustión. Se desarrolló un software paralelo al anterior con el objetivo de verificar la fiabilidad y repetitividad de los sensores, evaluando su respuesta a las diferentes presiones parciales de los gases y al parámetro lambda de la combustión. En cuanto a los ensayos de durabilidad de las estructuras, FAE trabajó con 4 sistemas de envejecimiento acelerado: corrosión acelerada por cámara salina; un sistema de vibración forzada de 20 a 200 Hz; encendido/apagado automático de los sensores y implementación de un motor de gasolina real que envejecía los sensores trabajando continuamente a aproximadamente 2000 rpm. Estos sistemas permitieron controlar bajo qué condiciones los sensores padecían deterioro.



*Figura 5.3. a) Sistema de test para combustión en calderas. b) Sistema de encapsulado del sensor de gas para gases exhaustos.*

En definitiva, el MAT2000 fue un proyecto en el que la empresa FAE se implicó eficientemente, en el que la colaboración de Albert Cirera fue muy significativa como nexo entre la empresa y la UB, y en el que mi papel en relación a la empresa fue, además de la coordinación del proyecto e informes de seguimiento, dirigir la ejecución de los diseños experimentales de optimización de los procedimientos de serigrafía.

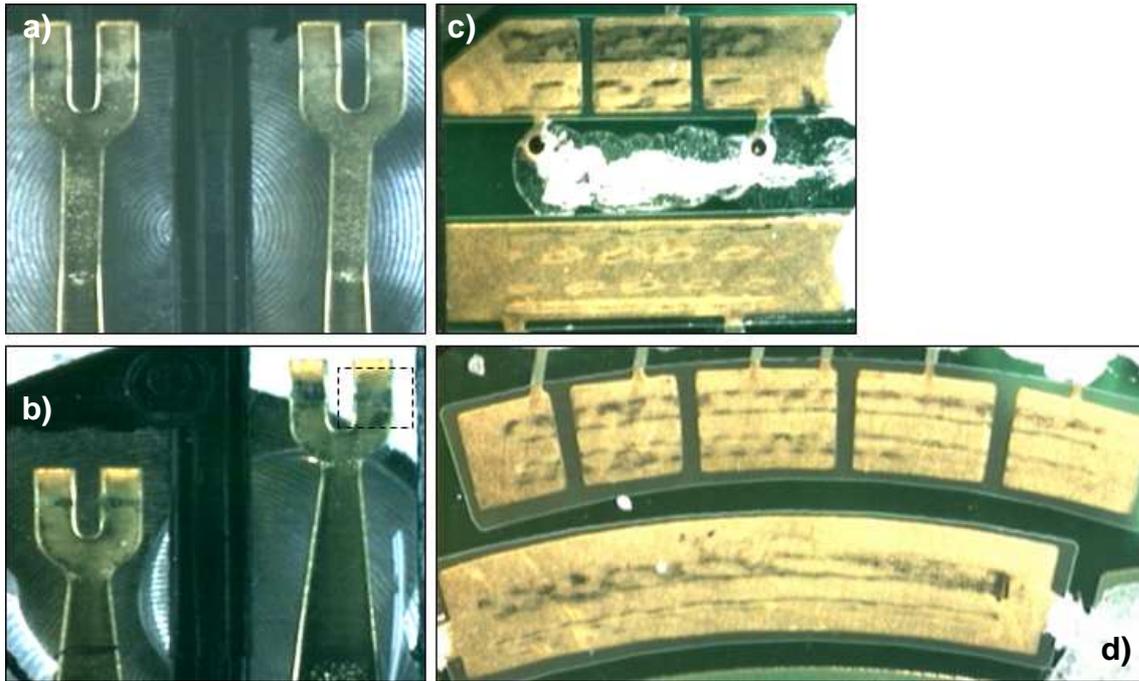
### 5.3 CONTRATOS DE INVESTIGACIÓN CON EMPRESA

Durante el período 2003-2005, establecí una colaboración con la empresa DELPHI Mechatronics, Automotive Systems. El objetivo de estos proyectos fue la **optimización de los procesos de recubrimiento y conformación de contactos eléctricos para el automóvil**, para mejorar el rendimiento ante ciclos de desgaste continuados. Las técnicas empleadas para correlacionar los estados de deformación y desgaste de los recubrimientos en función de las variaciones del diseño y los ciclos de envejecimiento, fueron el uso de haz de iones focalizados (Focused Ion Beam FIB) y la Microscopía Electrónica de Barrido. Durante esta etapa, **dirigí y ejecuté 12 contratos de Investigación con la empresa Delphi**, en la mejora del diseño de contactos eléctricos, por un importe económico de unos 110.000€<sup>1</sup>.

#### 5.3.1 Colaboración con la empresa DELPHI

El objetivo de la colaboración con DELPHI fue dilucidar el origen del desgaste excesivo de los recubrimientos de ciertos contactos eléctricos situados en el salpicadero del vehículo (**Figura 5.4**) y sometidos a ciclos de uso continuado: intermitentes y velocidad del limpiaparabrisas. La investigación se llevó a cabo en distintas fases:

<sup>1</sup> El listado completo de contratos y su financiación así como la documentación justificativa emitida por la Fundación Bosch y Gimpera se encuentra en el **apartado 1.B.1**.



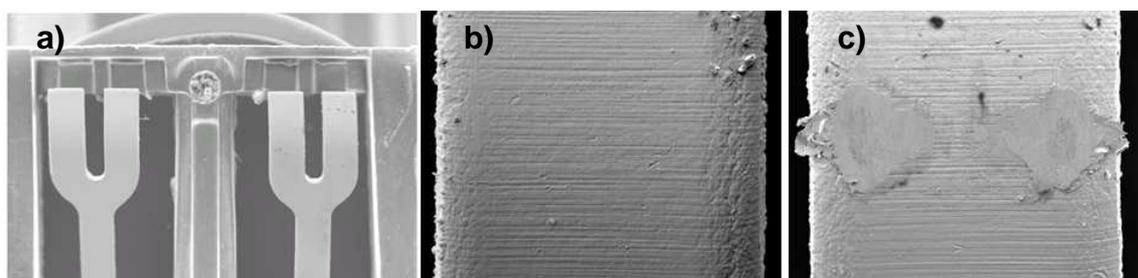
**Figura 5.4.** Imágenes de microscopía óptica de los contactos de intermitente (a) y limpiaparabrisas (b) y sus respectivos contactos de base en c) y d).

**a) Microscopía óptica:**

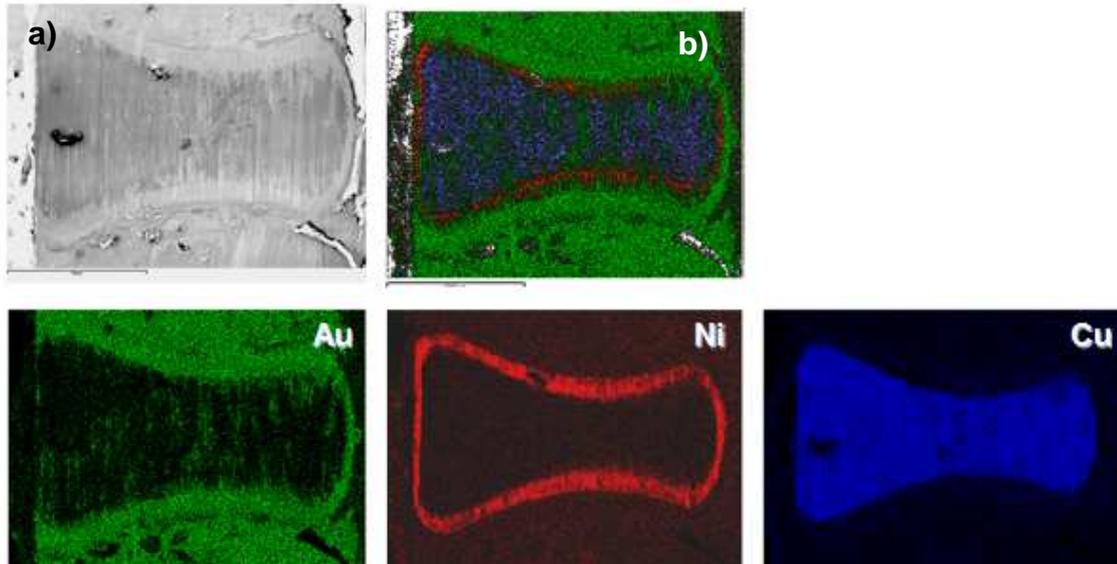
- Evaluación del espesor de las capas de AuCo, Au y Ni sobre los substratos de aleación CuSn
- Medida de las grietas al conformar los contactos de las piezas planas a las formas curvas definitivas

**b) Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)**

- Evaluación de las grietas tras el conformado
- Control del grado de degradación por erosión
- Determinación de composición de las partículas abrasivas
- Mapas de espectroscopía de Rayos X de las superficies desgastadas ([Figura 5.6](#)).



**Figura 5.5.** Imágenes SEM de los contactos eléctricos originales (a) y de una de las patillas a más alto aumento sin desgastar b) y desgastada en 10 ciclos de uso en c).

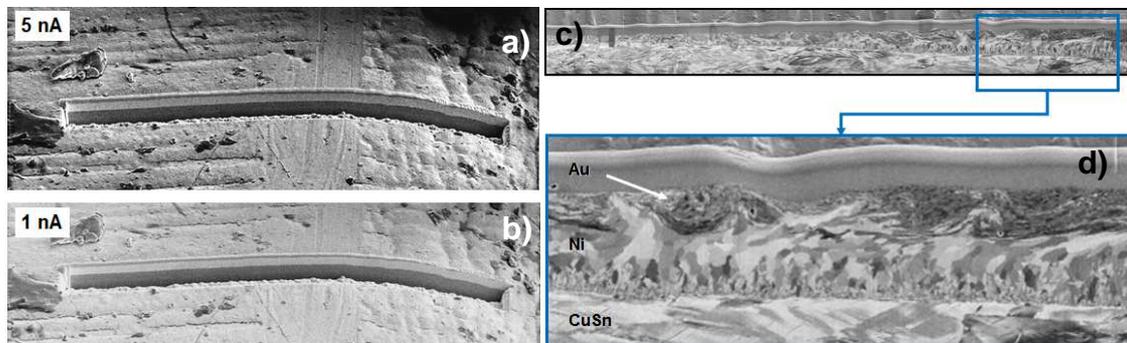


**Figura 5.6.** a) Imagen SEM de un contacto desgastado 10.000 ciclos de uso, y correspondientes mapas de Rayos X de los elementos metálicos presentes en los recubrimientos y en el sustrato, superpuestos en falso color en b).

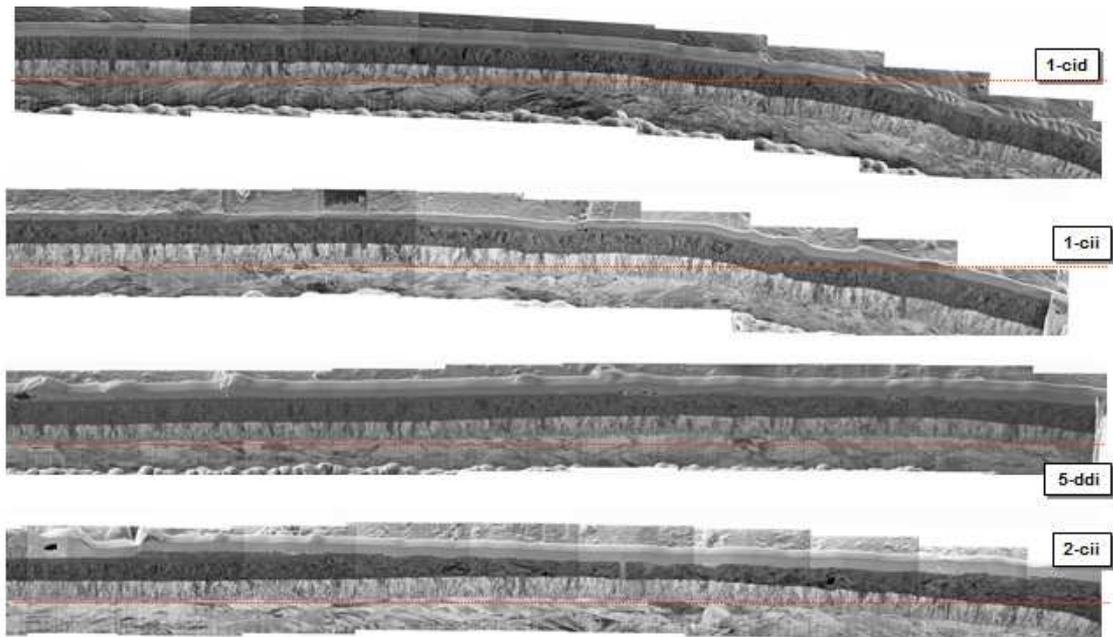
Tras una evaluación exhaustiva de la morfología y la composición de los recubrimientos después de 10, 100, 1000, 10.000 y 100.000 ciclos de funcionamiento, y de ensayar diferentes tipos de recubrimiento, el origen del desgaste excesivo seguía sin estar claro. Fue necesaria una cuarta etapa de trabajo en la que empleamos haces focalizados de Ga, para realizar secciones transversales en los contactos, y evaluar el grado de deformación de los recubrimientos según los ciclos de desgaste.

### c) FIB: haz de iones focalizados

- Sección transversal de los contactos usando distintas corrientes (**Figura 5.7**)
- Evaluación de espesor de las capas y cristalinidad
- Deformación de los granos de los metales del recubrimiento en los ciclos de uso (**Figura 5.7 c y d**)
- Evaluación de la deformación tras el conformado (**Figura 5.8**)



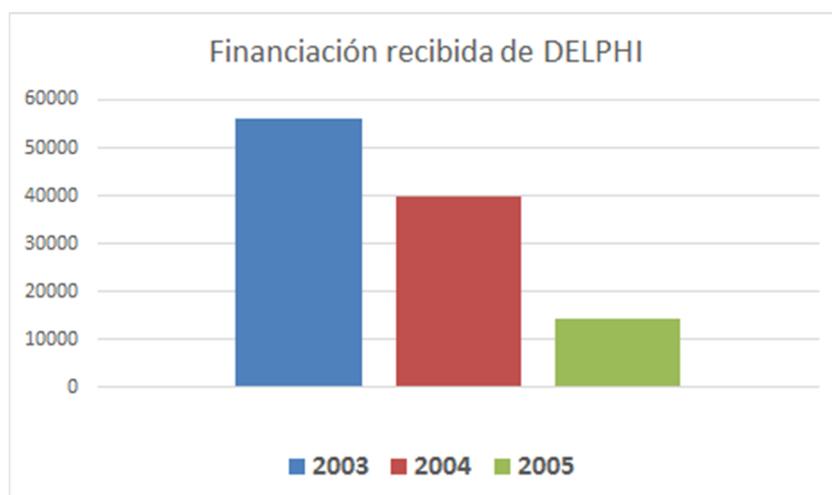
**Figura 5.7.** a) y b) Imagen SEM de las secciones transversales hechas con diferentes valores de corriente. c) y d) Imágenes de las secciones a mayor aumento, en las que se observan las deformaciones de los granos de Ni por debajo del recubrimiento de Au.



**Figura 5.8.** Ejemplo del estudio comparativo de cuatro de las patillas de un contacto para evaluar el grado de desgaste en función de la curvatura del conformado.

Sólo un apunte numérico: cada juego de muestras tenía un total de 8 patillas (una pieza como la mostrada en la (Figura 5.5a) y otra similar de disposición asimétrica). Por cada juego de ocho patillas, debemos multiplicar por los cinco pasos de desgaste analizados. Y para asegurar la repetitividad, hacerlo para unos 20 juegos de muestras. Y esto para cada tipo de recubrimiento ensayado <sup>1</sup>.

Finalmente, se pudo establecer una correlación entre la curvatura después del mecanizado de la pieza y el grado de desgaste. La Figura 5.9 resume la financiación recibida durante la duración de estos proyectos.



**Figura 5.9.** Distribución de la financiación recibida por los contratos de investigación con la empresa DELPHI S.A. Mechatronics.

<sup>1</sup> Fue una cantidad ingente de trabajo, a contratiempo, y con la exigencia de calidad que requiere un contrato con empresa. Es justo mencionar la colaboración de A. Romano, J. Arbiol y A. Morata en alguna de las etapas.

## 5.4 CONTRATOS DE ACTIVIDADES FORMATIVAS y DE ASESORÍA

Este apartado recoge dos actividades relacionadas con instituciones no privadas, pero que se realizaron en el contexto de contratos a través de la Fundación Bosch y Gimpera.

### 5.4.1 Colaboración con la Universidad de Zaragoza

Aunque no se trate exactamente de una empresa, y aunque ya lo mencionáramos en la sección de cursos impartidos, creo oportuno incluir también aquí los contratos para formación en TEM con la Universidad de Zaragoza.

1. CURSO: **Microscopía Electrónica de Transmisión**  
Período: 2006  
CODIGO -Fundación Bosch y Gimpera: 304155  
Dirección del Proyecto: Dra. Francesca Peiró
2. CURSO: **Análisis de Superficie: espectroscopía de fotoelectrones, Auger y ultravioleta**<sup>1</sup>  
Período: 2005  
CODIGO -Fundación Bosch y Gimpera: 304156  
Dirección del Proyecto: Dra. Francesca Peiró

Quizás lo más relevante de esta sección, no sean los proyectos en sí, ni la cuantía de la financiación recibida. Lo que cuenta es que los responsables de una nueva instalación de microscopía avanzada<sup>2</sup>, confiaran en nosotros para iniciar la formación de los nuevos especialistas que irían a trabajar allí. Así, que contribuí con mi granito de arena, en la medida que corresponde, en los inicios del **Laboratorio de Microscopias Avanzadas del Instituto de Nanociencia de Aragón**.

### 5.4.2 Contratos de asesoría con TERM CAT

Desde el año 2007 he participado como **asesora con el centro de Terminología TERM CAT**, del Departamento de Cultura de la Generalitat de Catalunya. A medio camino entre transferencia de tecnología y la gestión, he optado por incluirlo en esta sección por la especificidad temática de la actividad, centrada en la revisión del vocabulario especializado en Nanotecnología.

- Contrato de asesoría FBG305175 con el Centro de Terminología TermCAT<sup>3</sup>  
Asesoría en la temática de Ingeniería y Caracterización de Materiales para Aplicaciones Electrónica, Energía y Nanotecnología.
- Revisión del Vocabulario de **Nanotecnología Parte I**  
Fecha: 2009

<sup>1</sup> El Dr. Lorenzo Calvo participó en este segundo curso

<sup>2</sup> Mi agradecimiento al Prof. Ricardo Ibarra por dicha confianza, y mis disculpas por la poca capacidad de negociación de la UB a la hora de firmar unos acuerdos sensatos de colaboración para el uso de las respectivas instalaciones.

<sup>3</sup> TERM CAT: <http://www.termcat.cat/ca>

- Revisión del Vocabulario de **Nanotecnología Parte II**  
Fecha: 2011
- Participación en el Consejo Supervisor para el consenso en la definición de los términos de Nanotecnología.  
TERMCAT, Centre de Terminologia, Universitat de Barcelona, Barcelona 28 de Juny del 2012.



*Figura 5.10. In memoriam de Rosa Colomer, cabeza de la mesa de discusión del Consejo Supervisor en la sesión sobre uso y difusión de la terminología especializada en Nanotecnología. Sede de TERM CAT (Mayo 2012).*

### 5.4.3 Contratos de investigación con instituciones públicas

Aunque podríamos considerarlo puramente como investigación, he considerado oportuno incluir también en este capítulo las actividades en colaboración con instituciones públicas universitarias porque son actividades realizadas bajo un contrato de investigación. Destacamos:

- CONTRATO: Transmission Electron Microscopy of Semiconducting Nanowires for Optoelectronic Applications  
Período: 2010, Institución: **Ecole Polytechnique Federal de Lausanne**  
CÓDIGO -Fundació Bosch y Gimpera: 305803 / Dirección del Proyecto: Dra. Francesca Peiró
- CONTRACTE: FIB preparation of ferroelectric samples for in-situ characterization  
Período: 04/05/2015 – 29/05/2015, Institución: **Université D'Artois**  
CÓDIGO -Fundació Bosch y Gimpera: 308318 / Direcció del Proyecto: Dra. Sònia Estradé

En el primer contrato hemos participado aportando nuestros conocimientos en el campo de la microscopía electrónica de transmisión como equipo subcontratado para continuar las tareas de caracterización de nanohilos de materiales semiconductores una vez finalizado el proyecto NAWACS <sup>1</sup>. En el segundo caso, aportamos nuestra experiencia en la preparación de muestras para microscopía electrónica de transmisión, mediante haces de iones focalizados (FIB).

<sup>1</sup> Sònia Conesa finalizó su tesis doctoral en base a este contrato, y Lluís Yedra empezó la suya.

## 5.5 CEMIC, REDES Y OTRAS COLABORACIONES

El interés del Departamento en la transferencia de tecnología y en la relación Universidad Empresa, queda plasmado en la organización de los distintos grupos de investigación consolidados en el denominado **CEMIC-Centro de Ingeniería de Microsistemas para Instrumentación y Control** <sup>1</sup>, que pertenece a la Red de Centros de Apoyo a la Innovación Tecnológica (Xarxa IT) de la Generalitat de Cataluña, estructurado en la actual red TECNIO <sup>2</sup>, dentro del programa ACCIÓ <sup>3</sup>, de la Agencia para la competitividad de la empresa. El CEMIC trabaja para cubrir las necesidades del tejido productivo e incrementar la capacidad de innovación de las empresas, orientando las actividades de I+D de los grupos hacia necesidades específicas. El objetivo principal del CEMIC es la investigación de nuevos principios y propiedades de materiales para microsistemas, nuevas maneras de fabricación y ensamblaje, nuevos algoritmos para integrar el procesamiento de la información al mismo nivel de los elementos que la producen o la utilizan y buscar nuevas aplicaciones de los microsistemas en micro-instrumentación y control de procesos, con resultados aplicables en áreas de investigación diversas como biotecnología, biomedicina, medio ambiente, agricultura o alimentación, industria del automóvil, robótica, e instrumentación electrónica. Las actividades descritas en los apartados anteriores se han vehiculado a través de CEMIC y han sido gestionados por la Fundación Bosch y Gimpera y como directora de proyectos durante la etapa de colaboración con DELPHI, participé en la reunión del consejo de dirección del CEMIC:

- **Miembro del Consejo de Empresas del Centro de Ingeniería de Microsistemas para Instrumentación y Control (CEMIC)**, del Departamento de Electrónica, en calidad de Directora de Proyectos. (Bienio 2007-2008)

Participación de los agentes industriales adscritos:

Agilent Technologies, Asociación Española de Exportadores de Electrónica e Informática (SECARTYS), FAE, FICOSA, Fundació Barcelona Digital, Nuevas Tecnologías del Espacio (NTE S.A.), Oficina d'Innovació Empresarial del Govern d'Andorra (OIE), Rhode&Schwarz España, SEIKO, EPSON, WaveControl.

### 5.5.1 Colaboraciones con Spin-off's

El grupo EME siempre incentivó el carácter emprendedor de los estudiantes y personal investigador en formación. Esta iniciativa quedó reflejada en la creación 2 spin-offs. Las dos con las que tuve cierta relación fueron:

- En 2004, **NTEC 106 S.L.**, creada per Miquel Àngel Juli, Santiago Jiménez, Joan Ramon Morante y Albert Cirera. NTEC 106 se fundó con el objetivo de desarrollar sensores y sistemas sensores de gas para la detección de emisiones. Mi colaboración con esta spin-off, se centró en la síntesis y evaluación de material sensor, desarrollado en el marco de los proyectos MAT2000-0494-P4-03 (Sensores de gas con selectividad mejorada para componentes del Gas Natural mediante capas zeolíticas como absorbentes y filtros) y MAT2004-06859-C02-01 (Microsensores de dióxido de carbono basados en nanomateriales sobre estructuras micro-nanomecanizadas), del que también fui investigador principal.

<sup>1</sup> <http://comunitats.accio.gencat.cat/web/tecnio/cercador/-/search/viewCenter/139/0>

<sup>2</sup> <http://accio.gencat.cat/cat/innovacio-tecnologica/connexio/tecnio/index.jsp>

<sup>3</sup> <http://accio.gencat.cat/cat/>

- En 2008, **Electronic NanoSystems S.L.**, fue creada per Francisco Hernández, Olga Casals, Daniel Prades <sup>1</sup>, y Albert Cirera. Electronic NanoSystems desarrollaba nuevas herramientas para integrar la nanotecnología en dispositivos de consumo aplicables al control mediambiental, seguridad y biomedicina. El producto principal de Electronic Nanosystems era el prototipo Eugino, una unidad electrónica capaz de medir magnitudes electrónicas de un único nanohilo en tiempo real, y vinculable a un PC mediante puerto USB, para el cual se ha desarrollado la interficie gráfica de usuario. Esta idea de negocio, fue galardonada con el Premio Solvay 2008 otorgado por el Departamento de Innovación, Universidades y Empresa de la Generalitat de Catalunya.

Mi colaboración con esta spin-off, se centró en la caracterización de los nanohilos mediante técnicas avanzadas de microscopía electrónica (HRTEM, EELS, STEM-HAADF) y la nanomanipulación y nanofabricación mediante técnicas de Haz de Iones Focalizados (FIB).

### 5.5.2 Colaboraciones en proyectos de valorización industrial.

Participé como miembro del equipo investigador en el proyecto: ***Miniaturised Metal-Oxide NANowire-based gas sensors fabricated by Mlcro and NANotechonologies and their integration into a hand-held gas sensing system*** (Monamina), presentado a la convocatoria 2008 de la Agencia de Valorización y Comercialización de los Resultados de la Investigación (AVCRI). Tenía como objetivo principal desarrollar nanodispositivos sensores, basados en nanohilos semiconductores de óxidos metálicos utilizando substratos micromecanizados y optimizando la estrategia de fabricación mediante el uso de técnicas de electroforesis para organizar el contacto eléctrico de los nanohilos y evaluar la respuesta de los dispositivos a CO, NO<sub>2</sub> y ozono, además de otros posibles gases interferentes. Contemplaba también analizar la durabilidad y procesos de envejecimiento de los dispositivos, el diseño de la electrónica de control de operación, y la posibilidad de acoplar más de un dispositivo sensor para realizar una nariz electrónica <sup>2</sup>.

### 5.5.3 Colaboración universidad-empresa en docencia

A caballo entre el capítulo 5 y el capítulo 6, he creído conveniente resaltar el interés que siempre he tenido por la relación universidad-empresa. Si bien a nivel de investigación, por mi propia especialización en algo tan concreto como la microscopía electrónica de transmisión siempre ha sido difícil establecer esta ligazón, desde el punto de vista de mi cargo de gestión como coordinadora del master de Nanociencia y Nanotecnología en la Universidad de Barcelona, tuve

<sup>1</sup> La ***tercera persona más inteligente que conozco*** (de aquel grupo de cuatro mencionado en las páginas 79-92), y que además posee una capacidad de comunicación envidiable, que le ha llevado a una carrera fulgurante ([http://www.ub.edu/web/ub/es/menu\\_eines/noticies/2016/07/066.html](http://www.ub.edu/web/ub/es/menu_eines/noticies/2016/07/066.html)) y que seguro continuará plena de éxitos.

<sup>2</sup> Sinceramente, confesaré aunque no sea políticamente correcto, que poco más hice que firmar la lista de investigadores. En aquellos tiempos, las cuestiones de género comenzaban a ser relevantes, e incorporar mujeres al equipo de investigación estaba bien visto. No fue por desinterés que no llegué a implicarme al 100%. De hecho, como IP del proyecto Consolider, incorporé a Daniel Prades y Albert Romano como investigadores a mi equipo precisamente por estas cuestiones. Pero la colaboración no cuajó.

algo más de éxito. **Dinamicé el proceso de captación de empresas para la dirección de trabajos experimentales de tesis de master** e incorporé una nutrida lista de centros tecnológicos y empresas que propusieron sendos proyectos de Tesis de Master. Empresas como ECOPOL Tech, COLORCENTER S.A., ENDOR y la asociación LEITAT, aceptaron formar parte del programa de formación de estudiantes de Master y **no pocos estudiantes realizaron la tesis en empresa**. He de puntualizar, que precisamente el mayor inconveniente provenía del poco interés de los estudiantes, por externalizar su actividad, en parte por la dificultad del desplazamiento a otros centros.

#### 5.5.4 Participación en redes

Finalmente, como miembro del grupo MIND, podemos mencionar también la pertenencia a las siguientes redes:

- **Red española de Nanolitografía (nanoLITO)** <sup>1</sup>, siendo A. Romano el representante en el Comité Científico.
- **Red española de micro-y nanosistemas (IBERNAM)** <sup>2</sup>, en cuyo marco impartí un curso de verano en el año 2011.
- **Red de Excelencia Consolider en microscopía electrónica (REDIMA)**, recientemente aprobada en la convocatoria 2016, y de la que soy IP del grupo de la UB.

---

<sup>1</sup> <http://unizar.es/nanolito/>

<sup>2</sup> <http://www.ibernam.net>

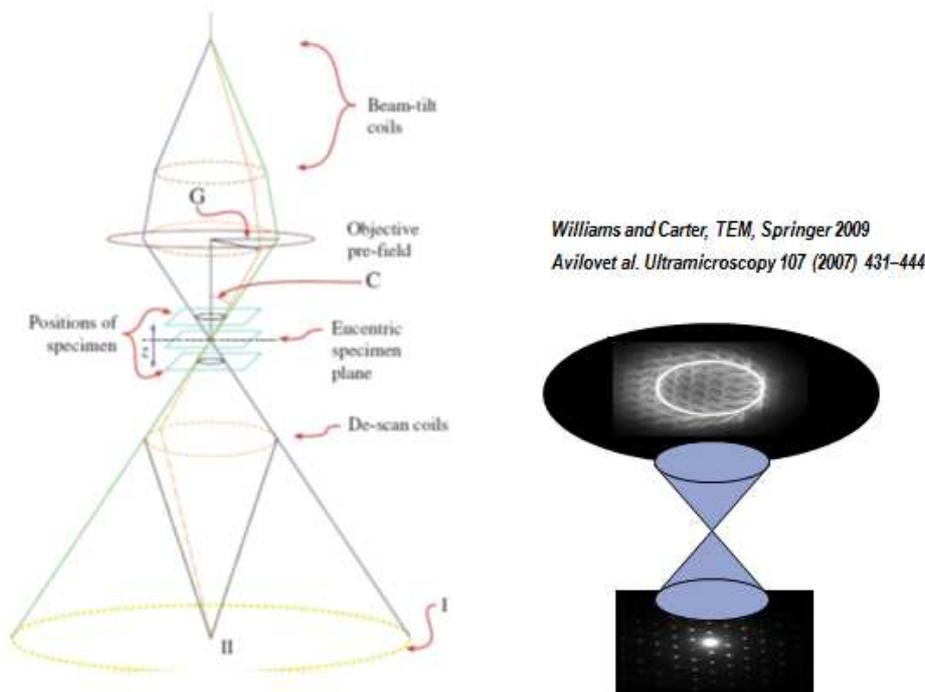
## 5.6 TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA: PATENTES

Este apartado constituye el núcleo que da propiamente nombre al capítulo. Aunque sólo sean dos piezas, se unen al resto del puzzle de actividades descritas anteriormente, y junto con la colaboración con FAE y DELPHI son las acciones más significativas en esta dimensión. La primera pieza, hace referencia a la colaboración con la empresa Nanomegas y la solicitud y concesión de la única patente en que he participado como inventora. La segunda, un producto que hubiera podido ser comercial, pero que se dejó como código libre protegido por una licencia Creative Commons.

### 5.6.1 Desarrollos Instrumentales: precesión-EELS

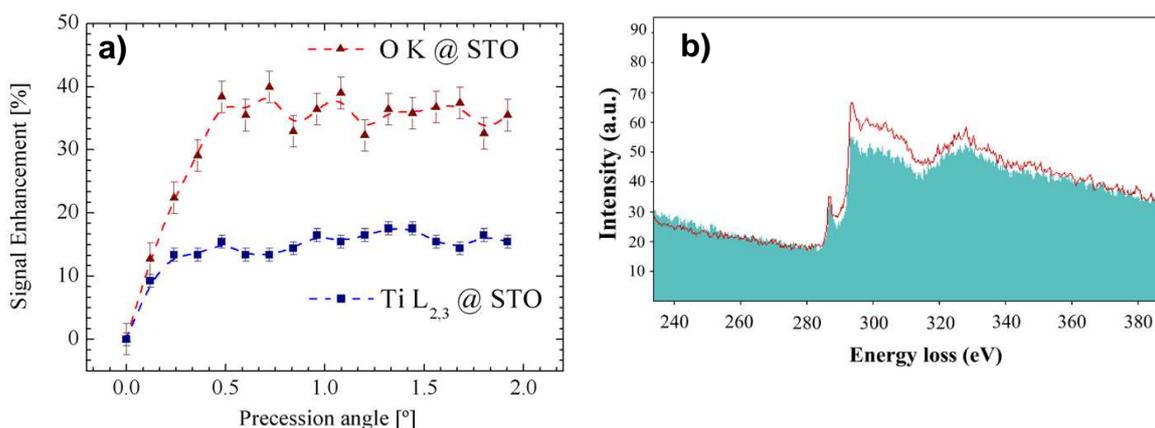
Retomamos aquí los comentarios sobre la combinación de la espectroscopía EELS y la precesión del haz que ya introdujimos en el apartado 4.2.5c y que dio lugar a la solicitud de una patente. Recordemos que en el capítulo 5 explicamos los efectos de la precesión del haz de electrones al describir una trayectoria cónica como se ilustra en la [Figura 5.11](#) sobre la señal de EELS: un incremento de la relación señal ruido en los espectros de Si cristalino en eje de zona, muy significativo a partir de un ángulo de precesión de  $0.5^\circ$ .

A partir de este descubrimiento y apoyados por la empresa Nanomegas <sup>1</sup>, comprobamos los efectos de la precesión sobre otros materiales. La [Figura 5.12a](#) presenta los efectos de la precesión sobre la señal EELS de las líneas OK y Ti  $L_{2,3}$  en el  $\text{SrTiO}_3$ , confirmando los mismos resultados.



**Figura 5.11.** Esquemas geométricos de la precesión del haz de electrones en un microscopio electrónico de transmisión. Las figuras han sido extraídas de las publicaciones que aparecen referenciadas.

<sup>1</sup> **NANOMEGAS**, Advanced imaging and diffraction tools for Transmission Electron Microscopy  
<http://www.nanomegas.com/>



**Figura 5.12.** a) Incremento de la señal de EELS de las líneas OK y Ti L<sub>2,3</sub> en el SrTiO<sub>3</sub>. b) Aumento de la señal de EELS del pico C K en muestras bi-láminas de grafeno.

El análisis sobre las láminas de grafeno que se realizó en las instalaciones de la empresa AppFive<sup>1</sup> en Tempe (Arizona)<sup>2</sup> **Figura 5.12b** sirvieron para corroborar que este efecto tenía que ver con la reducción del channelling, ya que no se observaba mejora de la señal EELS en espectros de grafeno puro, pero sí en las muestras con dos o más láminas de este material y por tanto con mayor posibilidad de channelling al ser una estructura más gruesa. También se confirmó sobre GaAs, que la precesión del haz aumentaba la señal de los picos característicos de emisión de rayos-X.

A partir de aquí, el Dr. Stavros Nicolopoulos de Nanomegas sugirió que protegiéramos estos descubrimientos bajo una patente, y así empezó el camino de la mano de la Fundación Bosch y Gimpera (FBG) y de la agencia ABG Patentes S.L. en USA<sup>3</sup>, hacia la obtención de la patente que se detalla en el apartado 1.6.3 en coautoría con las empresas AppFive y Nanomegas, y que mereció una nota de prensa en la UB<sup>4</sup> y una foto de los inventores **Figura 5.13**). En la actualidad Nanomegas adquirió los derechos de explotación de la patente a cambio de los royalties correspondientes.



**Figura 5.13.** Equipo de inventores UB de la patente sobre precesión-EELS.

<sup>1</sup> Adquirida en 2015 por la empresa **TESCAN Orsay Holding**

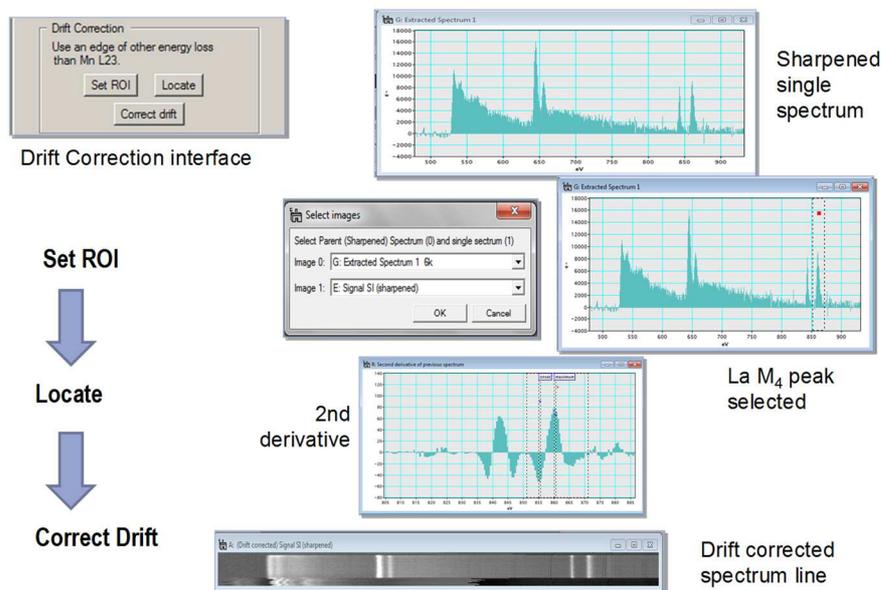
<sup>2</sup> Cómo no recordar las espectaculares imágenes de la tormenta de arena que sufrió allí Lluís Yedra.

<sup>3</sup> La diligencia y efectividad de Eva Martín de la FBG y de David Loretto fue una inestimable ayuda.

<sup>4</sup> Nota de prensa sobre la patente: [http://www.ub.edu/web/ub/en/menu\\_eines/noticies/2012/10/110.html](http://www.ub.edu/web/ub/en/menu_eines/noticies/2012/10/110.html)

## 5.6.2 Desarrollo de programas: OXIDE WIZARD

Oxide Wizard es un software desarrollado en el contexto de las tesis de S. Estradé (Manganitas en Matlab) y de Ll. Yedra (Script para el software Digital Micrograph de Gatan), con el fin de cuantificar el estado de oxidación de metales de transición <sup>1</sup>.



**Figura 5.14.** Interfaz de usuario del programa OXIDE WIZARD para la corrección de la deriva en energía de los espectros en base a la ubicación y segundas derivadas de los bordes La M<sub>4</sub>.

Los metales de transición se caracterizan por dos umbrales de ionización llamados líneas blancas L<sub>2,3</sub>. El espaciamiento en energía entre estas dos líneas surge de la interacción órbita-spin de los estados fundamentales. El umbral de ionización en EELS depende (entre otros factores) del estado inicial y final de la transición y por lo tanto, para materiales compuestos, cualquier cambio en la energía de enlace en el nivel fundamental de partida de los átomos del material dará lugar a un cambio en la energía del pico de EELS. Este desplazamiento, típicamente del orden de 1 eV, es de aproximadamente 2 eV para los óxidos de manganeso, aumentando monótonicamente con el estado de oxidación.

La intensidad relativa de estos dos picos (L<sub>3</sub> / L<sub>2</sub>) está relacionada con el número de estados 3d (o 4f) libres, y por lo tanto esta relación varía con el número atómico Z y el estado de oxidación del metal. En el caso de Mn, la relación L<sub>3</sub> / L<sub>2</sub> varía con el estado de oxidación de una manera no lineal.

Diseñado inicialmente para analizar el manganeso en compuestos La<sub>2/3</sub>Ca<sub>1/3</sub>MnO<sub>3</sub>, Oxide Wizard es un conjunto de rutinas para el tratamiento de espectros EELS que permiten determinar de manera cuasi-automática el estado de oxidación de los metales de transición (MT), basándose en parámetros como:

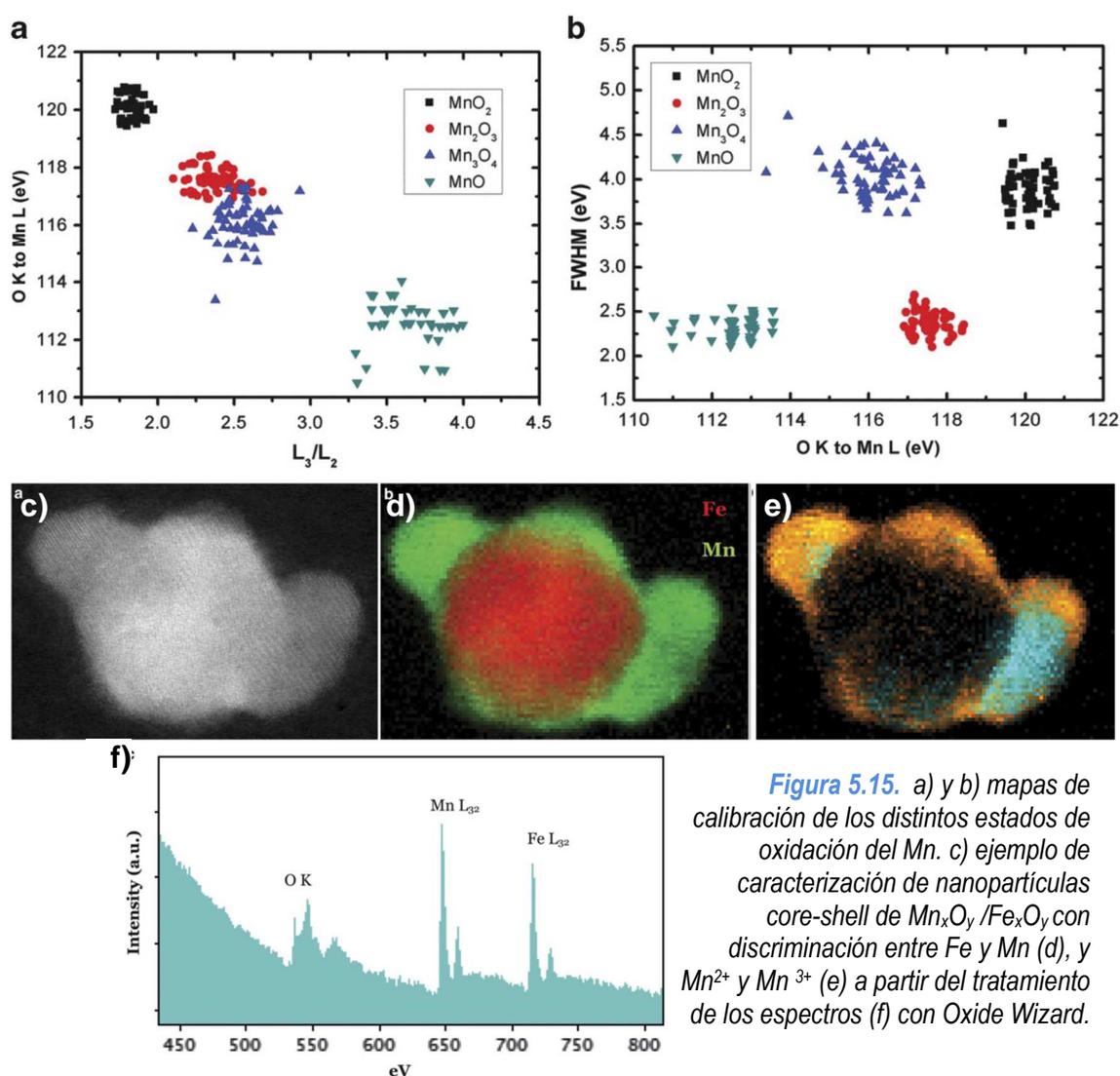
- Posición de la línea OK del oxígeno y de las líneas MT L<sub>2,3</sub>
- Distancia entre el pre-pico de la línea OK del oxígeno y el pico principal.
- Distancia entre la línea OK del oxígeno y los bordes MT L<sub>2,3</sub>

<sup>1</sup> *Microscopy and Microanalysis* 20, 698–705, 2014; DOI:10.1017/S1431927614000440

- La anchura a media altura (FWHM) del pico  $L_3$  del metal
- Separación entre las líneas  $L_3$  y  $L_2$  y ratio de intensidades

La determinación de estos valores se basa en un cuidadoso tratamiento de los espectros que incluyen pasos de deconvolución de la dispersión múltiple, alineamiento y corrección de la posición en energía, determinación de los picos por métodos derivativos y finalmente el ajuste gaussiano y cálculo de los parámetros señalados. La **Figura 5.14** muestra un ejemplo de la interfaz de usuario en el paso de corrección del alineamiento del espectro. La correlación de los parámetros señalados (**figura 5.15a-b**) conduce a la determinación del estado de oxidación del metal en un espectro puntual, o a lo largo de una línea o bien en mapas espectrales 2D (como ilustra la **Figura 5.15c-e**) para una nanopartícula de estructura core-shell de  $Mn_xO_y/Fe_xO_y$  y 3D en combinación con los métodos de tomografía-EELS<sup>1</sup>.

Si bien este programa podría haber sido comercializado como script de Digital Micrograph, optamos por dejarlo como programa de uso libre protegido con licencia Creative Commons y disponible desde el Depósito Digital de la UB<sup>2</sup>.



**Figura 5.15.** a) y b) mapas de calibración de los distintos estados de oxidación del Mn. c) ejemplo de caracterización de nanopartículas core-shell de  $Mn_xO_y/Fe_xO_y$  con discriminación entre Fe y Mn (d), y  $Mn^{2+}$  y  $Mn^{3+}$  (e) a partir del tratamiento de los espectros (f) con Oxide Wizard.

<sup>1</sup> *Nano Letters* **16**, 5068–5073 (2016); DOI: 10.1021/acs.nanolett.6b01922

<sup>2</sup> **OXIDE WIZARD**: <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/52023?locale=es>

### 5.6.3 Patente y productos de propiedad intelectual protegida

En este apartado describimos los aspectos más formales de la patente y otros productos protegidos por licencia Creative Commons.

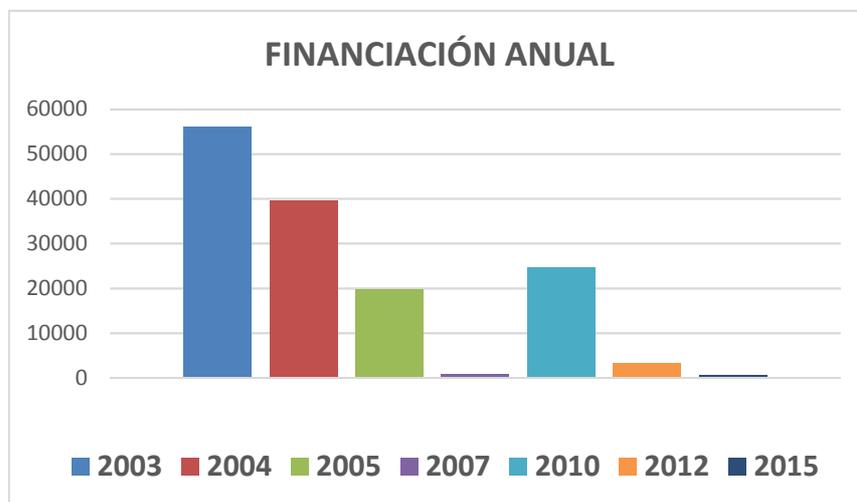
1. PATENTE: ***Method and system for improving characteristic peak signals in analytical electron microscopy***  
 Número de registro: EU 12160112.4-2217 Tipo de Patente PCT/EUR/USA  
 Año de solicitud: 19/03/2012  
 Número de registro: [EP 2642279 A1](#)  
 Autores: Estrade, S.; Portillo, J.; Peiro, F.; Rebled, J.M.; Yedra, LL.; Nicolopoulos, S.; Kim, S.; Weiss, J.K.  
  
 Fecha de concesión y publicación: 01/07/2015  
 Número de registro [EP 2642279 B1](#)  
 País UNE - UNIÓN EUROPEA  
 Organismo [EPAO](#) - European Patent Office
  
2. PATENTE: ***Method and system for improving characteristic peak signals in analytical electron microscopy***  
 Número de registro US 20130240728 A1 Tipo de Patente PCT/EUR/USA  
 Fecha de solicitud: 19/11/2012  
 Número de registro [US 20130240728 A1](#)  
 Autores: Estrade, S.; Portillo, J.; Peiró, F.; Rebled, J.M.; Yedra, LL.; Nicolopoulos, S.; Kim, S.; Weiss, J.K.  
 Fecha de concesión: 02/08/2016  
 Número de registro [US 9406496 B2](#)  
 País USA  
 Organismo: [USPTO](#)
  
3. CONTRATO de ROYALTIES: Joint ownership agreement. EP12160112.4 Method and System for Improving Characteristic Peak Signals in Analytical Electron Microscopy  
 Código oficial: 306930. Investigador/a Principal: Sonia Estradé Albiol.  
 Fechas: 20/04/2012-19/04/2032
  
4. SOFTWARE SCRIPT: ***Oxide wizard: a script to characterize white lines of transition metal edges in EELS spectra***  
 Autor: LL. Yedra Cardona, S. Estradé Albiol, F. Peiró  
<http://hdl.handle.net/2445/52023>  
 Documento sujeto a licencia Creative Commons



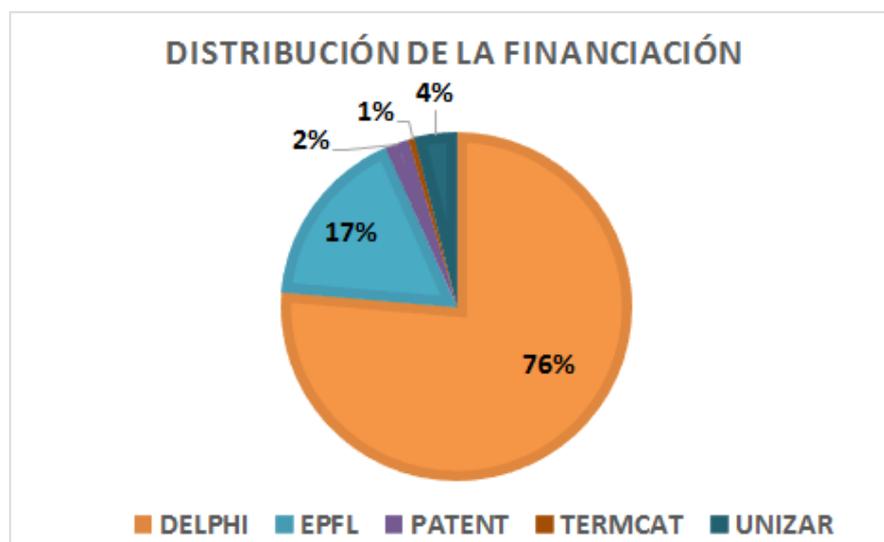
## 5.7 FINANCIACIÓN GLOBAL EN CONTRATOS

Por último, para acabar este capítulo, podríamos echar un vistazo a la financiación global recibida en base a estos contratos de investigación privados y a la distribución según la fuente de recursos. La **Figura 5.16** nos resume estos aspectos cuantitativos distribuidos en el tiempo. Quizás sea también interesante ver, que el mayor volumen de trabajo se corresponde con el período 2003-2005 (colaboración con DELPHI), viniendo también a completar los gráficos de productividad del capítulo 4 y haciendo menos profundos los valles que se mencionaron en el apartado 4.4.4.

Si miramos la distribución de esta financiación en función de la fuente de recursos (**Figura 5.17**), vemos también que la mayor parte proviene de la colaboración con DELPHI y es significativo el porcentaje proveniente del EPFL. El rendimiento de los Royaltis de la patente, son aún poco relevantes, pero esperemos que con el tiempo el porcentaje vaya aumentando.

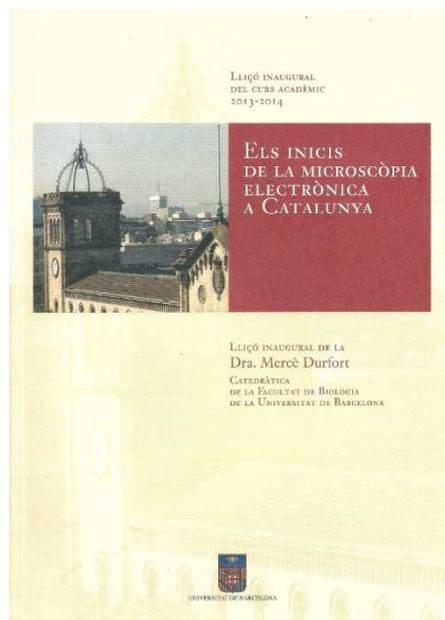


**Figura 5.16.** Financiación anual recibida en base a contratos con la Fundación Bosch y Gimpera.



**Figura 5.17.** Distribución de la financiación según la fuente de procedencia de los recursos.

Otro apunte para la reflexión. Los fondos correspondientes a la Universidad de Zaragoza, son irrisorios si se comparan con el coste que posteriormente yo he ido abonando ya como usuaria de las instalaciones del LMA-INA, especialmente de los microscopios con aberración corregida. Si a esto añadimos los gastos correspondientes al uso de equipos de FIB en la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y en el Instituto de Microelectrónica de Barcelona (IMM) porque nuestro equipo Dual Beam de FEI ha sido dado de baja en 2016, el coste en el uso de la infraestructura externa de microscopía se dispara. Un claro ejemplo de que, si la Universidad de Barcelona no invierte lo suficiente en la renovación y actualización de su instrumentación científica, en breve la actividad investigadora en la UB en microscopía saldrá tan cara, que a nivel económico difícilmente (si no ha pasado ya) será competitiva, aunque científicamente nos hayamos empeñado y hayamos logrado mantenerla a niveles de excelencia, en parte por mantener el liderazgo que un día tuvo la UB <sup>1</sup>. La figura corresponde a la lección inaugural del curso académico 2013-2014, que debía dictar la Dra. Mercè Durfort, y que no llegó a impartirse por una protesta estudiantil [21]. Esperemos que aquel hecho no fuera la representación de las “Navidades Futuras” de la Microscopía Electrónica de Transmisión en la Universidad de Barcelona.



**Figura 5.18.** Portada de la lección inaugural del curso académico 2013-2014, dedicada a describir los orígenes de la Microscopía Electrónica en Cataluña, liderada entonces por la Universidad de Barcelona.

<sup>1</sup> El primer microscopio en la UB, un Philips EM-200 se instalaba en unas dependencias del Patio de Ciencias del Edificio Histórico de la UB, entre Abril de 1965, y Julio de 1966; al mismo tiempo que yo nacía y debía dar mis primeros pasos. Justo es señalar, que el primer instrumento instalado en Cataluña fue en 1953 en el Instituto Antituberculosis Francesc Moragas [1]. Se ampliará esta información en el capítulo de introducción del Documento 3.

## CAPÍTULO 6. Dimensión de Gestión

---

La implicación en la gestión universitaria me ha dejado un sabor agridulce. Siempre pensé que los órganos de gobierno y las distintas comisiones delegadas eran los lugares indicados para hacer oír las voces del profesorado e incidir en la política académica y universitaria. Con el tiempo, me he dado cuenta que el papel de la mayoría de estas comisiones queda relegado al mero hecho de aprobar lo que ya se ha discutido a otros niveles. En cualquier caso, nunca ha sido mi propósito hacer bypass académico y saltarme la línea de mando en uno u otro sentido. Así que mi nivel de confort en las comisiones depende de las veces que con anterioridad he oído esgrimir argumentos ajenos y de la posibilidad real de que los míos sean escuchados/transmitidos hacia el extremo superior de la pirámide. Pero seguiré insistiendo en el código de buenas prácticas más allá del laboratorio, plenamente convencida de que no hay nada mejor que una gestión transparente, integradora, y participativa, aunque el resultado final, no agrade a todos los agentes. En los encargos ministeriales, por el contrario, siempre me he sentido mucho más cómoda, mucho más eficiente y con la sensación de que mi opinión contaba. En lo siguiente enumeraré las representaciones que he ido ocupando a nivel de la gestión en la Facultad, gestión de proyectos a nivel nacional y algunas otras actuaciones a nivel internacional.

### 6.1 CARGOS DE GESTIÓN EN LA FACULTAD

#### 6.1.1 Desempeño de gestión en docencia

Los cargos de gestión relativos a la docencia en la Facultad de Física de la UB son:

1. **Miembro de la Comisión Académica de la Facultad de Física**  
Tema: Organización y aprobación de actividades académicas a la Facultad de Física  
Año: 2004
2. **Profesor Tutor en el Plan de Acción Tutorial (PAT)**  
Tema: Tutorías a alumnos de nuevo ingreso durante los primeros semestres de la licenciatura.  
Año: 2003 -2004

3. **Coordinadora del Plan de Acción Tutorial en la Facultad de Física**  
Tema: Gestión y coordinación de las actividades de tutoría en la Facultad de Física  
Año: 2004-2005 / 2005-2006 / 2006-2007
4. **Miembro y Secretaria del Consejo de Estudios de la Facultad de Física**  
Tema: Regulación de cuestiones académicas en la Facultad de Física  
Año: 2004-2005-2006-2007-2008
5. **Miembro de la Comisión de los Programas oficiales de Postgrado**
  - POP Nanociencias, Mención de Calidad: MCD2007-00039
  - POP Física, Mención de Calidad: MCD2007-00028
6. **Miembro de las Comisiones de Elaboración de los Planes de Estudio de los Programas Oficiales de Postgrado**
  - Máster en Nanociencia y Nanotecnología (M081)
  - Máster en Ingeniería Física (MOD03)
7. **Coordinadora del Máster de Nanociencia y Nanotecnología de la Universidad de Barcelona**  
Tema: Gestión y coordinación de las actividades del máster Oficial / Año: 2006-2007 hasta 2013-2014
8. **Miembro de la Comisión de Coordinación del Máster de Nanociencia y Nanotecnología de la Universidad de Barcelona**  
Tema: Gestión y coordinación de las actividades del máster Oficial / Año: 2006-2007 hasta 2013-2014
9. **Miembro del Consejo de Estudios de la Facultad de Física**  
Tema: Regulación de cuestiones académicas en la Facultad de Física / Año: 2004 y hasta la actualidad
10. **Miembro de la Comisión de Elaboración de los Planes de Estudio para la Memoria de Verificación del Programa Oficial de Máster: Máster en Nanociencia y Nanotecnología**  
Año: 2013
11. **Miembro de la Comisión de Igualdad de la Facultad de Física**  
Desde Octubre de 2010 y hasta la actualidad

### 6.1.2 Desempeño de gestión en investigación

Quizás sean estos los cargos que más interés me suscitaban y los que más me han decepcionado. Los primeros porque las tareas asignadas a la Comisión de Investigación de Facultad son escasas: gestionar las ayudas (bolsas de viaje, profesores visitantes y organización de congresos), y la gestión de las convocatorias Ramón y Cajal. Demasiada rutina frente a las expectativas que puse al llegar a la Comisión, de la que fui secretaria, y por la que ya han pasado tres vicedecanos de investigación sin que las cosas cambien. El nombramiento como delegada del Rector para la preparación de la documentación para la creación de un Centro de Microscopía Electrónica Avanzada en Cataluña (CEMARC) fue **lo mejor y lo peor de mi incursión en la gestión académica**. Lo mejor, porque me abrió la oportunidad de trabajar por lo que más me ilusionaba, la instalación de microscopios con aberración corregida en Catalunya; lo peor, porque cambió el Rector, el Vicerector y llegó la crisis y cambiaron los vientos más hacia noroeste dejando sin contenido la delegación del cargo <sup>1</sup>. Aún a día de hoy, el viento sigue soplando hacia esa dirección y parece que los nuevos entes <sup>2</sup> supra universitarios y supra centros CERCA han sabido desplegar las velas.

<sup>1</sup> El hielo no llegó a Macondo sino que arribó a Bellaterra. Algunos, lo hemos suplido abanicando con fuerza.

<sup>2</sup> BIST, <http://bist.eu/>

En definitiva, los cargos de gestión que he ocupado, y que más relación tienen con actividades de investigación son los siguientes:

1. **Miembro de la Junta de Facultad de la Facultad de Física**  
Desde Noviembre de 2012 y hasta la actualidad
2. **Miembro de la Comisión de Investigación de la Facultad de Física**  
Desde Abril del 2010 y hasta la actualidad
3. **Secretaria de la Comisión de Investigación de la Facultad de Física**  
Abril 2010 – Diciembre 2012
4. **Secretaria de la Comisión de usuarios de la Unidad TEM-MAT de los CCyT**  
2001-2007
5. **Miembro del Consejo de Dirección del Instituto de Nanociencia y Nanotecnología In2UB**  
2011-2016
6. **NOMBRAMIENTO: Delegada del Rector para la Dinamización y Planificación del CEMARC**  
01/06/2008 – 31/05/2009

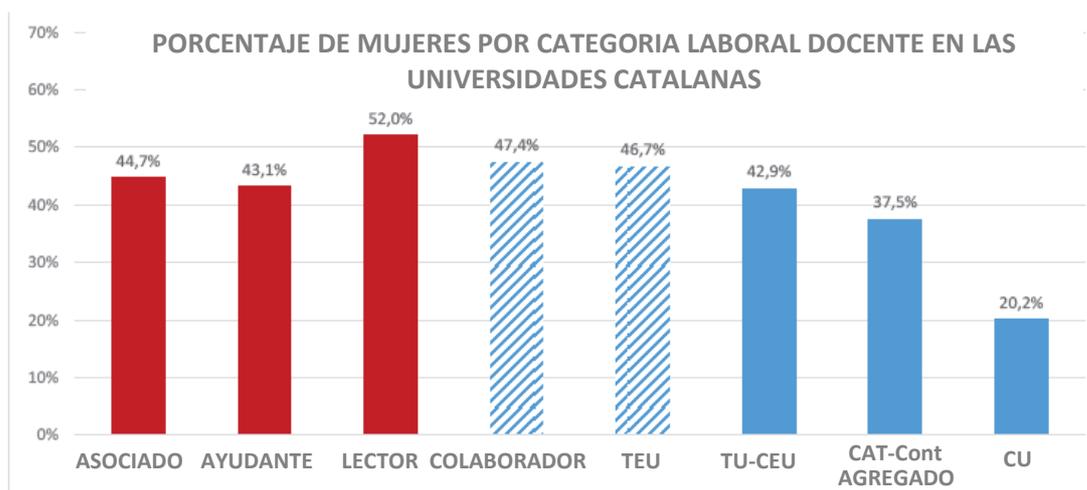
CARGOS DE GESTIÓN	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Comisión académica															DOCENCIA Primer y Segundo Ciclo
Coordinadora del Plan de Acción Tutorial															
Profesor Tutor															
Miembro del Consejo de Estudios															
Secretaria del Consejo de Estudios															
Miembro de la Comisión de Investigación															INVESTIGACIÓN
Secretaria de la Comisión de Investigación															
Secretaria de la Comisión de Usuarios de los CCyT															
Delegada del Rector															
Miembro del Consejo de Dirección del In2UB															
Miembro de la Junta de Facultad															DOCENCIA Tercer ciclo Doctorado
Comisión de Elaboración de Planes de Estudios															
POP Nanociencias, Mención de Calidad MCD2007-00039															
POP Física, Mención de Calidad: MCD2007-00028															
Master en Nanociencia y Nanotecnología (M0801)															
Master en Ingeniería Física (MOD03)															
Seguimiento y Verificación Máster de Nanociencia y Nanotecnología															
Coordinadora del Master de Nanociencia y Nanotecnología															
Comisión de coordinación del Master de Nanociencias y Nanotecnología															
Comisiones de seguimiento del Doctorado en Nanociencias															
Comisión de Igualdad															OTROS

Figura 6.1 Tabla resumen de los cargos de gestión desempeñados en la Facultad de Física.

Por último, en la **Figura 6.1** he agrupado los cargos de gestión<sup>1</sup> desempeñados en la facultad en una tabla que resulte algo más visual que los anteriores listados, y que nos ilustre la implicación en gestión a lo largo del tiempo.

Desde el 2003 y hasta la actualidad, he participado en **comisiones en relación a la docencia** de primer y segundo ciclo, de tercer ciclo y doctorado, **y en lo relativo a la investigación** y aún sigo en ello a día de hoy.

Con el mismo afán activista, me incorporé a la Comisión de Igualdad de la Facultad. Pensé también que desde esta plataforma se podrían abordar cuestiones interesantes en positivo, como trabajar para tener guarderías infantiles institucionales, abordar desigualdades de género en cargos de gestión, etc. Celebrar los días Internacionales de la Mujer, de la Mujer en la Ciencia, Contra el maltrato por cuestiones de género y un largo etc, (hasta el día Internacional de la Suegra, encontré), es significativo, pero creo que aumentar la visibilidad de lo que la mujer ha hecho en Ciencia, no ayuda a mejorar el típico gráfico de las tijeras [22] (**Figura 6.2** aunque en histograma parezcan menos tijeras) y a solucionar problemas del día a día en la interlocución con algunos de los gestores de cierto nivel.



**Figura 6.2.** Distribución por género y en porcentaje de las categorías laborales en docencia en las universidades catalanas.

La cosa tampoco es que mejore demasiado cuando se mira a nivel estatal, aunque los datos sean de hace unos años [23]. Así, por ejemplo, la **Figura 6.3** nos muestra un gráfico algo más agregado en tres categorías docentes y claramente la situación es aún peor. Y alguien podría decir que “bueno, eso irá mejorando a medida que se incorporan más mujeres al sistema educativo”. Lo malo viene cuando uno echa un vistazo aún más atrás [24] y sigue viendo gráficos como estos de los años 2003 y 1999 (**Figura 6.4**), o los esquemas demoledores del Informe ETAN [25] con una diferencia muy poco significativa con respecto a los actuales. Aún así, hablar de medidas positivas para favorecer la eculización de estas tijeras, está visto como un reconocimiento de la propia incapacidad y, nosotras mismas, las mujeres en ciencia, somos reticentes no ya a aceptarlas, sino incluso a llegar a plantearlas con seriedad. Desde esta Comisión de Igualdad se han emprendido **iniciativas interesantes mirando hacia la EU que se describen el capítulo 7.**

<sup>1</sup> Confesaré que me deja mal sabor de boca no haber podido llenar una casilla en la tabla con el cargo de secretaria del departamento.

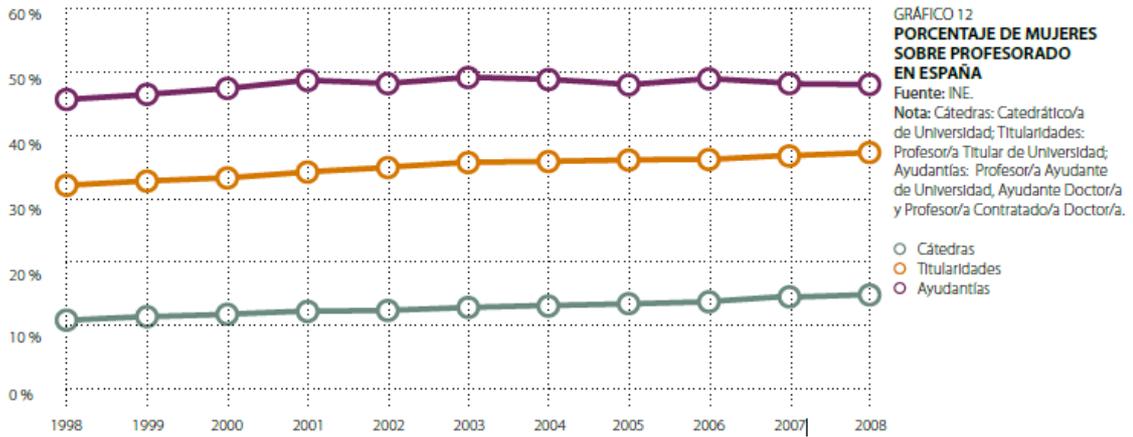


Figura 6.3. Distribución por género y en porcentaje de las principales categorías laborales en docencia en el sistema español (2011).

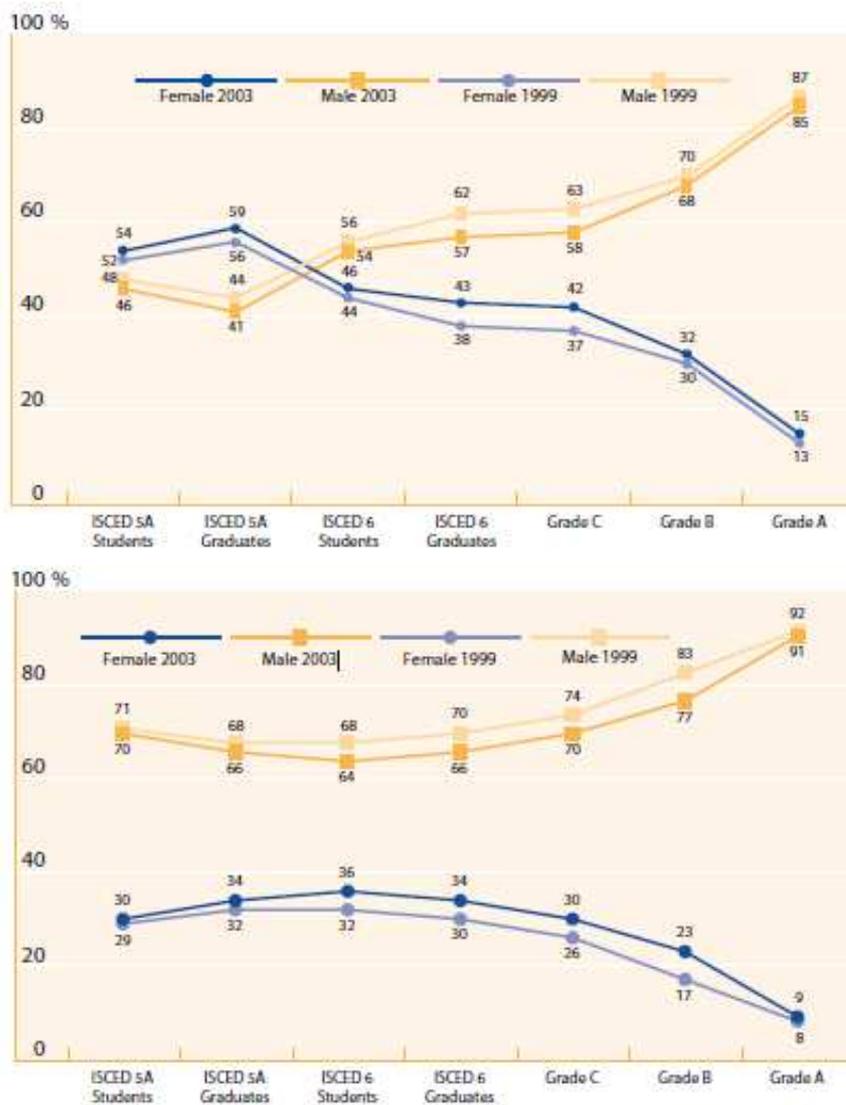


Figura 6.4. Distribución por género y en porcentaje en las categorías académicas en los países de la Unión Europea para todas las disciplinas (a) y para las Ingenierías y Ciencias Naturales (b). (2009).

## 6.2 ACTIVIDAD COMO EVALUADOR

Toca ahora volver a listados aburridos pero necesarios para tener una visión global de mi implicación en gestión. Vale la pena recordar, que el tiempo dedicado a estas tareas, tampoco está contemplado en los gráficos de dedicación presentados al final del capítulo 5. Algunos de ellos suponen una pequeña remuneración adicional. Son nuestras “horas extras”. Otros no, como la participación en tribunales de selección de profesorado y de científicos / técnicos de organismos como el CSIC. Aquí van los más significativos ordenados por proximidad geográfica.

### 6.2.1 Evaluación de convocatorias competitivas autonómicas y locales

En este apartado se presenta la participación en las tareas de evaluación<sup>1</sup> agrupadas por el tipo de convocatoria indicando con las fechas la actividad reiterada.

1. Convocatoria PIV'04 - DOGC núm. 4081  
**Tema:** Evaluación de becas de Investigación para profesores e investigadores visitantes en Cataluña 2004  
**Entidad de la que depende:** AGAUR: Agencia de Gestión de Ayudas Universitarias y de Investigación de la Generalitat de Catalunya. **Año:** 2004
2. Convocatoria BE-2005-DOGC núm. 4313 - 01/02/2005 y sucesivas  
**Tema:** Evaluación de la convocatoria de becas para estancias de investigación fuera de Cataluña.  
**Entidad de la que depende:** AGAUR: Agencia de Gestión de Ayudas Universitarias y de Investigación de la Generalitat de Catalunya. **Año:** 2005 - 2006 / 2007 / 2008 / 2009 / 2010 / 2011 / 2012
3. CTP-ITT-2005 - DOGC núm. 4418 - 01/02/2005  
**Tema:** Evaluación de solicitudes de Ayudas para Acciones de Cooperación en el marco de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos.  
**Entidad de la que depende:** AGAUR: Agencia de Gestión de Ayudas Universitarias y de Investigación de la Generalitat de Catalunya. **Año:** 2005
4. Convocatoria MQD-2008  
**Tema:** Evaluación de las solicitudes de Proyectos para la mejora de la Calidad Docente en las Universidades Catalanas.  
**Entidad de la que depende:** AGAUR: Agencia de Gestión de Ayudas Universitarias y de Investigación de la Generalitat de Catalunya. **Año:** 2008
5. Convocatoria TEM - 2009  
**Tema:** Evaluación de la convocatoria de contratación de investigadores en el programa “Talent-Empresa”  
**Entidad de la que depende:** AGAUR: Agencia de Gestión de Ayudas Universitarias y de Investigación de la Generalitat de Catalunya. **Año:** 2009
6. Convocatoria PREI- 2010 Ambito Tecnologías  
**Tema:** Premios a la Excelencia Investigadora  
**Entidad de la que depende:** UAB: Universitat Autònoma de Barcelona. **Año:** 2010
7. Convocatoria ARCS- 2010  
**Tema:** Evaluación de la convocatoria de financiación para la organización de Congresos.  
**Entidad de la que depende:** AGAUR: Agencia de Gestión de Ayudas Universitarias y de Investigación de la Generalitat de Catalunya. **Año:** 2010

<sup>1</sup> El listado completo desglosado por actividad se encuentra en el apartado 3A de la documentación anexa.

8. Convocatoria CONP- 2010; DOGC: Núm. 5709 – 7.9.2010, p. 66432  
**Tema:** *Ayudas destinadas a potenciar la participación y el liderazgo de proyectos de investigación del 7º Programa Marco de la Unión Europea (Connect-EU).*  
**Entidad de la que depende:** **AGAUR:** Agencia de Gestión de Ayudas Universitarias y de Investigación de la Generalitat de Catalunya. **Año:** 2010
  
9. Convocatoria REDICE 2014.  
**Tema:** Evaluación de la convocatoria de Proyectos de Investigación en Docencia de la Universidad de Barcelona  
**Entidad de la que depende:** Universidad de Barcelona. **Año:** 2014
  
10. Convocatoria MOOC's, CVE-DOGC-A-14155039-2014  
**Tema:** Evaluador Convocatoria de Proyectos de Cursos Abiertos On-Line Masivos (MOOC's) de las Universidades Catalanas.  
**Entidad de la que depende:** AGAUR: Agencia de Gestión de Ayudas Universitarias y de Investigación de la Generalitat de Catalunya. **Año:** 2014

## 6.2.2 Evaluación de convocatorias competitivas nacionales

- Comisión de Selección de propuestas presentadas a la convocatoria 2006 de proyectos de investigación del Plan Nacional de I+D+i  
**Tema:** Evaluación de proyectos Plan Nacional de Materiales MAT2006  
**Entidad de la que depende:** Dirección General de Investigación- Ministerio de Educación y Ciencia  
**Año:** Abril 2006
  
- Comisión de Selección de propuestas presentadas a la convocatoria 2009 de proyectos de investigación del Plan Nacional de I+D+i  
**Tema:** Evaluación de proyectos Plan Nacional de Materiales MAT2008  
**Entidad de la que depende:** Dirección General de Investigación- Ministerio de Educación y Ciencia  
**Año:** Mayo 2008
  
- Comisión de Selección de propuestas presentadas a la convocatoria 2009 de proyectos de investigación del Plan Nacional de I+D+i  
**Tema:** Evaluación de proyectos Plan Nacional de Materiales MAT2009  
**Entidad de la que depende:** Dirección General de Investigación- Ministerio de Ciencia e Innovación  
**Año:** Junio 2009
  
- Comisión de Selección de propuestas presentadas a la convocatoria 2011 de proyectos de investigación del Plan Nacional de I+D+i  
**Tema:** Evaluación de proyectos Plan Nacional de Materiales MAT2011  
**Entidad de la que depende:** Dirección General de Investigación- Ministerio de Ciencia e Innovación  
**Año:** Mayo 2011
  
- Convocatoria de ayudas a infraestructuras y equipamiento científico-técnico, BOE: Núm. 313 Martes 31 de diciembre de 2013 Sec. III. Pág 107222  
**Tema:** Evaluación de la convocatoria de ayudas a infraestructuras y equipamiento científico-técnico del Subprograma estatal de infraestructuras científicas y técnicas y equipamiento.  
**Entidad de la que depende:** Ministerio de Economía y Competitividad. **Año:** 2014 – ANEP

- Ayudas correspondientes al Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016. Núm. 192 Viernes 8 de agosto de 2014 Sec. III. Pág. 63854  
**Tema:** Evaluación de Proyectos I+D+I del Programa Estatal de Fomento de la Investigación Científica y Técnica orientada a los Retos de la Sociedad:TEC 2014  
**Entidad de la que depende:** Ministerio de Economía y Competitividad. **Año:** 2015 - ANEP
- Convocatoria de ayudas a infraestructuras y equipamiento científico-técnico, BOE: Núm. 14, Sábado 16 de enero de 2016 Sec. III. Pág 2677  
**Tema:** Evaluación de la convocatoria de ayudas a infraestructuras y equipamiento científico-técnico del Subprograma estatal de infraestructuras científicas y técnicas y equipamiento.  
**Entidad de la que depende:** Ministerio de Economía y Competitividad. **Año:** 2016 - ANEP
- Ayudas correspondientes al Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016. Núm. 192 Viernes 8 de agosto de 2014 Sec. III. Pág. 63854  
**Tema:** Evaluación de Proyectos I+D+I del Programa Estatal de Fomento de la Investigación Científica y Técnica de Excelencia: MAT 2014  
**Entidad de la que depende:** Ministerio de Economía y Competitividad. **Año:** 2015
- Ayudas correspondientes al Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016. Núm. 192 Viernes 8 de agosto de 2014 Sec. III. Pág. 63854  
**Tema:** Proyectos de I+D+I para **jóvenes investigadores** sin vinculación o con vinculación temporal, JIN 2014  
**Entidad de la que depende:** Ministerio de Economía y Competitividad **Año:** 2015

### 6.2.3 Evaluación de convocatorias competitivas internacionales

1. **Selección de solicitudes de movilidad internacionales.** Selección de Becas de Movilidad de investigadores extranjeros en el marco del contrato **UE Training, Mobility and Research Network ERBFMRXCT970101**, New optimisation concepts for high quality UV- Coatings
2. Evaluador Convocatoria **Becas MAEC-AECID** Curso 2011-2012  
**Tema:** *Becas de doctorado*  
**Entidad de la que depende:** Agencia española de cooperación internacional para el desarrollo  
**Año:** 2010
3. Evaluador de Proyectos de Investigación nacionales de la **Agence nationale de la recherche (ANR)**.  
**Tema:** Convocatoria de Proyectos Blanc SIMI 10 "Nanosciences"  
**Entidad de la que depende:** Agence nationale de la recherche (ANR),  
**Año:** Marzo 2011
4. Evaluador de la 8ª edición de los **Premios AUIP** a la Calidad del Postgrado y el Doctorado en Iberoamérica  
**Tema:** Evaluación del Programa de Doctorado en Ciencias (Física Aplicada) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (México)  
**Entidad de la que depende:** AUIP, Asociación Unversitaria Iberoamericana de Posgrado  
**Año:** 2015

5. Independent Evaluator of Postdoctoral Fellowship under the **Marie S. Curie Actions**  
**Tema:** Cofund project "Opening Sphere UAB-CEI to Postdoctoral Fellows (P-Sphere)" Gran Agreement 665919  
Scientific Area: Nanoscience & Nanotechnology  
Research Lines: NSNT01: Advanced nanoporous materials for energetic applications  
**Entidad de la que depende:** European Union's Horizon 2020 research and innovation programme  
**Año:** 2016
  
6. Independent Evaluator of Postdoctoral Fellowship under the **Marie S. Curie Actions**  
**Tema:** Cofund project "Opening Sphere UAB-CEI to Postdoctoral Fellows (P-Sphere)" Gran Agreement 665919  
Scientific Area: Nanoscience & Nanotechnology  
Research Lines: NSNT02: Nanoelectromechanical devices (NEMS)  
**Entidad de la que depende:** European Union's Horizon 2020 research and innovation programme  
**Año:** 2016

#### 6.2.4 Censor de publicaciones científicas

Advanced Materials Interfaces  
Journal of Alloys and Compounds  
Journal of Applied Physics  
Journal of Microscopy  
Journal of Crystal Growth  
Material Letters  
Materials Chemistry and Physics  
Microscopy and Microanalysis  
Nano Research Letters  
Nanoenergy  
Superlattices and Microstructures

## 6.3 COMITÉS DE SELECCIÓN DE PERSONAL

A lo largo de mi trayectoria, he tenido la oportunidad de participar en distintos tribunales de contratación y selección de personal. De todos ellos he aprendido algo, y en especial, he podido constatar el endurecimiento progresivo para acceder a puestos permanentes de docencia i/o investigación en el sistema español.

### 6.3.1 Comisiones para concursos de acceso al CSIC

1. **Título del comité:** TRIBUNAL DE OPOSICIÓN A TÉCNICO ESPECIALIZADO. **Tribunal 14.** BOE: 164-26070  
**Tema:** Miembro del tribunal de selección de 1 Plaza de Técnico Superior del CSIC en el área de **Microscopía Electrónica, Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla**  
**Entidad de la que depende:** CSIC- Consejo Superior de Investigaciones Científicas / **Año:** Noviembre 2006
2. **Título del comité:** TRIBUNAL DE OPOSICIÓN LIBRE 2006 A CIENTÍFICO TITULAR: 513  
 BOE: 155 -24615  
**Tema:** Miembro del tribunal de selección de 1 Plaza de Científico Titular del CSIC en el área de **Nanociencia y Nanotecnología, Instituto de Microelectrónica de Madrid (IMM\_CSIC)**  
**Entidad de la que depende:** CSIC- Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
**Año:** Noviembre 2006

### 6.3.2 Comisiones para concursos de acceso de profesorado

3. **Título del comité:** Tribunal de Oposición a Profesor Titular  
**Entidad de la que depende:** UNMH - Universidad Miguel Hernández  
**Tema:** Miembro del *Tribunal de Oposición*<sup>1</sup> del Área de Electrónica de la plaza DF1063. Elche  
 DEPARTAMENTO: **FISICA Y ARQUITECTURA DE COMPUTADORES**  
 AREA DE CONOCIMIENTO: **Electrónica** / **Año:** 2004
4. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO: **A05/016** CÓDIGO: **DC1581**  
**Tema:** Comisión de selección a plaza de **Profesor Asociado Tiempo Parcial de 12 horas (6+6)**  
 DEPARTAMENTO: **Física y arquitectura de computadores**  
 AREA DE CONOCIMIENTO: **Electrónica**  
 ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS: **Docencia en Electrónica**  
**Entidad de la que depende:** UNMH - Universidad Miguel Hernández / **Año:** Abril 2005
5. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO: **A05/060** CÓDIGO: **DC1689**  
**Tema:** Comisión de selección a plaza de **Profesor Ayudante**  
 DEPARTAMENTO: **FISICA Y ARQUITECTURA DE COMPUTADORES**  
 AREA DE CONOCIMIENTO: **Electrónica**  
 ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS: **Docencia en Electrónica**  
**Entidad de la que depende:** UNMH - Universidad Miguel Hernández / **Año:** Septiembre 2005
6. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO: **A06/017** CÓDIGO: **DC1749**  
**Tema:** Comisión de selección a plaza de **Profesor Colaborador**  
 DEPARTAMENTO: **FISICA Y ARQUITECTURA DE COMPUTADORES**  
 AREA DE CONOCIMIENTO: **Electrónica** / ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS: **Docencia en Electrónica**  
**Entidad de la que depende:** UNMH - Universidad Miguel Hernández / **Año:** Febrero 2006

<sup>1</sup> *In memoriam*. Fue durante esta oposición cuando tuve la oportunidad de conocer al **Prof. Luis Bailón**. Coincidiríamos luego en varios otros concursos y en algún congreso CDE. Siempre sentí por él un gran respeto y lamento no poder volver a responder a sus preguntas sobre cómo me va con la nueva metodología docente.

7. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO: **A06/059**, CÓDIGO: **DC1826**  
**Tema:** Comisión de selección a plaza de **Profesor Contratado Doctor Tiempo Completo**  
**DEPARTAMENTO:** **FISICA Y ARQUITECTURA DE COMPUTADORES**  
**AREA DE CONOCIMIENTO:** **Electrónica**  
**ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS:** **Docencia e Investigación en Electrónica**  
**Entidad de la que depende:** UNMH - Universidad Miguel Hernández / **Año:** Septiembre 2006
8. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO: **A06/059** CÓDIGO: **DC1581**  
**Tema:** Comisión de selección a plaza de **Profesor Asociado Tiempo Parcial de 12 horas (6+6)**  
**DEPARTAMENTO:** **FISICA Y ARQUITECTURA DE COMPUTADORES** / **AREA DE CONOCIMIENTO:** **Electrónica**  
**ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS:** **Docencia en Electrónica**  
**Entidad de la que depende:** UNMH - Universidad Miguel Hernández / **Año:** Septiembre 2006
9. **Título del comité:** COMISION DE CONTRATACIÓN DE PROFESORADO **A08/039** CÓDIGO: **DC1581 – ASO - Electrónica**  
**Tema:** Comisión de selección a plaza de **Profesor Asociado Tiempo Parcial de 12 horas (6+6)**  
**DEPARTAMENTO:** **FISICA Y ARQUITECTURA DE COMPUTADORES**  
**AREA DE CONOCIMIENTO:** **Electrónica** / **ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS:** **Docencia en Electrónica**  
**Entidad de la que depende:** UNMH - Universidad Miguel Hernández / **Año:** Septiembre 2008
10. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO **A08/039**  
**CÓDIGO:** **DC2018 – COL Electrónica**  
**Tema:** Comisión de selección a plaza de **Profesor Colaborador**  
**DEPARTAMENTO:** **FISICA Y ARQUITECTURA DE COMPUTADORES** / **AREA DE CONOCIMIENTO:** **Electrónica**  
**ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS:** **Docencia en Electrónica**  
**Entidad de la que depende:** UNMH - Universidad Miguel Hernández / **Año:** Septiembre 2008
11. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO **A09/015**  
**CÓDIGO:** **DC1323 – ASO - Electrónica**  
**Tema:** Comisión de selección a plaza de **Profesor Asociado**  
**DEPARTAMENTO:** **FISICA Y ARQUITECTURA DE COMPUTADORES** / **AREA DE CONOCIMIENTO:** **Electrónica**  
**ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS:** **Docencia en Electrónica**  
**Entidad de la que depende:** UNMH - Universidad Miguel Hernández / **Año:** Febrero 2009
12. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO  
**CÓDIGO:** **DOGC 02/06/2009**  
**Tema:** Comisión de selección a plaza de **Profesor Lector**  
**DEPARTAMENTO:** **Electrónica** / **AREA DE CONOCIMIENTO:** **Electrónica**  
**ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS:** **Docencia en Electrónica**  
**Entidad de la que depende:** Universidad de Barcelona / **Año:** Junio 2009
13. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO  
**CÓDIGO:** **DOGC 02/06/2009**  
**Tema:** Comisión de selección de una plaza de **Profesor Asociado 3+3**  
**DEPARTAMENTO:** **Electrónica** / **AREA DE CONOCIMIENTO:** **Electrónica**  
**ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS:** **Docencia en Electrónica**  
**Entidad de la que depende:** Universidad de Barcelona / **Año:** Junio 2009
14. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO  
**CÓDIGO:** **DOGC 26/10/2009**  
**Tema:** Comisión de selección a plaza de **Professor Agregat**  
**DEPARTAMENTO:** **Electrónica** / **AREA DE CONOCIMIENTO:** **Tecnología Electrónica**  
**ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS:** **Física, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Informática.**  
**Entidad de la que depende:** Universidad de Barcelona / **Año:** Octubre 2009
15. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO  
**CÓDIGO:** **DOGC 03/06/2010**  
**Tema:** Comisión de selección a plaza de **Profesor Lector**  
**DEPARTAMENTO:** **Electrónica** / **AREA DE CONOCIMIENTO:** **Tecnología Electrónica**  
**ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS:** **Docencia en Electrónica**  
**Entidad de la que depende:** Universidad de Barcelona / **Año:** Enero 2010

16. **Tema:** Comisión de selección a plaza de **BDR Post-doctoral**  
DEPARTAMENTO: **Electrónica** / AREA DE CONOCIMIENTO: **Tecnología Electrónica**  
ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS: **Física, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Informática.**  
**Entidad de la que depende:** Universidad de Barcelona / **Año:** 18 Novembre 2010
17. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO  
CÓDIGO: **DOGC 02/09/2013**  
**Tema:** Comisión de selección a plaza de **Profesor Lector**  
DEPARTAMENTO: **Electrónica** / AREA DE CONOCIMIENTO: **Tecnología Electrónica**  
ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS: **Las propias del área**  
**Entidad de la que depende:** Universidad de Barcelona / **Año:** Junio 2013
18. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO  
CÓDIGO: **DOGC 11/06/2014**  
**Tema:** Comisión de selección a plaza de **Profesor Lector**  
DEPARTAMENTO: **Electrónica** / AREA DE CONOCIMIENTO: **Tecnología Electrónica**  
ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS: **Sistemas Digitales y Estructura de Procesadores**  
**Entidad de la que depende:** Universidad de Barcelona / **Año:** Junio 2014
19. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO  
CÓDIGO: **DOGC 11/06/2014**  
**Tema:** Comisión de selección 1 plazas de **Profesor Asociado 6P**  
DEPARTAMENTO: **Electrónica** / AREA DE CONOCIMIENTO: **Tecnología Electrónica**  
ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS: **Las propias del área**  
**Entidad de la que depende:** Universidad de Barcelona / **Año:** Junio 2014
20. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO  
CÓDIGO: **DOGC 11/06/2014**  
**Tema:** Comisión de selección 2 plazas de **Profesor Asociado 4P**  
DEPARTAMENTO: **Electrónica** / AREA DE CONOCIMIENTO: **Tecnología Electrónica**  
ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS: **Las propias del área**  
**Entidad de la que depende:** Universidad de Barcelona / **Año:** Junio 2014
21. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO  
CÓDIGO: **DOGC 11/06/2014**  
**Tema:** Comisión de selección 2 plazas de **Profesor Asociado 3P**  
DEPARTAMENTO: **Electrónica** / AREA DE CONOCIMIENTO: **Tecnología Electrónica**  
ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS: **Las propias del área**  
**Entidad de la que depende:** Universidad de Barcelona / **Año:** Junio 2014
22. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO  
CÓDIGO: **DOGC 11/06/2014**  
**Tema:** Comisión de selección 5 plazas de **Profesor Asociado 2P**  
DEPARTAMENTO: **Electrónica** / AREA DE CONOCIMIENTO: **Tecnología Electrónica**  
ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS: **Las propias del área**  
**Entidad de la que depende:** Universidad de Barcelona / **Año:** Junio 2014
23. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO  
CÓDIGO: **DOGC 15/06/2015**  
**Tema:** Comisión de selección 2 plazas de **Profesor Asociado 2P**  
DEPARTAMENTO: **Electrónica** / AREA DE CONOCIMIENTO: **Tecnología Electrónica**  
ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS: **Las propias del área**  
**Entidad de la que depende:** Universidad de Barcelona / **Año:** Junio 2015
24. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO  
CÓDIGO: **DOGC 15/06/2015**  
**Tema:** Comisión de selección 2 plazas de **Profesor Asociado 3P**  
DEPARTAMENTO: **Electrónica**  
AREA DE CONOCIMIENTO: **Tecnología Electrónica**  
ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS: **Las propias del área**  
**Entidad de la que depende:** Universidad de Barcelona / **Año:** Junio 2015

25. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO  
**CÓDIGO:** DOGC 15/06/2015  
**Tema:** Comisión de selección 4 plazas de **Profesor Asociado 4P**  
**DEPARTAMENTO:** **Electrónica**/ **AREA DE CONOCIMIENTO:** **Tecnología Electrónica**  
**ACTIVIDADES DOCENTES E INVESTIGADORAS:** **Las propias del área**  
**Entidad de la que depende:** Universidad de Barcelona / **Año:** Junio 2015
26. **Título del comité:** COMISION DE SELECCIÓN DE PROFESORADO  
**CÓDIGO:** DOGC 25/05/2015  
**Tema:** Comisión de selección a plaza de **Professor Agregat**  
**DEPARTAMENTO:** **Electrónica**  
**AREA DE CONOCIMIENTO:** **Tecnología Electrónica**  
**ACTIVIDADES DOCENTES:** **Todas las materias troncales y obligatorias de las titulaciones de Física, Ingeniería Electrónica, e Ingeniería Técnica Informática de Sistemas**  
**ACTIVIDADES INVESTIGADORAS:** Programa de Doctorado en Nanociencias  
**Entidad de la que depende:** Universidad de Barcelona / **Año:** Julio 2015

Espero que esta participación reiterada en las comisiones de selección no sea sólo debida a los criterios de paridad en la constitución de los tribunales (para esto nadie discute las medidas positivas) sino también por la objetividad en la valoración de los expedientes que se me asignan.

Finalmente, y como resumen a los apartados 6.2 y 6.3, he preparado también una tabla que recoge todas estas actividades relativas a la evaluación ([Figura 6.5](#)). En la columna izquierda se indican las comisiones agrupadas por las entidades de que dependen y listadas por tipología. Las participaciones como evaluador en las distintas convocatorias aparecen desglosadas en la línea temporal de la parte central. Aquí también aparecen en gris, los momentos en que he participado en esas mismas convocatorias como solicitante. En la columna de la derecha se indica el carácter de la convocatoria.

El punto fuerte es la multiplicidad de tipología de evaluación en la que he participado. El punto débil, una escasa participación a nivel internacional en comparación. En este sentido, seguro que registrarme en la base de datos de la EU como experto evaluador en los próximos años será un paso adelante que me permitirá ganar formación y experiencia para liderar nuevos proyectos internacionales.

ENCARGOS DE EVALUADOR	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>MINISTERIO</b>														
Proyectos Plan Nacional de Materiales (MAT)														
Proyectos I+D+I del Programa Estatal de Fomento de la Investigación Científica y Técnica orientada a los Retos de la Sociedad (TEC)														
Proyectos de I+D+I para jóvenes investigadores sin vinculación o con vinculación temporal (JIN)														
Ayudas a infraestructuras y equipamiento científico-técnico														
<b>AGAUR</b>														
Evaluación de becas de Investigación para profesores e investigadores visitantes en Cataluña (PIV)														
Evaluación de la convocatoria de becas para estancias de investigación fuera de Cataluña (BE)														
Estancias post-doctorales Beatriu de Pinós (BP)														
Contratación de investigadores en el marco del programa Talent-Empresa (TEM)														
Ayudas para la Cooperación en el marco de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos (CTP-ITT)														
Ayudas destinadas a potenciar la participación y el liderazgo de proyectos de investigación del 7º Programa Marco de la Unión Europea (CONP)														
Convocatoria de financiación para la organización de Congresos (ARCS)														
Proyectos para la mejora de la Calidad Docente en las Universidades Catalanas (MQD)														
Proyectos de Cursos Abiertos On-Line Masivos de las Universidades Catalanas (MOOC's)														
<b>OTRAS INSTITUCIONES LOCALES</b>														
Premios a la Excelencia Investigadora (PREI)														
Proyectos de Investigación en Docencia de la Universidad de Barcelona (REDICE)														
Contratación de profesorado														
<b>INTERNACIONALES</b>														
Selección de Becas de Movilidad de investigadores extranjeros en el marco del contrato UE Training, Mobility and Research Network (TMR)														
Convocatoria becas MAEC-AECID														
Independent Evaluator of Postdoctoral Fellowship under the Marie S. Curie Actions														
Proyectos de Investigación nacionales de la Agence nationale de la recherche (ANR)														
8ª edición de los Premios AUIP a la Calidad del Postgrado y el Doctorado en Iberoamérica														
ENCARGOS DE EVALUADOR	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017

Figura 6.5. Tabla resumen de las actividades de evaluación a nivel local, autonómico, nacional e internacional agrupados por convocatorias (izquierda) y temática (derecha).

## 6.4 COMITÉS CIENTÍFICOS Y DE CONGRESOS

Este apartado contiene la implicación en gestión de la difusión de los resultados de investigación si es que este nombre tan pomposo sirve para describir mi participación en congresos como moderadora de sesiones, como miembro del comité científico o como organizadora <sup>1</sup>.

### 6.4.1 Moderadora en sesiones de congresos nacionales e internacionales

1. **21st Annual International Conference on Composites and Nano Engineering (ICCE-21)**. July 21-27, 2001. Tenerife, Canary Islands.
2. **XXIV Congress of the Spanish Microscopy Society (SME XXIV) and XLIV annual meeting of the Portuguese Society for Microscopy**  
Moderadora de la sesión: M4 : Advances in Instrumentation  
Segovia, 16-19 Junio 2009
3. **2ª Jornada del Instituto de Nanociencia y Nanotecnología In2UB**  
Col·legi Oficial de Metges de Barcelona, 13 Octubre 2010  
Moderadora de la sesión matinal.
4. **5ª Jornada del Instituto de Nanociencia y Nanotecnología In2UB**  
Facultad de Física, Universitat de Barcelona, 15 Noviembre 2012  
Moderadora de la sesión de la tarde.
5. **9th Spanish Conference on Electron Devices**  
Palacio de Congresos Conde Ansúrez  
Valladolid, Spain, February 12-14, 2013  
Moderadora de la sesión: O5. Characterization and reliability
6. **Microscopy at the Frontiers of Science (MFS)**, Oporto (9-11 Septiembre, 2015)  
Moderadora de la sesión: MS6(Room B001), Friday 11th September 2015  
Materials Science: Ceramic Materials, Thin Films & Surfaces
7. **10ème édition des Journées de l'EELS**  
Tarragona, 28th 30th June (2016) ([Figura 6.6](#))



**Figura 6.6.** Participantes en las Jornadas EELS, organizado por S. Estradé del LENS con el Prof. C. Colliex en el centro. Tarragona (2016).

<sup>1</sup> Estas actividades aparecen como *Otros Méritos de la Actividad Investigadora* en el **apartado 1E**

## 6.4.2 Organización de Conferencias, Seminarios y Cursos

No he tenido muchas oportunidades de participar en la organización de congresos internacionales<sup>1</sup>. Aunque sea algo más modesto, si he asumido la organización de seminarios y cursos.

1. **Conferencia: *Presente y Futuro de la Microscopía Electrónica***<sup>2</sup>, 27 de Noviembre del 2008  
Conferenciantes invitados:

Prof. Ulrich Dahmen, Director del **National Center for Electron Microscopy**

Prof. Rafal Dunin-Borkowski, Director of **Center for Electron Nanoscopy**, Technical University of Denmark.

Prof. Andrew Bleloch; Director of **SuperSTEM** Daresbury Laboratory.

2. **Curso: Electron Energy Loss Spectroscopy, basics and applications** / Dr. Michael Walls, Laboratory Physics of Solids, University of Paris XI, 22-23/11/2007.
3. **Curso: Electron Energy Loss Spectroscopy, basics and applications** / Dr. Michael Walls, Laboratory Physics of Solids, University of Paris XI, 12/12/2008
4. **Seminario Micro and Nanosystems: From Research to Applications and Contribution to Technological Visions** / Conferenciante: Dr. Francisco J. Ibáñez, Deputy Head of Unit Micro and Nanosystems European R&D Programme, 05/05/2008
5. **Curso: Electron Energy Loss Spectroscopy, basics and applications** / Dr. Michael Walls Laboratory Physics of Solids, University of Paris XI, and Dr. Francisco de la Peña (CEA-LETI, Grenoble), (24 – 29 Abril 2011)
6. **Organización del 3er. Workshop of the CONSOLIDER PROJECT IMAGINE: Materials at Sub-Ångstrom resolution.** Barcelona, 20-21 Junio 2011
7. **Curso: Course and Seminars on Electron Microscopy of Materials: Present and Future.** Conferenciantes invitados (**Figura 6.7**)

**Electron Holography and In-situ TEM**, R. Dunin-Borkowski, Ernst Ruska Center (April 18th-24<sup>th</sup>, 2012)

**Lorentz Microscopy**, E. Snoeck, C. Magén, CEMES, Toulouse / LMA-INA, UZ (May 7th-11<sup>th</sup>, 2012)

**High Resolution Microscopy in image mode**, Khalid Boulaya / UCM (May 14th-18<sup>th</sup>, 2012)

**Circular Dichroism in the TEM** / B. Warot-Fonrose, CEMES, Toulouse (May 21st-25<sup>th</sup>, 2012)

8. **Jornada Investigadors Pre-doctorals Interdisciplinària-BKC**, International Doctorate School  
<http://www.ub.edu/jipi>  
7 de febrero de 2013  
Aula Magna de l'Edifici Històric de la Universitat de Barcelona
9. **Organización del 9º Workshop of the CONSOLIDER PROJECT IMAGINE: Materials at Sub-Ångstrom resolution.** Barcelona, 5-6 Junio 2014

<sup>1</sup> Ejemplos recientes como el JEELS (Tarragona 2017) o el CDE (Barcelona 2017), me dejan algo desconcertada.

<sup>2</sup> Una de las actuaciones más decepcionantes (y no por mi causa) como delegada del rector. Tras conseguir que tres de los directores de los Centros Internacionales de mayor prestigio en Microscopía Electrónica aceptaran dar una charla en el contexto del 20 Aniversario de los CCyT y como prólogo al proyecto de centro CEMARC, el cambio de rumbo a medio camino supuso que ningún representante institucional, ni de la UB ni de los CCyT ni ya por supuesto de la Generalitat considerase la asistencia. Otro ejemplo de la inconsistencia de ser delegada de un rector que marcha sin que el nuevo asuma los planes estratégicos anteriores como válidos.



*Figura 6.7. LENS junto al Prof. Rafal Dunin-Borkowski (Abril 2012).*

### 6.4.3 Participación en Comités Científicos y Sociedades

1. Miembro de **Nanotechnology Masters Courses Directory and Recognition Scheme**, coordinado por el "Institute of Nanotechnology (IoN)" UK durante el periodo (2007-2012).
2. Miembro de **CEMIC, Centro de Ingeniería de Microsistemas para Instrumentación y Control** Desde Junio de 2006 y hasta la actualidad.
3. Miembro de las Sociedades Europea (EMS) y española (SME) de Microscopía Electrónica. **Miembro de la Junta Directiva de la SME**, desde 2013.
4. Miembro del International Advisory Board of the **International Conference on Electron Microscopy & XXXV Annual Meeting of Electron Microscopy Society of India (EMSI)**, (University of Delhi, July 9-11, 2014, Delhi, India)
5. Miembro del Comité Científico del Congreso **Microscopy at the Frontiers of Science (MFS)**, Oporto (9-11 Septiembre, 2015).
6. Miembro del **Comité Científico de la Infraestructura Científica y Técnica Singular (ICTS)** de Microscopía Electrónica **ELECFMI**<sup>1</sup>.

De este último apartado destacaría sin duda la participación como Vocal en la Junta Directiva de la Sociedad Española de Microscopía<sup>2</sup>. He ocupado este cargo desde 2013 al 2017. Espero poder renovar la vocalía, el próximo mes de septiembre, o al menos contribuir a que el procedimiento de renovación de los miembros de la Junta permita una presentación libre de candidaturas y una votación abierta entre todas ellas.

<sup>1</sup> <http://cnme.es/images/jemarm200cfreferees.pdf>

<sup>2</sup> Una posición reconquistada a pesar de que el Prof. Morante no me considerara adecuada para ocupar esta representación en 2009. Recordando los cambios de viento al noroeste mencionados en la sección 6.1.2 página 216 (cáramba, capicúa), me viene a la cabeza el Mago de Oz. ¿O sería la magia del "hado padrino" transformada en Programa ICREA?. Me habré equivocado de cuento y en un reloj darán las doce.

## 6.5 COORDINACIÓN DEL MÁSTER OFICIAL EU EN NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA

Desde el curso académico 2006-2007 y hasta el inicio del curso 2013-2014, asumí la coordinación del Máster de Nanociencia y Nanotecnología, máster oficial europeo en la Universidad de Barcelona. Fue una etapa de trabajo duro para **cohesionar los programas docentes, captar alumnos nacionales y extranjeros, configurar un entorno de comunicación en el Campus Virtual y formar una comunidad del máster**. Las tablas de la [Figura 6.8](#) presentan de forma escueta el conjunto de tareas que realiza un coordinador de máster (o persona en quien delegue). Básicamente son las funciones de un Jefe de Estudios, sumando las tareas de valoración y admisión de los estudiantes que, para las titulaciones de grado (o licenciatura en aquel entonces) vienen ya dadas por las pruebas de acceso a la Universidad. Frente a estas tablas, considero que dediqué tantas horas y esfuerzo a esta actividad de coordinación, restando en muchos casos horas de mi vida personal, que bien merece una sección independiente, si no ya un capítulo. La memoria de los cinco primeros años de coordinación se adjunta también como documentación anexa al primer ejercicio del presente concurso. En esta sección resumiré brevemente los hitos más significativos en esta tarea.

### 6.5.1 Etapa de iniciación: 2006-2009

El máster Oficial en Nanociencia y Nanotecnología (NN) se implantó por primera vez el curso académico 2006-2007 [26], coordinado entonces por el Prof. Alejandro Pérez. Bajo la concepción de un programa de máster interuniversitario, con voluntad de implicación de varias Universidades Catalanas coordinadas por la Universidad de Barcelona, se elaboró un plan de estudios amplio, consensuado entre todas las instituciones participantes, y rubricado mediante un convenio de reconocimiento mutuo. Desde este planteamiento inicial, y tras un procedimiento de independencia de la URV y de la UPC, el máster ha ido evolucionando hasta situarse en la actualidad como **uno de los másteres más consolidados en la Facultad de Física**.

Como ya se ha comentado, el primer curso que se impartió el máster fue el año académico 2006-2007. Yo misma asumiría la coordinación del máster desde el segundo semestre del mismo año académico. Durante esta etapa los aspectos más destacables fueron:

- Reestructuración de los horarios semestrales
- Modificaciones del número de créditos de algunas asignaturas
- Modificación del carácter obligatorio a optativo dejando sólo una asignatura Nanotecnología como obligatoria.
- Escisión de la Universidad Rovira y Virgili (URV) y Universidad Politècnica de Catalunya (UPC) en el curso académico 2009-2010.
- Tras un procedimiento de verificación abreviado, la titulación quedó registrada en el Registro de Universidades, Centros y Títulos (RUCT) como Titulación de Máster en Nanociencia y Nanotecnología, con código **4310845, publicado en el BOE, y adaptada al decreto RD 1393/2007**. También aparecía el Programa Oficial de Doctorado en Nanociencias, con código **5310280 y adaptado al decreto RD 1393/2007**, publicado en el BOE [27].

PLANIFICACIÓN	ENCARGOS DOCENTES	ADMISION	TESIS DE MASTER	GESTION ECONOMICA
Calendario	Elaboración de listados y tramitación a los directores de departamento	Información a nuevos estudiantes	Solicitud de proyectos a dept. institutos de investigación y empresas	Elaboración de presupuesto anual
Horarios	Adscripción de departamentos y encargos de coordinación en Gr@d	Revisión de expedientes de solicitud	Base de datos de las ofertas	Control de facturas asociadas al máster
Modificaciones de programa y horarios consensuados	Insistir en los planes docentes: evaluarlos y corroborarlos en Gr@d	Preparación de la documentación para aprobación en Comisión de Coordinación	Información a empresas sobre Convenios de Prácticas y firma de los expedientes	Documentación relativa a los honorarios de profesores invitados y justificantes de viaje
Comunicación con gestión académica para la revisión de las fichas anuales y oferta del curso académico	Consultas frecuentes del profesorado sobre responsabilidades de tareas en Gr@d	Comunicación de resolución y publicación	Documentación para la solicitud, análisis de solicitudes y asignación	Atención frente a la reclamación de facturas aún no abonadas
Preparación de la documentación para aprobación en comisión de coordinación	Certificado a los directores para procesos de Acreditación	Cartas de aceptación personalizadas para proceso de visados y extensión de permisos de residencia	Organización de tribunales para la defensa	
Publicación		Resolución de conflictos frente a resoluciones de aceptación o de Visado negativas	Generación de las Actas de Calificación e introducción en el aplicativo	
Mantenimiento de página WEB		Control de pre-inscripción de asignaturas bajo tutoría para detectar grupos reducidos y reorganización de la oferta si es necesario	Publicación en Dipòsit Digital de la UB de las memorias previo documento de aceptación	
Agenda de la Jornada de Acogida		Aceptación en WEB para activar Automatrícula	Certificado a los directores para procesos de Acreditación	
		Validación de los procesos de automatrícula	Certificados a los estudiantes por motivos de Visado, préstamos,...	
		Análisis de los seguimientos estadísticos		

MOVILIDAD DEL PROFESORADO	MOVILIDAD DE LOS ESTUDIANTES	EVALUACION DE BECAS MAE	REQUERIMIENTOS DE LA INSTITUCION	COORDINACIÓN
Información al profesorado sobre las convocatorias	Información sobre la convocatoria	Valoración de expedientes de las becas oficiales para estudiantes extranjeros	Memorias para los procesos de seguimiento	Organizar reuniones de coordinación con la comisión
Acciones de incentivación a la participación	Acciones de incentivación a la participación: búsqueda de centros extranjeros, intercambios....	Tramitación de las valoraciones a la UB	Informes sobre datos del máster: por ejemplo los referentes a la excelencia en internacionalidad	Supervisión de las actas de la reunión y publicación en el BSCW
Priorización de las solicitudes	Recopilación de documentación y tramitación a la UB		Participación en experiencias iniciales de despliegue del Sistema Interno de Calidad (SAIQU)	Supervisión de las tareas del becario de ayuda a la coordinación
Recopilación de documentación e introducción en aplicativo del Ministerio	Valoración de expedientes			Participación en reuniones de coordinación del POP de Física.
Comunicación de resolución	Recopilación de documentación y solicitud al Ministerio			
Recopilación de justificantes de viaje	Relación con las instituciones internacionales de acogida: convenios, actas de calificación			
Documentación para la justificación al ministerio	Recopilación de documentación justificativa y elaboración de memoria conjunta			

*Figura 6.8 Tablas resumen de las tareas que implica coordinar un máster oficial.*

En aquel momento el acceso al máster podía hacerse por vías de 60-90-120 créditos, sin complementos de formación específicos, sino utilizando las asignaturas de grado como asignaturas de nivelación en función de las titulaciones de acceso. Las asignaturas contenían programación teórico-práctica, la docencia era en inglés y se podía acceder en los períodos de matrícula del semestre de primavera y del semestre de otoño. Se habían documentado y justificado los cambios en la programación respecto al primer planteamiento presentado al ministerio, y la titulación estaba validada y gozaba de una buena aceptación por parte del alumnado.

No todo eran fortalezas. Algunos aspectos negativos también eran evidentes: complejidad en los procesos de cambios aunque sean pequeños, (fusión de asignaturas, cambios de nombre...) que desde el punto de vista de Gestión Académica conllevaban la extinción del plan de estudios anterior, excesivo número de asignaturas optativas a veces con pocos estudiantes, complejidad en los procesos relativos a los programas de gestión (Gr@d , PLAE y GPOD), duplicidad de entornos virtuales para la gestión (BSCW, Moodle) entre otros.

## 6.5.2 Etapa de consolidación: 2010-2013

Durante esta etapa se llevó a cabo un seguimiento de cada uno de los aspectos del máster, y se emprendieron distintas acciones dinamizadoras. Los aspectos clave fueron <sup>1</sup>:

- Definición de un **entorno único de comunicación** en Campus Virtual sobre plataforma Moodle.
  - Redireccionamiento desde la página Web
  - Herramientas de comunicación
  - Información permanente y actualizada
  - Implementación de encuestas de satisfacción del alumnado.
  
- **Seguimiento** exhaustivo y valoración de indicadores:
  - Procedencia y titulación previas
  - Matriculación anual en cada asignatura
  - Tasas de rendimiento, éxito y abandono globales y por asignatura
  - Análisis de la distribución temática y calificaciones de las Tesis de Máster
  - Análisis de las encuestas de satisfacción
  - Detección de puntos débiles y acciones de mejora
  
- Acciones de **dinamización** de la participación de los estudiantes
  - Sesiones Nanopico<sup>2</sup> (Figura 6.9)
  - Participación en redes sociales (Facebook, LinkedIn)
  
- Acciones de **internacionalización**
  - Asociación en redes de másteres internacionales
  - Acciones de difusión del programa en revistas y magazines especializados
  - Participación en acciones de movilidad del Ministerio para profesores y estudiantes
  - Definición de un plan de internacionalización.
  - Presentación de solicitudes en los programas EU

<sup>1</sup> Todos los detalles se pueden consultar en el documento anexo: **Gestión de un Máster Oficial**

<sup>2</sup> Emulando los Picatronics del Departamento de Electrónica que tan bien dinamiza Albert Cornet

El seguimiento estadístico arrojó una buena valoración de los indicadores:

- Número de matriculados creciente > 35 alumnos
- Un tercio de alumnos extranjeros y otro tercio de alumnos del territorio nacional
- Cifras de rendimiento superiores al 95%
- Escasa tasa de abandono
- Alta calidad de las Tesis de Máster defendidas

Durante esta etapa, varios fueron los **reconocimientos recibidos por el máster**. Destacaré los logros más notables:

- **Mención de Máster de Excelencia por la Fundación Catalunya Caixa<sup>1</sup>**, con dotación de becas para cursar los estudios de máster en convocatorias consecutivas.
- **Premio a la mejor Tesis de Master** en Nanotecnología en la convocatoria del 2011 del Institut of Physics (IOP) del Reino Unido <sup>2</sup>.
- **Mención de Máster Internacional** por la Generalitat de Catalunya (IMP-2013).  
**Código:** 2013IMP00039, Dotación: 5000 € / Año: 2014  
**ORGANISMO :** Agència de Gestió d'ajuts universitaris i de recerca (AGAUR)  
**DIRECCIÓN DEL PROYECTO:** Dra. Francisca Peiró



**Figura 6.9.** Dos instantáneas del **NanoPico** del Máster en Nanociencia y Nanotecnología. Navidad 2013.

<sup>1</sup> Ceremonia de entrega de diplomas el Edificio “La Pedrera”

<sup>2</sup> Ceremonia de entrega de premios en el IOP en Londres

### 6.5.3 Verificación (2014) y hacia adelante

El **Real Decreto 861/2010**<sup>28</sup>, de 2 de julio, por el que se modificaba el **Real Decreto 1393/2007** [29], de 29 de octubre, implicaba una necesaria remodelación de los programas de máster, para ajustarse convenientemente a los artículos que allí se desarrollaban.

En paralelo, la Universidad de Barcelona preparó una normativa para facilitar dicho proceso de remodelación de los másteres, que se recogía en el documento “**Normas reguladoras de los criterios de programación de los planes de estudios y de la organización de másteres universitarios de la Universitat de Barcelona**” [30].

El resultado fue la necesidad de pasar de nuevo el procedimiento de Verificación, no sé si por el decreto del Ministerio, o por propio decreto de la UB <sup>1</sup>. Después de una trayectoria exitosa, con unos números de matrícula y rendimiento excelentes, con reconocimiento internacional incluso, y con la posibilidad de efectuar los cambios pertinentes de mejora sin necesidad de que se considerasen “cambios trascendentales” que obligaran a un nuevo registro en el RUCT, redactar el proyecto de máster como si fuera de nueva implantación, renunciando al histórico y a las puertas de una remodelación más necesaria en vistas de posibles cambios 3+2, me llevó a considerar que ya había agotado mi ciclo como coordinadora <sup>2</sup>. En definitiva, mi última tarea como coordinadora del máster, fue preparar la memoria de Verificación y entrarla en el registro de solicitudes en tiempo y forma el curso 2013-2014, para que entrara en vigor el curso 2014-2015. Ese curso ya tomaría el relevo el Dr. Sergi Hernández.

En la actualidad, estamos pendientes de pasar la segunda etapa, la de **Acreditación**<sup>3</sup>. Pero si de algo me puedo sentir satisfecha (además de haber ayudado a algunos estudiantes en la etapa de incorporación al máster) ha sido de lograr que el coordinador del Programa Erasmus Mundus en Nanociencia y Nanotecnología que contacté en su momento, haya contado con nosotros para la **nueva solicitud Erasmus Mundus Nano Plus**, que se ha presentado en enero de 2017. **Objetivo de exportación de la actividad académica conseguido** :). Se comentará más ampliamente esta iniciativa en el Documento 3.

- TÍTULO: Erasmus Mundus Master Nanoscience and Nanotechnology (**EMNano+**)  
Programa: **ERASMUS +**  
Acción: Student and staff mobility in Joint Master Degrees  
Convocatoria: **EAC-A03-2016**  
Coordinador: Universidad Católica de Lovaina  
Participantes: Universidad Tecnológica de Dresden, Universidad de Grenoble-Alpes, Universidad de Chalmers  
Centros Asociados: Centro Interuniversitario de Microelectrónica (IMEC), Instituto Leibniz de Dresden y el Commissariat a L’Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA) de Paris 15.

<sup>1</sup> Ver análisis comparativo de los Reales decretos **861/2010** y **1393/2007** y la normativa de la UB en el **capítulo 5 de la memoria de gestión del máster**.

<sup>2</sup> Merecen mención los becarios de Ayuda a la coordinación del máster, Luis Emerson Coy, Arnau Pou y Alicia Ruíz, por su paciencia y su colaboración.

<sup>3</sup> Aquella evaluación que yo ya me atrevía a pasar en 2013, pero que esperó a que Grados y otros programas de la Facultad estuvieran en disposición de hacerlo simultáneamente volviendo a la casilla de salida con una re-Verificación.



## CAPÍTULO 7. *Dimensión de Divulgación*

---

Esta dimensión es quizás la más difusa, no por aquello de difundir la ciencia, sino porque es la que más intersecciones presenta con el resto de las dimensiones. Con la de docencia por ejemplo, con la participación en algunos cursos de verano, a medio camino entre cursos de especialización y para público no especializado. Empezaremos el capítulo con este aspecto. Veremos también que incluso pueda haber intersección en términos de innovación docente. Con la de investigación por supuesto, porque nada da más sentido al capítulo que establecer un nexo entre la sociedad y la actividad investigadora a partir de la divulgación de los propios resultados de la investigación. Y por supuesto con la dimensión de gestión ya que estas tareas, aún no reconocidas en muchos casos, no dejan de ser una forma de gestión del conocimiento. El grado de motivación personal hacia esta dimensión ha sido variable, pero ciertamente la evolución a mayor, inexorable, aunque sólo sea porque es un requisito cada vez más presente en muchas de las convocatorias. El capítulo continuará precisamente con la formalidad de los proyectos reconocidos. Iremos llenando de contenido algunos de ellos. Finalmente, analizaremos con algo más de detalle alguna de las últimas iniciativas en este sentido.

### 7.1 ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN

#### 7.1.1 Cursos de divulgación

- **CURSO: Microscopia Electrónica de Alta Resolución: se ven los átomos se entienden los materiales.**  
Conferencia: "Transmission Electron Microscopy of materials for optoelectronics and spintronic applications".  
Organizado por: Universidad Complutense de Madrid  
**LUGAR:** Cursos de Verano 2011 de El Escorial  
**FECHA:** 4-8 de Julio 2011.

- CURS: La resolución atómica: una revolución en la microscopía electrónica**  
 Conferencia: “Combination of advanced electron microscopy tools for the characterization of materials for electronics, photonics and energy applications: Electron Energy Loss Spectroscopy, Electron Beam Precession and Electron Tomography”  
 Organizado por: Universidad Complutense de Madrid  
**LUGAR:** Cursos de Verano 2013 de El Escorial  
**FECHA:** 1-5 de Julio 2013.
- CURS: Microscopía electrónica de transmisión: más allá de la frontera de la resolución atómica.**  
 Conferencia: “From conventional to aberration corrected microscopy: a journey through different TEM techniques for understanding advanced nanomaterials properties.”  
 Organizado por: Universidad Complutense de Madrid  
**LUGAR:** Cursos de Verano 2016 de El Escorial  
**FECHA:** 4-8 de Julio 2016.

Estos cursos de verano en San Lorenzo del Escorial, fueron una de las actividades derivadas del proyecto Consolider CSD2009-00013 Imagine, una magnífica oportunidad de acercarme a un entorno formativo muy distinto del universitario y de compartir con los compañeros de proyecto algunos ratos de conversación <sup>1</sup>.

### 7.1.2 Jornadas y talleres para enseñanza secundaria

- CURSO: TALLER sobre difracción electrónica:** Fira del conocimiento de Berga  
 Organizado por: Observatorio de los Recursos de la Naturaleza.  
**Lugar:** Pabellón de Suècia, Berga **FECHA:** 3-4 Abril 2014

Una colaboración entre el Ayuntamiento de Berga [31] (Figura 7.1) y la Universidad Politécnica de Cataluña y la Universidad de Barcelona, para fomentar las vocaciones científico tecnológicas, mejorar el aprendizaje en secundaria y educación superior y contribuir al desarrollo de un territorio rico en recursos naturales



**Figura 7.1.** Pau Torruella en el stand de presentación de la UB, con el lema “Has visto alguna vez un átomo?”

<sup>1</sup> A raíz de la charla del año 2013 (inmediatamente después de la situación más angustiosa de mi vida), fui entrevistada en un programa de radio. Lástima que la entrevista acabara con alguna mención al hecho de ser “investigadora en femenino”, justo en uno de los momentos más críticos de mi vida personal.

El grupo LENS, ha continuado participando en iniciativas muy similares, como por ejemplo, en “La Fiesta de la Ciencia (2015 y 2016), en colaboración con UB Divulga [32] aunque yo ya no estuve implicada directamente.

- **Seminarios NanoEduca**<sup>1</sup>: Programa para la introducción de la Nanociencia y la Nanotecnología a alumnos de secundaria y batxillerat (**10 h**)  
Organizado por: Instituto de Ciencias de la Educación Universitat de Barcelona- ICE en el contexto del Proyecto Nanodivulga<sup>2</sup>  
**Lugar:** *Centros Científicos y Tecnológico, con la colaboración de la Unidad de Cultura Científica e Innovación (UCC-I) [32]*  
**FECHA:** 26 de Febrero al 5 de Marzo 2015

### 7.1.3 Dirección de proyectos de investigación en enseñanza secundaria

Finalmente, una tarea en línea con la anterior, redundando en la transición entre la Enseñanza Secundaria y la Universidad es la de participar en la codirección de trabajos de investigación en Bachillerato<sup>3</sup>. En el pasado, ya he codirigido dos de estos trabajos:

- **Microscopía Electrónica**  
Autores: Javier Areitio Mata, Clara Giménez Arteaga, Irene Tineo  
Fecha: Enero 2012
- **Espectroscopía de pérdida de energía de los electrones en un TEM aplicación a materiales y dispositivos nanoestructurados**  
Autora: Irene Tineo  
Fecha: Enero 2014

En la actualidad, esta posibilidad está bien estructurada a través del **Programa para el Fomento de la Investigación en los Centros de Secundaria (FORCES)**<sup>4</sup>. En el Documento 3, se amplía esta información como parte del proyecto estratégico de actuaciones del grupo LENS.

### 7.1.4 Divulgación desde la perspectiva de género

Ligando justo con el anterior apartado, como miembro de la Comisión de Igualdad de la Facultad de Física, he participado en distintas acciones de divulgación:

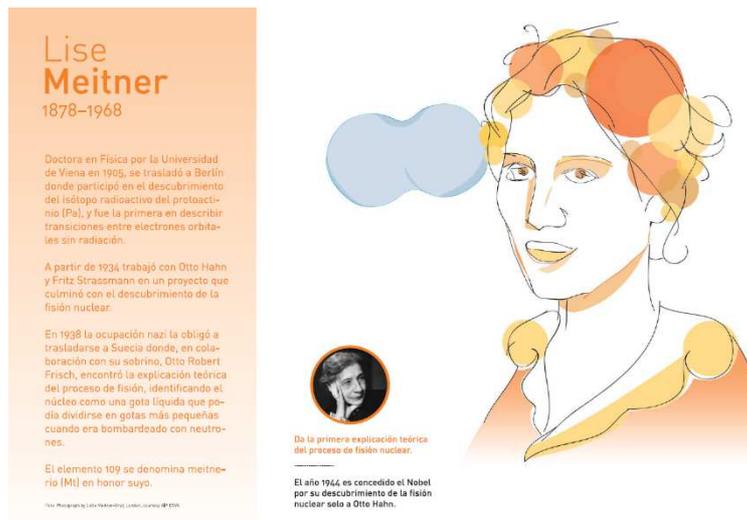
- Edición del Calendario 2011 y 2013: **Investigadores en Física Nuclear** (*Figura 7.2*)
- Celebraciones del día 8 de Marzo: conferencias y debates.

<sup>1</sup> Nanoeduca: <http://www.ub.edu/laubdivulga/nanodivulga/nanoeduca.html>

<sup>2</sup> Nanodivulga: <http://www.ub.edu/laubdivulga/nanodivulga/index.html>

<sup>3</sup> Quizás haber pasado este último año con el TR de mis dos hijas mellizas en la cabeza, también me haya empujado a implicarme en este proyecto.

<sup>4</sup> Programa FORCES: <http://www.ub.edu/cere/forces/>



*Figura 7.2. Maqueta del calendario: Investigadoras en Física Nuclear (2011).*

## 7.2 PROYECTOS DE DIVULGACIÓN

En este apartado se listan los proyectos que han recibido financiación en convocatorias competitivas a nivel autonómico (AGAUR) y también a nivel nacional (FECyT).

### 7.2.1 Proyectos de divulgación y en relación a la enseñanza secundaria

1. **TEeTI 09 Taller de Ingeniería Electrónica y Tecnología de la Información**  
**CÓDIGO: FCT-09-1231 / APN2009D**  
 Convocatoria de ayudas para el fomento de la cultura científica  
 Institución: UB / Fecha: 05/03/2009  
 Dotación: 7000 € / DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dr. Albert Cornet  
 Organismo: FCYT - Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)
2. **10alamos9: Festival de la Nanociencia y la Nanotecnología**  
**CÓDIGO: FCT-15-9623**  
 Año inicio: 01/01/2016 / Final: 31/07/2016  
 Dotación: 27000 € / DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dr. Jordi Díaz 38147005  
 Organismo: FCYT - Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)
3. **TEeTI 10 Taller de Ingeniería Electrónica y Tecnología de la Información**  
 Ayudas para la financiación de actuaciones en el ámbito de la divulgación científica (ACDC)  
 Código oficial: **2010ACDC00068**  
 Dotación: 7000 € / PERÍODO: 01/01/2010 – 31/12/2010  
 ORGANISMO: Generalitat de Catalunya, Departamento de Economía y Conocimiento  
 Investigador/a Principal: Oscar Ruiz Sánchez (40310130)
4. **TEeTI 11 Taller de Ingeniería Electrónica y Tecnología de la Información**  
 Ayudas para la financiación de actuaciones en el ámbito de la divulgación científica (ACDC)  
 Código oficial: **2011ACDC00096** / Dotación: 5000 €  
 PERÍODO: 10/01/2011-16/12/2011  
 ORGANISMO: Generalitat de Catalunya, Departamento de Economía y Conocimiento  
 Investigador/a Principal: Oscar Ruíz Sánchez.

#### 5. TEeTI 12 Taller de Ingeniería Electrónica y Tecnología de la Información

Ayudas para la financiación de actuaciones en el ámbito de la divulgación científica (ACDC)

Código: **2012ACDC00156** / Dotación: 5000 € Año: 2012

ORGANISMO: Generalitat de Catalunya, Departamento de Economía y Conocimiento

Investigador/a Principal: Jaime López

#### 6. Mención Distintiva “International master programme (IMP)” al Master de Nanociencia y Nanotecnología.

Código: **2013IMP00039**

Dotación: 5000 € / Año: 2014

ORGANISMO: Generalitat de Catalunya en el programa de la Agencia de Gestión de Ayudas Universitarias y de Investigación (AGAUR)

DIRECCIÓN DEL PROYECTO: Dra. Francisca Peiró

De estos proyectos en la práctica sólo me he implicado activamente en el proyecto 10alamos9, con la impartición de cursos a profesorado de secundaria sobre la microscopia electrónica de transmisión y barrido como herramienta fundamental en Nanotecnología, y en la mención Distintiva “International master programme (IMP)” al Master de Nanociencia y Nanotecnología, con la redacción de la solicitud, y la definición del Plan de Internacionalización del máster.

## 7.2.2 Proyectos de captación de talento

Describo en este apartado dos proyectos recientes. Uno ha sido concedido, el otro ha quedado bien valorado, pero deberá ser mejorado en la próxima edición. Ambos tienen relación con mi participación en la Comisión de Igualdad de la Facultad de Física, en tanto la perspectiva de género es uno de las características fundamentales de ambos proyectos. Son estos:

- **En busca de las nuevas Marie Sklodowska Curie: fomentando vocaciones científicas.**  
Convocatoria de ayudas para el Fomento de la Cultura Científica, Tecnológica y de la Innovación  
Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología  
REFERENCIA: FCT-16-10949  
**Investigador Principal:** S. Estradé  
Convocatoria 2016

El proyecto estaba enfocado a elaborar material audiovisual basado en el trabajo que jóvenes investigadoras realizan para su tesis doctoral en el campo de la física, en el que expliquen el interés de su actividad, metodología y resultados, de una forma comprensible y didáctica, para que pudiera ser utilizado en clases de secundaria. La finalidad principal era fomentar vocaciones científicas en los jóvenes pero con especial atención en las chicas, favorecer que los espacios de producción de conocimientos científicos sean menos excluyentes, y, finalmente, proporcionar herramientas para repensar la física de una forma menos patriarcal. El proyecto está llamado por lo tanto a cumplir un triple objetivo:

1. Cambiar la percepción de que la Física es una profesión inherentemente masculina, y ayudar a visibilizar el papel de las mujeres en esta disciplina.
2. Ayudar a crear vocaciones para la física entre los jóvenes y, particularmente, entre las jóvenes.
3. Valorizar y dar a conocer la investigación de frontera en el área de conocimiento de la Física que se está desarrollando en las universidades y otros centros públicos del estado, en especial aquella que es elaborada por mujeres.

Vistos algunos de los datos presentados en el capítulo 6 sobre la baja implicación de las mujeres en las disciplinas de Ciencias (Science, Technology, Engineering and Mathematics, STEM), la oportunidad de este proyecto estaba bien justificada. Ha recibido buena valoración (80/100), pero no ha sido suficiente. Trabajaremos en acciones de mejora para la próxima edición.

- **Diversity in the Cultures of Physics**

**PROYECTO Erasmus+**

**Coordinador:** Freie Universität de Berlin

**Instituciones participantes:** Universitat de Barcelona (UB), Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Uppsala Universitet (UU), University of Manchester (UoM) y University of Sheffield.

**Período:** 2017-2019

**Dotación:** 411.153,00 €

Este proyecto <sup>1</sup> justo acaba de empezar, pero ya se trabaja en la organización de las actividades de la primera escuela de verano (Berlín - Barcelona) (**Figura 7.3**). El objetivo principal es facilitar la incorporación de talento femenino a los grados superiores de Física al acabar la formación especializada de máster orientando la formación en:

1. Obtener una visión de la variedad de la investigación física en Europa
2. Establecer contactos para futuras colaboraciones y/o graduación en el extranjero
3. Conocer investigadoras en física y establecer redes profesionales de mujeres científicas
4. Conocer los programas específicos para mujeres científicas a nivel nacional e internacional
5. Familiarizarse con las culturas de trabajo en física en su contexto cultural, político y cotidiano
6. Aprender sobre la política de igualdad en las universidades europeas y en las instituciones de investigación
7. Conocer la problemática de la perspectiva de género y la diversidad en física

Apenas, se ha acabado la negociación, pero no queda mucho margen para empezar a fijar las fechas de las distintas actividades a realizar en Barcelona del 17 al 29 de Julio de 2017. En el Documento 3 se ampliarán algunos aspectos de esta iniciativa.



**Figura 7.3.** Imagen de la primera Escuela de Verano del proyecto ERASMUS +.

<sup>1</sup> [http://www.physik.fu-berlin.de/en/einrichtungen/ag/ag-scheich/projekte/erasmus\\_projekt\\_2016/index.html](http://www.physik.fu-berlin.de/en/einrichtungen/ag/ag-scheich/projekte/erasmus_projekt_2016/index.html)

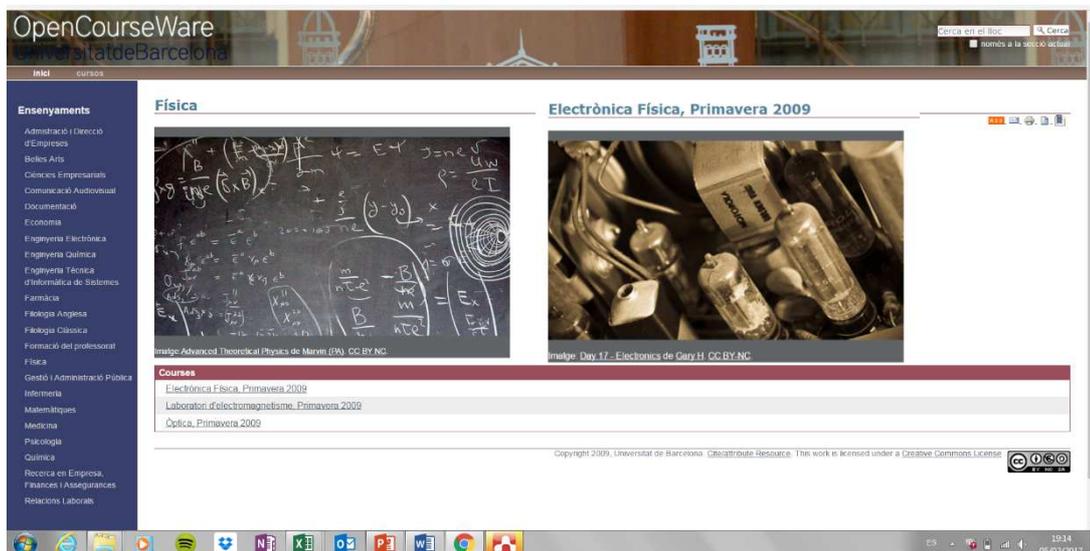
## 7.2.3 Proyectos para la generación de cursos masivos

Si por divulgar entendemos hacer llegar el conocimiento a más personas, deslocalizando el aula y ampliando el perfil del estudiante clásico, sin duda el máximo exponente son los cursos de acceso libre y on-line. Dos de los cursos en que he estado implicada, pertenecen a esta categoría.

### 1. Proyecto del PMID para iniciar **Open Courseware de la Universitat de Barcelona** **Proyecto de Innovación Docente financiado por el Programa de Mejora e Innovación Docente de la Universidad de Barcelona (PMID)**

CÓDIGO: **2009OCW-UB** / Año: 2009 / DIRECCIÓN DEL PROYECTO: *Dra. Francesca Peiró*

Un proyecto impulsado desde el PMID, para incentivar la participación de la UB en la plataforma Open Course Ware <sup>1</sup> (Figura 7.4) a través de un concurso premiado con la asistencia a la reunión OCW que se celebró en Monterrey en Abril del 2009. El material generado en el contexto de la asignatura semipresencial, se adaptó para el curso on-line y como ya se comentó en el apartado 4.7, recibí **el premio a la mejor asignatura de la UB implementada en OCW en 2009.** <sup>2</sup>



**Figura 7.4.** Página de cursos de Física desde el Portal Open Course Ware de la Universidad de Barcelona.

### 2. Técnicas microscópicas de caracterización (MOOC)

**Proyecto de Innovación Docente financiado por el Programa de Mejora e Innovación Docente de la Universidad de Barcelona (PMID)**

CÓDIGO: **2015PID-UB/M07** / Año inicio: 01/07/2013 / Final: 01/07/2015

DIRECCIÓN DEL PROYECTO: *Dra. Francesca Peiró*

Este proyecto es el reconocimiento a la tarea de organización del MOOC por parte del Programa de Mejora en Innovación docente en la Universidad. Los inicios fueron curiosos. Otra de aquellas situaciones en las que uno se plantea si vale la pena poner esfuerzo en algunas cosas. Tras dejarme convencer por S. Estradé del interés de un MOOC de estas características, asumí la preparación de una solicitud para la convocatoria de ayudas para la financiación de proyectos para el fomento de la creación o mejora de cursos abiertos masivos en línea ofrecidos por las Universidades catalanas y centros de Investigación para el curso 2013-2014 (MOOC's) contando

<sup>1</sup> Portal Open Course Ware de la Universidad de Barcelona: <http://ocw.ub.edu/>

<sup>2</sup> Sin embargo, nunca tuve mayor información sobre las entradas al curso o cualquier otra analítica de aprendizaje.

con la implicación del personal técnico de los CCyT. Sin embargo, el proyecto no fue concedido. A pesar de eso la Institución consideró estratégico el lanzamiento del curso y gracias a la financiación del BKC <sup>1</sup> se inició la edición. Genial, manos a la obra!. Sin embargo, tuve que dejar la coordinación del curso. No parecía correcto que yo interaccionara con el personal técnico sin una adecuada supervisión del responsable de formación de los CCyT. Así que, de nuevo di un paso atrás, para que Albert Cornet asumiera la coordinación, (que fue excelente) y el MOOC pudiera ver la luz. No me apeé del proyecto, pero entenderán que mi ilusión estuviera mermada. Al final, el trabajo en equipo fue más significativo que el contexto protocolario, y el curso se finalizó con éxito. El resultado se resume en lo que queda de capítulo.

## 7.3 El primer MOOC: Técnicas Microscópicas de Caracterización

Y digo primero, porque previsiblemente vendrán otros. Después del esfuerzo inicial, merece la pena traducirlo a otros idiomas, ampliarlo con aplicaciones más prácticas, etc. Siempre hay oportunidades de mejora.

### 7.3.1 Contexto del MOOC

Describimos este contexto en base a las típicas preguntas con pronombre relativos, que no por tópicos son menos útiles. En realidad, el programa FORCES que acabamos de mencionar en el apartado 7.1.3, presenta así la información en su plana web, y me ha parecido buena idea adoptar el mismo esquema.

**¿Por qué?** Las ventajas formativas de un curso abierto, sin cuotas de inscripción inicial y con un soporte virtual que facilita el acceso desde cualquier lugar del mundo, son muy tentadoras. Más allá del posible negocio que suponga el pago de la cuota de la acreditación formal de aprovechamiento del curso, como docente, explorar una herramienta cómo esta, después de haber hecho mis pinitos en WebCT, Open Course Ware y Moodle, era sumamente atractiva. Así que no costó demasiado convencerme. Si unimos la asistencia a alguna jornada, y el interés suscitado por el entusiasmo de Sònia pues ya teníamos la mecha encendida. Dicha jornada fue:

- **MOOC: ¿Una amenaza o una Oportunidad?**

Organizado por el Vicerectorado de Política Docente y el Instituto de Ciencias de la Educación. Universitat de Barcelona

LUGAR: Auditori Campus Poblenou (UPF) / FECHA: 13 de Junio 2013

**¿Dónde?** El curso está estructurado en la plataforma **Coursera** <sup>2</sup>, una plataforma de educación virtual nacida en octubre de 2011 y desarrollada por académicos de la Universidad de Stanford con el fin de brindar una oferta de educación masiva a la población (Massive Online Open Course), con cursos en inglés y otros idiomas como el español, francés, italiano y chino. Coursera ofrece cursos, tanto gratuitos como de pago, sobre temas variados a niveles universitarios, pero abiertos a todos los sectores de la población <sup>3</sup>. Se tomó la decisión de hacer el curso en castellano por dos motivos: el primero, favorecer el interés del profesorado de secundaria que pudiera utilizar el curso como herramienta en posibles trabajos de investigación de bachillerato o como formación personal; el segundo, para acceder a los países de América Latina.

<sup>1</sup> Campus de Excelencia Internacional Barcelona Knowledge Campus: <http://bkc.upc.ub.edu/>

<sup>2</sup> Toma ya "copy paste" de Wikipedia!. Mencionar la fuente es lo menos que puedo hacer.

<sup>3</sup> Link al MOOC: <https://www.coursera.org/learn/tecnicas-microscopicas-caracterizacion>

**¿Quién?** Los instructores del curso son (de derecha a izquierda en la [Figura 7.5](#). Cornet, J. Díaz, yo misma, S. Estradé, J. Mendoza y A. Villuendas. Pero no podemos olvidar a Joan Rubiralta, responsable de la grabación y edición del material audiovisual, y a Amanda Marín, responsable de la implementación del curso en la plataforma. Somos por tanto miembros del grupo MIND y personal técnico de los CCyT, con la participación de UB Divulga y bajo la eficiente coordinación de S. Estradé y A. Cornet.



**Figura 7.5.** Equipo docente del MOOC Técnicas Microscópicas de Caracterización.

**¿Cuándo?** El curso se lanzó el 27 de junio del 2016, prácticamente tres años después de haber presentado la solicitud a la convocatoria oficial de la Generalitat <sup>1</sup>. De nuevo gracias a la Universidad de Barcelona por apoyarnos económicamente a su realización. En la actualidad el MOOC Técnicas Microscópicas de Caracterización (de ahora en adelante MOOC-TMC, ([figura 7.6](#)) es uno de los 9 cursos activos en la Universidad de Barcelona.

**Figura 7.6.** Página de entrada al MOOC Técnicas Microscópicas de Caracterización en la plataforma Coursera.

**¿Cómo?** Se planificaron reuniones de coordinación periódicas, en las que se trabajaban el esquema del curso, la ordenación de los contenidos y los recursos didácticos que se emplearían.

<sup>1</sup> En realidad la solicitud no fue aprobada. El único curso de la UB que sí recibió financiación, aún no ha visto la luz. En la misma convocatoria se financiaron 3 cursos a la UPC, otros 3 a la UAB y 2 a la UPF.



<b>Introducción al curso "Técnicas Microscópicas de Caracterización"</b>	
<b>"Las gafas de lo invisible"</b>	
<b>Objetivos</b>	
<b>Referencias de los 5 módulos</b>	
<b>MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO: SEM</b>	
<b>VÍDEO: Introducción Módulo 1</b>	
	Elementos básicos del SEM
	La interacción de los electrones con la muestra
	Microanálisis de Rayos X
	Cañón de electrones
	Ventajas y desventaja generales del SEM
	Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)
<b>MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE TRANSMISIÓN: TEM</b>	
<b>VÍDEO: Introducción Módulo 2</b>	
	¿Por qué ver con electrones?
	Estructura del TEM
	Aberraciones
	Algo de física del estado sólido
	Difracción de electrones
	Imágenes en un TEM
	Microscopía Electrónica de Transmisión (TEM)
<b>MICROSCOPIA DE BARRIDO TRANSMISIÓN Y TÉCNICAS ANALITICAS</b>	
<b>VÍDEO: Introducción Módulo 3</b>	
	Dispersión y difracción de electrones
	AEM (Microscopía Electrónica Analítica)
	STEM (Scanning Transmission Electron Microscope)
	Imágenes en STEM: HAADF y en tres dimensiones
	Tomografía electrónica (ET)
	EELS (Electron Energy-Loss Spectrometry)
	Microscopía Electrónica de Transmisión de Barrido (STEM)
<b>MICROSCOPIA DE FUERZAS ATÓMICAS</b>	
<b>VÍDEO: Introducción Módulo 4</b>	
	Un poco de historia
	Operación básica del AFM
	Modos topográficos
	Nanotribología y nanomecánica
	Caracterización eléctrica y magnética de muestras
	Microscopía de Fuerzas Atómicas (AFM)
<b>MICROSCOPIA ÓPTICA AVANZADA</b>	
<b>VÍDEO: Introducción Módulo 5</b>	
	Microscopía Confocal e Interferométrica
	Principio de la técnica
	Topografía de la superficie
	Aplicaciones
	Técnicas de Microscopía Óptica Avanzada

**Figura 7.8.** Esquema de los contenidos y estructura del MOOC.

### b) Planificación temporal.

La inscripción al curso está permanentemente abierta lo cual no significa que se pueda acceder inmediatamente a los contenidos. Se indica la fecha de inicio de la próxima edición, con una duración de 5 semanas. Se asume que cada tema puede ser estudiado en una semana de trabajo, dedicando unas tres horas, y por lo tanto es obligatorio finalizar el cuestionario de evaluación de cada tema en la semana correspondiente. Una vez se inicia el curso, se puede avanzar a la medida del usuario.

## 7.3.3 Analítica de participación

### a) Número de estudiantes

Uno de los aspectos que más interés está suscitando es el de “learning analytics”. De hecho, la organización de MOOC y su seguimiento, son objeto de trabajos de investigación en Pedagogía y otras Ciencias Sociales y Humanísticas. En lo que sigue, no pretendo analizar el proceso de aprendizaje utilizando el MOOC, ni los rendimientos ni evolución de las calificaciones. Sólo echaremos un vistazo a algunos valores numéricos indicativos del alcance del MOOC.

Empezamos con un gráfico de la evolución de los alumnos inscritos desde su apertura justo antes del verano del 2016 (**Figura 7.9**). No hace, pues, ni siquiera un año de la puesta en marcha del MOOC-TMC y si el curso se inicio con 218 estudiantes en Julio de 2016, hemos superado ya los 2000 estudiantes, con un incremento promedio de unos 250 estudiantes al mes. Podríamos ser más autocomplacientes y decir que el número de visitas ha sido de más de 6000, pero prefiero exponer los resultados desde un punto de vista más realista y conservador, y evaluar realmente sobre los estudiantes que **han finalizado el curso que son 228 hasta el momento**, de los cuales sólo 33 han pagado las tasas de acreditación <sup>1</sup>. En su justa medida, tampoco son malas cifras para un curso que aún no ha cumplido el año, más aún teniendo en cuenta que el 99% de los estudiantes ha valorado el curso positivamente. Atendiendo a la distribución por sexo, el global de cursos implementados en Coursera tiene una participación del 60% de hombres y un 40% de mujeres. Si analizamos nuestro propio curso <sup>2</sup>, en global se ajusta bastante a estas cifras, con un **59% de hombres y un 41% de mujeres**.



**Figura 7.9.** Evolución del número de estudiantes inscritos en el MOOC-TMC hasta la actualidad

<sup>1</sup> Datos actualizados a 1 de Marzo de 2017

<sup>2</sup> Estos datos estan evaluados sobre la treintena de estudiantes que han finalizado el curso.

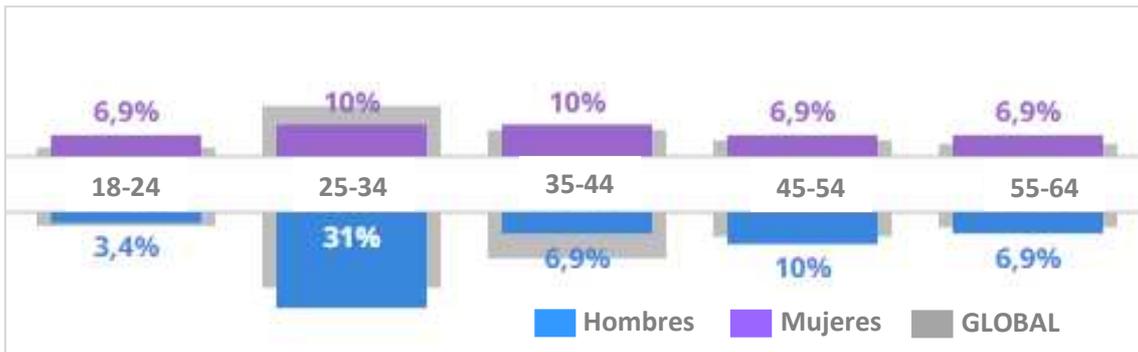


Figura 7.10. Distribución del perfil de estudiantes en el curso por sexo y edad en comparación a la globalidad de cursos en Coursera.

La distribución de estudiantes por edad y sexo, como se presenta en la **Figura 7.10**, muestra algunas diferencias. En las franjas de edades jóvenes (de 18 a 24 años), la participación femenina dobla la masculina. En la franja de edad entre 25-35 años, la situación se invierte, y solo un tercio de los estudiantes son mujeres. La situación vuelve a cambiar entre los 35 y 44 años. En cualquier caso, exceptuando esta franja de 25 a 34 años (aunque sea la mayoría de los estudiantes) podemos estar complacidos de que, a pesar de ser un curso de ciencias, la participación de estudiantes de sexo femenino supera al valor promedio global de todos los cursos en Coursera. Finalmente, no hay en el curso estudiantes menores de 18 años, ni mayores de 65. Claramente esperamos poder incidir en la franja de menor edad con la incentivación de participación en el curso a partir del programa FORCES.

**b) Perfil de ocupación de los estudiantes**

La mayoría de los participantes en el curso son **estudiantes a tiempo completo o parcial (un 56%)**, pero un 44% muy significativo ya han dejado atrás esa etapa. De estos, la mayoría tienen un empleo a **tiempo completo (38%) o son autónomos (16%)** y un **31% corresponde a personas en situación de desempleo (Figura 7.11)**. Estos valores son muy significativos a la hora de valorar la relevancia del curso en las distintas etapas, ahora que la formación a lo largo de la vida va tomando cada vez mayor sentido. Finalmente, si nos centramos en la formación previa de los participantes, la gran mayoría tiene **titulación superior (76%)** y sólo un 16 % tiene diploma de enseñanza secundaria (**Figura 7.12**).

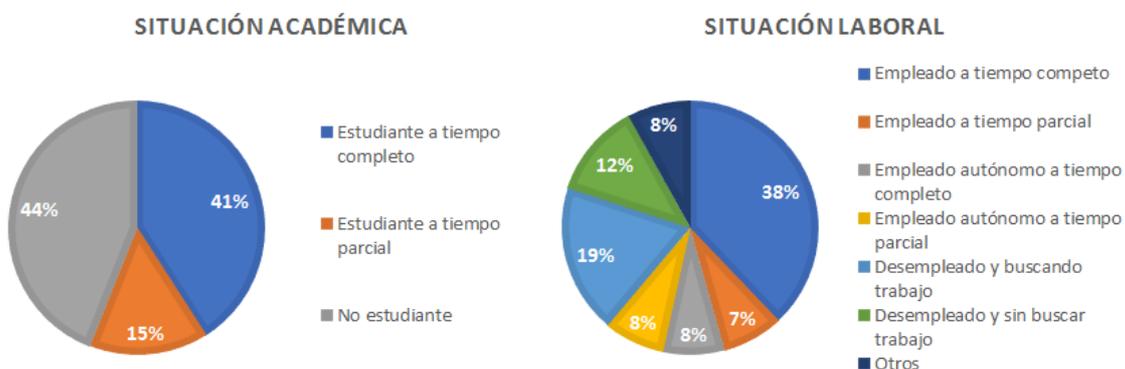


Figura 7.11. Situación académica y profesional de los participantes en el MOOC-TMC.

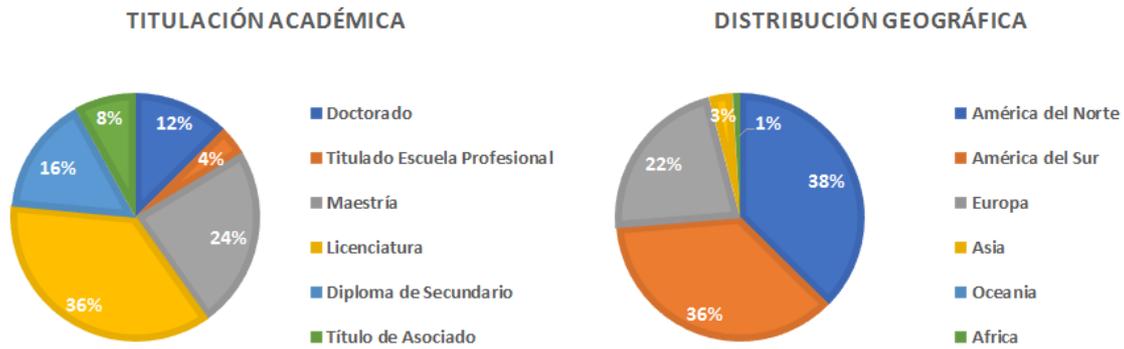


Figura 7.12. Titulación previa de los participantes en el MOOC-TMC (Izquierda) y distribución geográfica en los distintos continentes (derecha).

### c) Distribución geográfica

Aunque suponga entrar de nuevo en una espiral de gráficos, llegados a este punto es natural preguntarse si, a pesar de las cifras que son relativamente buenas por su juventud, este curso cumple con el segundo requisito para ser masivo: la deslocalización. Si miramos la distribución por países de los estudiantes participantes en el MOOC nos llevamos una agradable sorpresa. De entrada, tenemos participación de todos los continentes, si bien apenas un 3% corresponde a Asia, un 1% a África y un 0.8% a Oceanía. Teniendo en cuenta que el MOOC es en castellano, no deja de ser curioso, aunque la lógica se cumple y el continente americano es mucho más significativo al serlo la comunidad hispanoparlante. Si nos fijamos en Europa, y representamos en un mapa ese 22 %, eliminando **España (18%)** para aumentar el contraste entre los países, curiosamente también vemos más participantes de Alemania y Reino Unido que de Francia o Italia. Europa, ciertamente, no supone una contribución significativa.

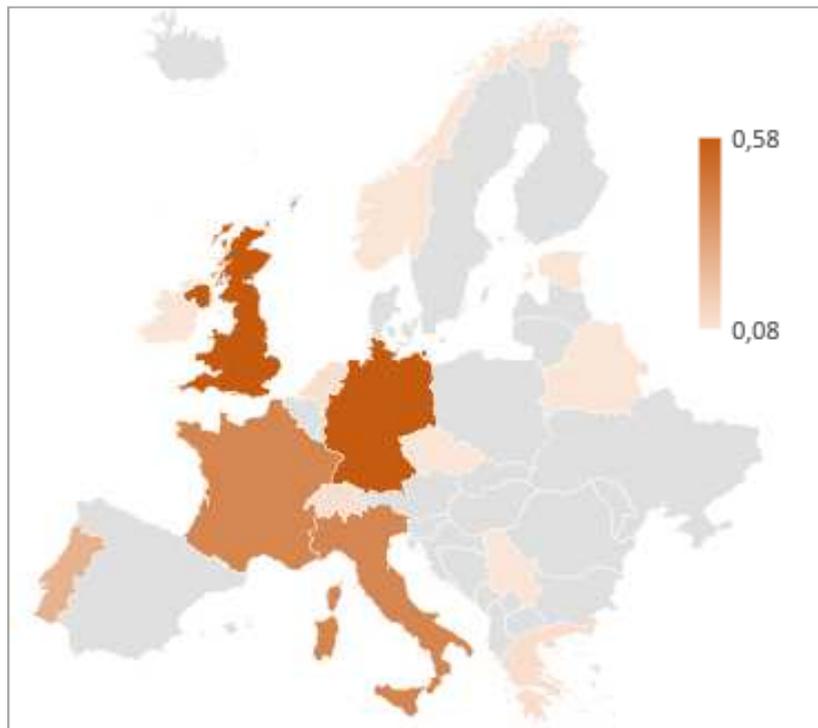
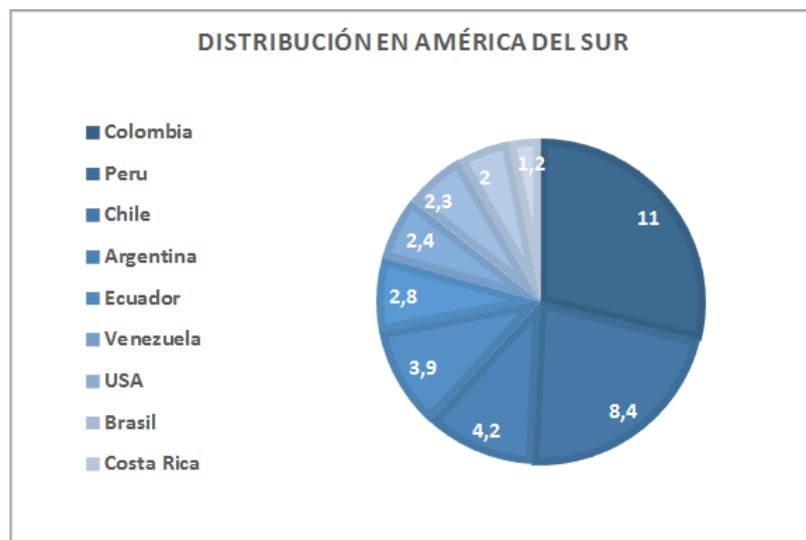


Figura 7.13. Distribución de participantes en Europa sin incluir la contribución de España (18%). La escala de color representa el % del global. Andorra está presente con algo menos del 1%.

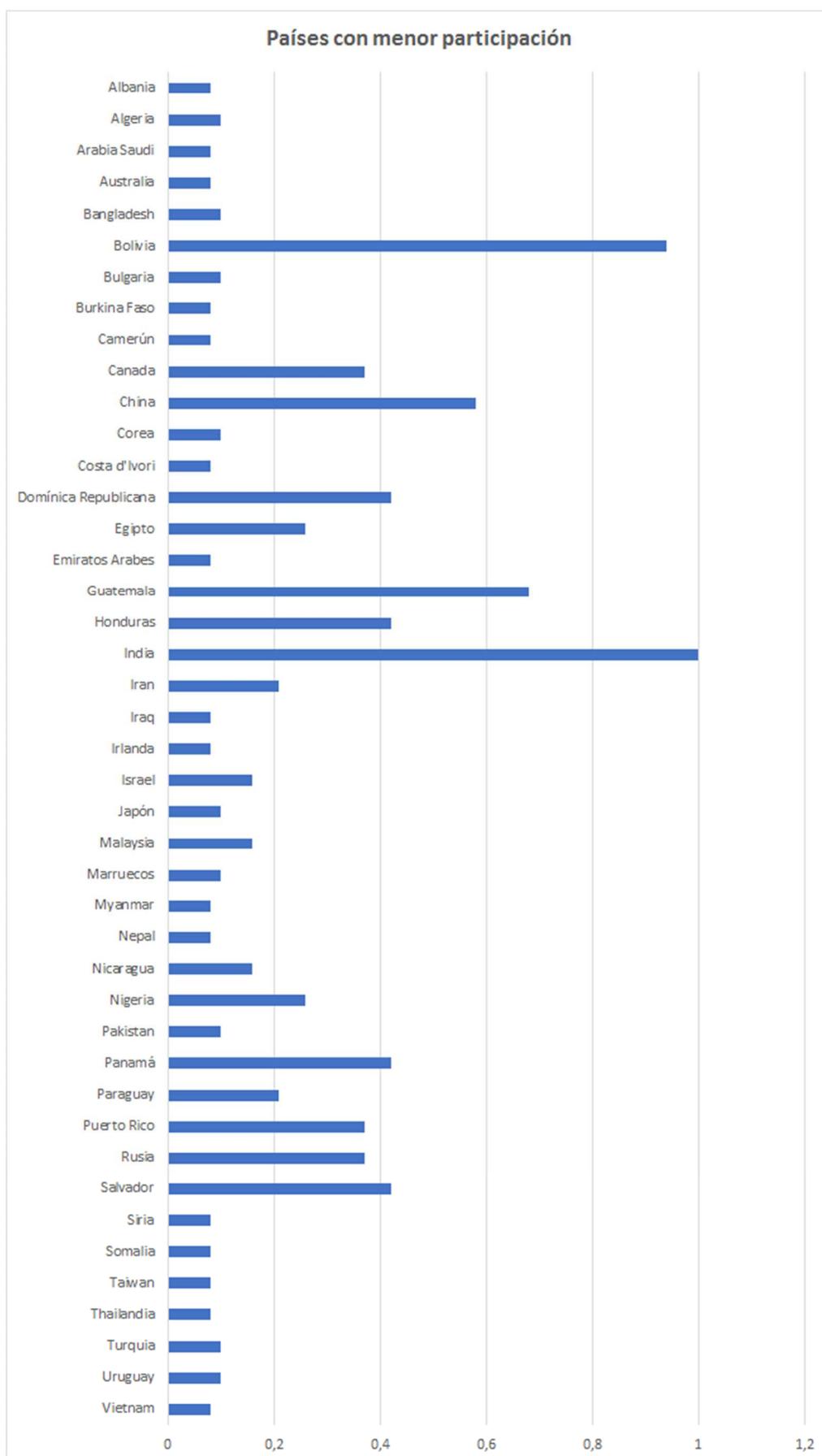


**Figura 7.14.** Distribución de participantes a nivel mundial, con una clara preponderancia de México (31%) y España (18%) seguidos de otros países de América del Sur.



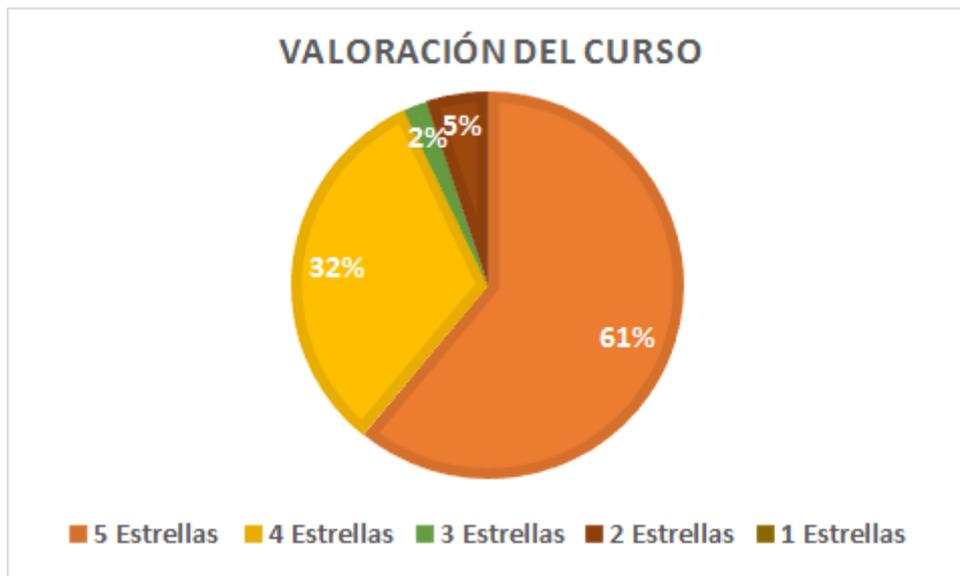
**Figura 7.15.** Distribución de inscripciones desde el continente americano para los países con porcentajes respecto al número total de participantes superiores al 1%.

La cosa adquiere nuevas perspectivas cuando se mira a nivel mundial (**figura 7.14**) y se percibe hasta donde ha llegado el alcance del curso en apenas 7 meses. El país con mayor interés es México (31%), incluso por encima de España, y los siguientes países en relevancia se muestran en la (**Figura 7.15**), donde tampoco es desdeñable el **2.4 % de USA**. Hacia el extremo inferior, **India (1%)** es el país que encabeza una larga lista que incluyo en la **figura 7.16** por dejar constancia. En definitiva, parece que **este MOOC goza de una buena salud**.



*Figura 7.16. Distribución de inscripciones desde países con porcentajes respecto al número total de participantes inferiores al 1%.*

**Francesca Peiró Martínez**



*Figura 7.17. Valoración en escala de 1 a 5 de la calidad e interés del curso.*

#### **d) Valoración del curso**

A falta de datos más significativos, nos hemos de centrar en las valoraciones que en términos de estrellas hacen los estudiantes que han participado activamente en el curso (**Figura 7.17**). Debemos aprender más de los comentarios de las valoraciones con dos (5%) y tres estrellas (2%) (afortunadamente no hay de 1 estrella) que de las buenas. Hemos tomado buena nota de comentarios como, relacionar el tema de estado sólido con el TEM, o revisar alguna de las ecuaciones. No obstante, hemos de ser sensatos y mirar con cautela estas valoraciones desde otra perspectiva. La **Figura 7.18** habla por sí misma, y nos muestra **la cruda realidad de los MOOC's, que es la disminución dramática de interés a medida que avanza el curso**<sup>1</sup>.



*Figura 7.18. Número de valoraciones que han recibido los distintos materiales del curso numerados en el mismo orden con que aparecen en la tabla de la figura 7.8.*

<sup>1</sup> Lo mismo que ocurre con las colecciones estrambóticas que se comercializan el mes de septiembre, y que pocos consumen más allá de los primeros números del curso o los primeros objetos de la colección.

### 7.3.4 Cerrando el círculo: MOOC en docencia

Uno de las posibilidades más excitantes del curso, es insertarlo en la docencia formal. La asistencia a alguna que otra jornada sobre métodos docentes alternativos (como se detalló en el capítulo 2), y a alguna otra más específica dedicada al **diseño de cursos híbridos** abrió con fuerza estas expectativas. Esa última conferencia, es bastante reciente:

- **¿Cómo estás UCATx?**

III Jornada UCATx, organizado por UCATx [33], la Universidad de Barcelona y la Universidad Pompeu Fabra  
LUGAR: Edificio Josep Carner UB / FECHA: 25 de Abril de 2016

El taller práctico e interactivo de esta jornada, invitaba a reflexionar sobre las diferentes maneras de configurar un curso híbrido utilizando un MOOC, prestando atención al peso del MOOC en el curso en cuanto a contenidos y evaluación, a la planificación temporal del uso del MOOC como herramienta en línea a lo largo del curso formal, y a la metodología docente a seguir.

Nom d'usuari	FPeiro	Número de disseny	
Número del grup de treball	7		3
Voldràs compartir el disseny?	Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		

#### Plantilla de disseny d'un curs híbrid

##### 1) Context del curs:

- Màster de Neurociència i Neuroteràpia de la UB  
assignatura = Personalització i manipulació a la neurociència (5 ECTS, obligatòria)

##### 2) Com es combina l'ensenyament en línia (MOOC) amb l'ensenyament presencial?

- Faria servir cada tema del MOOC com a material inicial del qual treballar al curs presencial; a la classe treballaria els qüestionaris complementats al MOOC i cont. recursos amb una ampliació del tema;  
- les noves preguntes o material d'ampliació podria anar incorporant-se al MOOC per investigar els canvis diposats, encells de dubte => realimentació MOOC => presencial

##### 3) Avaluació del disseny proposat

Mètric	not applies	Relevance		
		Low	Medium	High
Number of students credits (from doing the MOOC)			X	
Learning gains (from doing the MOOC)			X	
Students' achievement (from doing the MOOC)			X	
Tutoring time online		X		
Tutoring time face to face (F2F)			X	
Teaching time F2F			X	
Planning hybrid course development				X
Use of infrastructure and services from the university				X

##### 4) Indica els espais temporals del curs on s'aplica l'ensenyament presencial i on s'aplica l'ensenyament en línia.

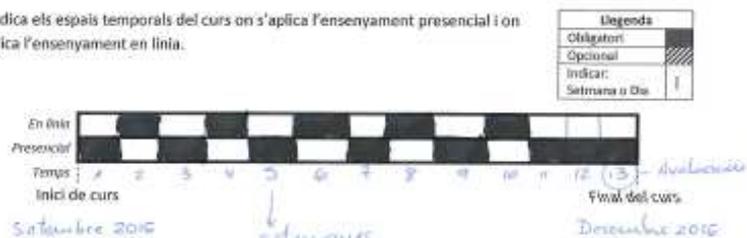


Figura 7.19. Formularios de trabajo para la configuración de un curso híbrido de docencia reglada incorporando un MOOC. (Primera página).

5) Indica el patrón o patrones de disseny propers al disseny proposat amb una creu (X):

			X
			X
			
			

6) Anotacions sobre possibles idees o canvis en el disseny inicial:

- Situació al meu disseny entre els dos patrons assenyalats.  
 - flipped classroom  
 - local Digital Probe  
 - Bàsicament configuració del curs amb metodologia flipped classroom però no només amb els canvis del MOOC, ja que per mi existia caldrà curs d'especialització i increment de la dificultat.



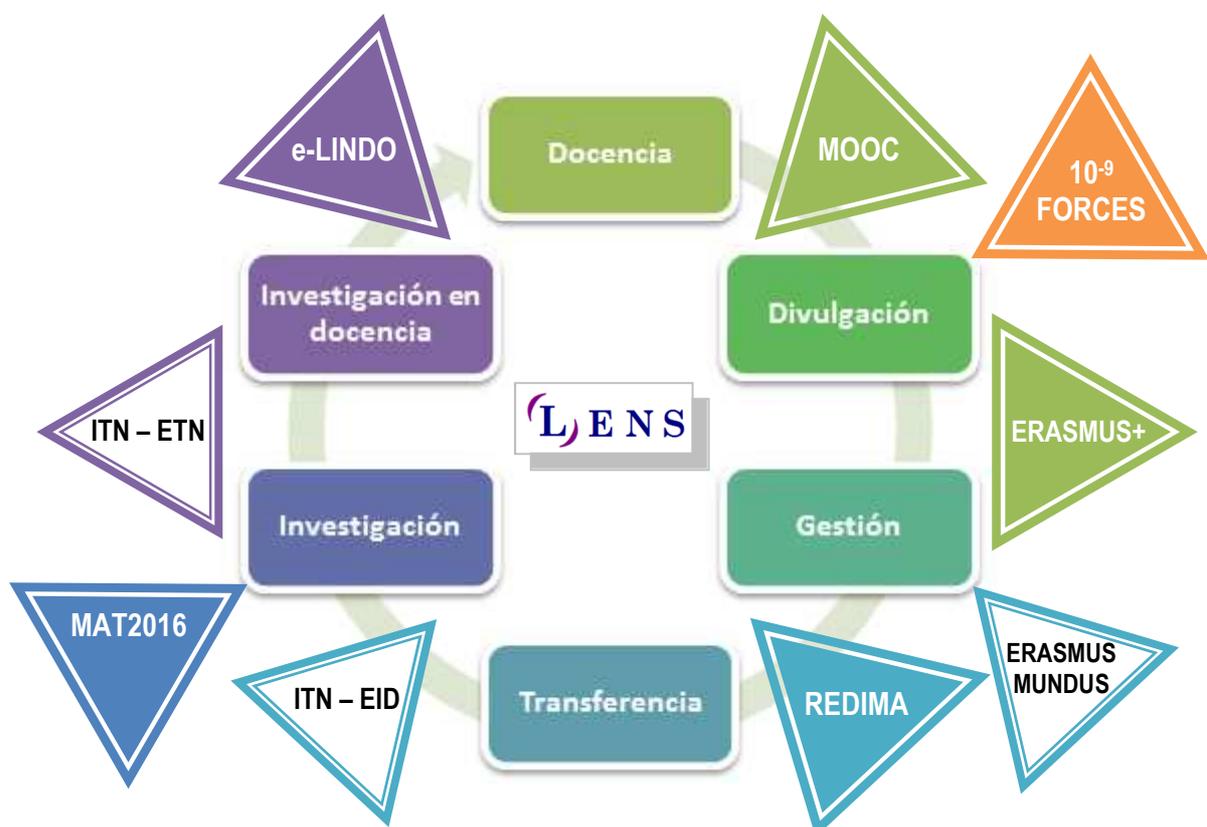
Figura 7.20. Formularios de trabajo para la configuración de un curso híbrido de docencia reglada incorporando un MOOC. (Segunda página).

Finalizo este capítulo, con las ideas que gané de aquel curso, y que ya pensaba poner en práctica en el semestre de otoño del año 2016 (Figura 7.19 y Figura 7.20). La inminente convocatoria de este concurso, me hizo retrasar los planes un año más. Se retomará este mismo tema al final del Documento 3 dedicado al proyecto investigador, como una implicación directa de la tarea de investigación en otras dimensiones como la de docencia y divulgación.



## CONSIDERACIONES FINALES. *La rueda gira*

He cerrado el capítulo anterior con la intención de incorporar el MOOC a un curso híbrido de docencia reglada. Si volvemos a la [figura 0.2](#) con que iniciábamos este historial, también así se cierra el círculo de las distintas dimensiones. El siguiente esquema muestra de una forma muy resumida los proyectos de futuro que emanan del desarrollo de las diferentes actividades.



*Figura 8.21.* Esquema de los proyectos de futuro entorno a las diferentes dimensiones.

Partiendo de nuevo de la casilla de docencia y recorriendo el círculo igualmente en sentido antihorario, iré remarcando muy brevemente hacia donde nos dirigimos, con la ayuda de unos triángulos en color sólido si se trata de proyectos concedidos y a punto de iniciarse, y sólo con el borde coloreado si se trata de proyectos solicitados pero aún no concedidos.

- Pasamos de la **docencia** a la **investigación en docencia** a través de la aplicación de metodologías docentes innovadoras (aula invertida, estudio de casos) en el contexto del grupo **e-LINDO** del que soy coordinadora. La motivación principal será ampliar el número de asignaturas que apliquen metodologías docentes centradas en el trabajo del estudiante, con una u otra modalidad, y hacerlo siempre desde una perspectiva de evaluación sería de los indicadores de mejora de la calidad docente.
- Entre la **investigación** y la **docencia de tercer ciclo**<sup>1</sup>, encontramos la participación en la solicitud **MSCA-ITN-ETN** del programa **Horizon2020**. El objetivo de esta solicitud es establecer una red de formación de nuevos doctores en el campo de los nanomateriales para aplicaciones biomédicas. Participamos con la impartición de cursos, dirección de dos tesis doctorales y organización de alguna reunión si el proyecto resulta financiado.
- Del bloque de **investigación** justo iniciamos el proyecto **MAT2016** y un proyecto más ambicioso como es el de lograr que el Instituto de Nanociencia y Nanotecnología de la Universidad de Barcelona (In2UB) alcance el reconocimiento de Unidad de Excelencia Maria de Maeztu, en cuya solicitud participo como miembro garante.
- **REDIMA**, es la red de excelencia española en Microscopía Electrónica. La solicitud ha sido recientemente aprobada.
- La colaboración con la empresa Nanomegas, que fructificó en una patente y la **transferencia de tecnología** para su explotación, se fortalece con la participación en una solicitud de doctorado industrial **MSCA-ITN-EID**.
- De las tareas de coordinación del máster, y la incentivación de la internacionalización de la docencia, emerge la solicitud de un **MASTER ERASMUS MUNDUS**, en Nanociencia y Nanotecnología.
- La participación en el proyecto **ERASMUS+**, Diversity in the Culture of Physics, deriva de las tareas de gestión en el contexto de la comisión de igualdad, y la sitúo a medio camino entre la gestión y la divulgación, por la ampliación de la actividad hacia cuestiones de género y captación de talento.
- La participación en el proyecto **FORCES** establece un nexo con la enseñanza secundaria y me parece oportuno ligarla al bloque de divulgación.
- Finalmente, la edición del curso **MOOC**, diseñado para un público no especializado, pero con cierto nivel formativo, nos permite aplicarlo en la docencia de una asignatura de máster.

<sup>1</sup> No es que ligue directamente con la innovación docente, pero me permito tomarme esta licencia para que el gráfico quede más equilibrado.



**Figura 8.22.** LENS en Lyon 2016, con algunos componentes ya en situación de post-doc y con las nuevas incorporaciones al grupo, en el congreso Europeo de Microscopía Electrónica

La maquinaria está engrasada, y gira convenientemente, con capacidad para asumir nuevos retos y con la esperanza de poder retener talento y ampliar la sólida base del LENS (**figura 8.2**), con la estabilización laboral de Sònia Estradé <sup>1</sup> o con la reincorporación de alguno de los investigadores que ahora están en estancia post-doctoral y que han participado en la reciente convocatoria Beatriu de Pinós.

No podía concluir este primer documento sin añadir algunas últimas fotografías que ALBERT CORNET me ha hecho llegar. La primera (**figura 8.3**), representa mi etapa pre-doctoral y como PAS. Corresponde a la celebración de la jubilación del Prof. Codina<sup>2</sup>, cuando aún era el Departamento de Física Aplicada y Electrónica (FAE). La mayoría de los profesores de la primera fila, me dieron clase en la licenciatura. La segunda imagen (**figura 8.4**), simboliza mi etapa como Profesor Titular en el Departamento de Electrónica, una instantánea que se repite anualmente de forma tradicional precediendo al Picatronic de Navidad. He escogido la del año 2015, porque aún teníamos ese nombre <sup>3</sup>; en la fotografía del 2016 ya aparece el Departamento de Ingenierías: sección Electrónica, pero de manera muy efímera, porque en el 2017, esperamos repetir imagen con el nombre de Ingeniería Electrónica y Biomédica.

<sup>1</sup> Hemos tenido que llegar al final de la memoria para encontrar **la última persona del grupo de las cuatro mentes más brillantes** con las que he interactuado (ver pies de páginas 79-92-206). Si bien con los otros tres investigadores he compartido momentos ciertamente profesionales, con Sònia, no sólo no han faltado estos, y de una extraordinaria calidad, sino que además he compartido experiencias personales vitales que han venido a reforzar el lazo profesional. Como suelo decir, **entre las dos hacemos una completa**, y el grupo LENS ha podido crecer y beneficiarse de esta simbiosis en el último sexenio. Mucho de lo escrito en esta memoria sería distinto si no hubiera contado con la contribución de Sònia. Escribir estas líneas en el **capítulo de consideraciones finales** (de mayor probabilidad de lectura, como en los agradecimientos de una tesis), es una forma de asegurarme de la correcta difusión del mensaje.

<sup>2</sup> ¿Recuerdan?, aquel profesor que comprendió que no asistiera a su examen por irme de luna de miel (ver página11).

<sup>3</sup> Y porque el final del 2015, acabó definitivamente ese viaje de novios.

Y con esto, llegamos al final de este historial académico y profesional. Bien podría haber añadido también el adjetivo “personal”, porque he ido jalonando estas páginas de recuerdos según venían a la memoria con mayor o menor emoción. Enfrentarme a una visión retrospectiva en esta etapa de mi vida ha sido como realizar un ejercicio clásico de terapia psicológica. Plasmar en unas hojas de papel aquello que se ha hecho, va acompañado inevitablemente de recordar escenarios y vivencias. Quizás he sentido la necesidad de volcar en esta memoria más detalles de lo aconsejable o de lo conveniente y no he sabido retenerme. **Quizás a la vez que concluía dimensiones, cerraba en realidad capítulos de mi vida personal.**



*Figura 8.3. Departamento de Física Aplicada y Óptica*



*Figura 8.4. Departamento de Electrónica.*

## ANEXO 1. Valoración de los méritos según los recientes baremos

El **Real Decreto 6705 - 415/2015**, de 29 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 1312/2007, de 5 de octubre, por el que se establece la acreditación nacional para el acceso a los cuerpos docentes universitarios fue publicado en el BOE Núm. 144 del miércoles 17 de junio de 2015 Sec. I. pag. 50319 <sup>1</sup>. Los nuevos baremos de valoración de la ANECA para los procesos de acreditación han provocado no poco rechazo por dos motivos, por su aparente recrudescimiento y por ser excesivamente cualitativos, al estar basados en una escala de literales entre A-E.

Veamos primero la tabla de valoraciones que conduciría a la acreditación como Catedrático/a de Universidad como aparece en la figura A1. Según dicha tabla, basta con tener calificación B-B en docencia e Investigación sin que sea necesario contemplar otras dimensiones como la de gestión y transferencia. En su defecto, valoraciones peores en las dos primeras dimensiones, se pueden compensar con valoraciones positivas en las otras dos.

	Investigación	Docencia	Transferencia/ Actividad profesional	Gestión
Calificación mínima .....	B	B		
Calificación mínima .....	A	C, E <sup>1</sup>		
Calificación mínima .....	B	C	B	
Calificación mínima .....	B	C		B
Calificación mínima .....	C	B	A	
Calificación mínima .....	C	B		A

*figura A1. Posibles combinaciones para obtener la Acreditación a Catedrático/a de Universidad. Los literales corresponden a A: Excepcional, B: Bueno, C: Compensable, D: Insuficiente y E: Circunstancia especial.*

<sup>1</sup> <http://boe.es/boe/dias/2015/06/17/pdfs/BOE-A-2015-6705.pdf>

Para alcanzar la valoración B, se establecen unos **criterios obligatorios** (suficientes si se cumplen), **complementarios**, (para compensar si no se cumple con los obligatorios) y los **específicos** (obligatorios en el caso de la acreditación catedráticos), para cada una de las dimensiones de investigación y docencia. No se tiene en cuenta la formación en el caso de acreditación a catedrático.

Aunque aparentemente se trate de una valoración cualitativa, en la descripción de estos criterios queda claro que existe una **unidad clara de cuantificación: el mérito**. 😊 Por ejemplo, un proyecto de 3 años dirigido como IP, vale un mérito como mérito obligatorio, y dos como mérito complementario. Dos conferencias invitadas también valen un mérito.

A continuación enumeraré los nuevos criterios de acreditación y en la medida de lo posible calcularé mi equivalente en méritos.

## Méritos de referencia para alcanzar calificación B. Investigación y docencia. Comisión de Acreditación A2 FÍSICA

### 1. INVESTIGACIÓN

#### 1.1. MÉRITOS OBLIGATORIOS EN INVESTIGACIÓN

A) Presentación por cada solicitante de las cuatro aportaciones que estime más relevantes en su carrera investigadora.

##### Por número de citas

- **Artículo 51:** Large magnetoresistance in Fe/MgO/FeCo(001) epitaxial tunnel junctions on GaAs(001)  
M. Bowen, V. Cros, F. Petroff, A. Fert, C. Martínez Boubeta, J. L. Costa-Krämer, J. V. Anguita, A. Cebollada, F. Briones, J. M. de Teresa, L. Morellón, M. R. Ibarra, F. Peiró, A. Cornet  
*Applied. Phys. Lett* **79**, 1655-1657 (2001).  
DOI: 10.1063/1.1404125 IF: 3.293, CITAS 145
- **Artículo 106:** Structural and optical properties of high quality zinc-blende/wurtzite GaAs nanowire heterostructures  
Spirkoska, D.; Arbiol, J.; Gustafsson, A.; Conesa-Boj, S.; Glas, F.; Zardo, I.; Heigoldt, M.; Gass, M.H.; Bleloch, A.L.; Estrade, S.; Kaniber, M.; Rossler, J.; Peiro, F.; Morante, J.R.; Abstreiter, G.; Samuelson, L. and Fontcuberta Morral, A.  
*Physical Review B* **80**, 245325 pp:1-9 (2009)  
DOI: 10.1103/PhysRevB.80.245325  
IF: 3.475, CITAS: 261

##### Por índice de impacto

- **Artículo 109:** 3D Visualization of the Iron Oxidation State in FeO/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Core-Shell Nanocubes from Electron Energy Loss Tomography  
Torruella, P.; Arenal, R.; de la Peña, F.; Saghi, Z.; Yedra, L.; Eljarrat, A.; López-Conesa, L.; Estrader, M.; López-Ortega, A.; Salazar-Alvarez, G.; Nogués, J.; Ducati, C.; Midgley, P.; Peiró, F.; Estradé, S.  
*Nano Letters* **16**, 5068–5073 (2016)  
DOI: 10.1021/acs.nanolett.6b01922 / IF: 14.867
- **Artículo 112:** Selectable Spontaneous Polarization Direction and Magnetic Anisotropy in BiFeO<sub>3</sub>-CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Epitaxial Nanostructures  
Dix N.; Muralidharan R.; Rebled J.M.; Estrade S.; Peiro F.; Varela M.; Fontcuberta J.; Sanchez F.  
*ACS NANO* **4**, Pages: 4955-4961 (2010)  
DOI: 10.1021/nn101546r  
IF:7.493 el año de publicación, IF: 14.486 en la actualidad

	Nº	AÑO	IF	DECIL	CITAS
1	79	2007	11,774	1	141
2	69	2005	4,582	1	133
3	80	2007	6,098	1	86
4	101	2009	3,611	1	70
5	62	2003	6,098	1	69
6	75	2007	11,774	1	68
7	95	2008	6,743	1	63
8	110	2010	12,376	1	61
9	99	2009	3,611	1	54
10	161	2013	12,001	1	44
11	98	2009	3,611	1	43
12	100	2009	3,611	1	42
13	112	2010	14,486	1	40
14	53	2001	9,363	1	36
15	134	2012	7,915	1	28
16	74	2007	4,582	1	28
17	109	2010	4,363	1	27
18	93	2008	3,293	1	26
19	102	2009	3,293	1	24
20	83	2008	4,582	1	23
21	104	2009	3,611	1	19
22	35	1998	7,326	1	18
23	97	2009	4,363	1	16
24	10	1993	3,057	1	16
25	142	2013	14,486	1	15
26	160	2013	14,486	1	15
27	121	2011	2,63	1	15
28	162	2014	7,332	1	14
29	118	2011	3,611	1	14
30	150	2013	7,915	1	13
31	137	2012	2,63	1	12
32	141	2013	8,273	1	11
33	89	2008	3,293	1	11
34	81	2007	3,293	1	11
35	175	2015	7,915	1	10
36	90	2008	4,582	1	10
37	163	2014	8,273	1	9
38	171	2014	7,915	1	9
39	138	2013	2,808	1	9
40	31	1998	2,982	1	9
41	6	1993	2,982	1	8
42	148	2013	7,915	1	6
43	115	2010	3,293	1	5
44	165	2014	7,915	1	4
45	184	2016	7,145	1	3
46	181	2015	4,105	1	3
47	172	2014	7,915	1	3
48	174	2015	2,982	1	2
49	178	2015	9,363	1	2
50	183	2015	7,332	1	2
51	132	2012	2,63	1	2
52	188	2016	7,332	1	1
53	182	2015	3,01	1	1
54	151	2013	7,915	1	1
55	187	2016	2,787	1	0

56	190	2016	14,867	1	0
57	194	2016	11,774	1	0
58	196	2016	9,363	1	0
59	197	2016	9,363	1	0
60	51	2001	3,293	2	145
61	140	2013	5,525	2	75
62	56	2002	3,293	2	52
63	23	1996	3,293	2	26
64	17	1995	3,293	2	17
65	153	2013	4,919	2	16
66	122	2011	3,293	2	16
67	67	2005	3,293	2	16
68	1	1991	3,293	2	15
69	170	2014	5,016	2	14
70	88	2008	8,375	2	10
71	155	2013	3,293	2	9
72	30	1997	3,293	2	9
73	8	1993	3,293	2	9
74	120	2011	2,97	2	7
75	70	2006	3,293	2	6
76	42	1999	3,293	2	6
77	58	2002	3,293	2	5
78	177	2015	3,611	2	3
79	152	2013	4,273	2	3
80	126	2011	4,363	2	3
81	191	2016	4,092	2	0
82	164	2014	3,293	2	0
83	106	2009	3,513	3	261
84	105	2009	3,513	3	119
85	119	2011	3,513	3	105
86	82	2007	3,513	3	68
87	135	2012	4,919	3	36
88	66	2005	3,513	3	31
89	68	2005	3,513	3	27
90	64	2004	1,994	3	25
91	46	2000	2,76	3	16
92	96	2009	3,513	3	13
93	123	2011	3,513	3	12
94	139	2013	3,513	3	8
95	63	2004	1,994	3	8
96	154	2013	4,919	3	4
97	116	2011	3,801	3	4
98	176	2015	3,801	3	3
99	133	2012	3,513	3	3
100	180	2015	4,919	3	2
101	189	2016	3,513	3	0
102	193	2016	4,273	3	0

figura A2. Listado de artículos en primer cuartil, ordenados por Decil en la categoría, número de citas y año de publicación.

## B) Contribuciones científicas publicadas.

Los solicitantes deberán presentar **al menos cincuenta artículos en revistas del JCR, con al menos treinta en el primer tercil (T1)** de la categoría (por índice de impacto), o bien treinta y ocho T1, teniendo en cuenta el factor de impacto del año de publicación (o el último disponible con una ventana de cinco años).

- He publicado **197** artículos del JCR
- **102** artículos en Q1 (más restrictivo que el T1)
- En la figura A2 se incluye el listado de todos los artículos en primer cuartil, como ejemplo del seguimiento que se ha hecho para elaborar las gráficas del capítulo 4.

## 1.2. MÉRITOS ESPECÍFICOS

Al menos **dos méritos** de entre los siguientes:

- IP de un proyecto de investigación competitivo de ámbito nacional o internacional, de calidad reconocida y con duración mínima de 3 años (Se considerará un mérito por proyecto).
  - Al menos 2 ponencias invitadas en congresos internacionales de prestigio en los últimos 10 años.
  - Haber realizado una estancia de movilidad de al menos seis meses en centros de prestigio, o estancias de movilidad de al menos cuatro semanas que acumuladas alcancen un total de seis meses en los últimos diez años. Haber realizado una estancia igual o superior a seis meses en centros o empresas de investigación en el extranjero.
  - Pertenencia a consejos editoriales de revistas indexadas en el T1 del JCR.
  - Premios a la investigación relevantes.
  - Organizador principal de un congreso científico de prestigio <sup>1</sup>.
  - Miembro del Comité Científico de al menos dos congresos científicos Internacionales de prestigio.
  - Liderazgo de redes nacionales o internacionales de investigación.
- 6 Proyectos MAT (de 3 años) y un proyecto Consolider (6 años): **7 méritos**
  - En los últimos 10 años, 10 conferencias invitadas impartidas personalmente (5) o por otros miembros del grupo (5) y otras 22 en coautoría (ver apartado 4.4.6): **mínimo 2 méritos**
  - Miembro del Comité Científico en 2 congresos (ver apartado 6.4.3): **1 mérito**

## 1.3 MÉRITOS COMPLEMENTARIOS

A partir de tres méritos relevantes, siempre que no se hayan aportado como méritos específicos:

- Participación en un proyecto de investigación competitivo de ámbito nacional o internacional de una duración mínima de dos años (un mérito por proyecto). Máximo tres méritos.
- IP en un proyecto de investigación competitivo de ámbito nacional o internacional de una duración mínima de tres años (dos méritos por proyecto).
- Participación en dos proyectos de investigación competitivos de ámbito autonómico de una duración mínima de tres años (un mérito). Máximo tres méritos.
- IP en un proyecto de investigación competitivo de ámbito autonómico de una duración mínima de dos años (un mérito).
- Publicación de artículos en revistas JCR en el primer decil (D1): tres artículos supondrán un mérito, aunque hayan sido contabilizadas como T1.

<sup>1</sup> Las últimas dos espinitas clavadas, no haber podido participar en el comité organizador del JEELS 2016 ni del CDE 2017.

- Estancias de movilidad de al menos seis meses en centros de prestigio, o estancias de movilidad de al menos cuatro semanas que acumuladas alcancen un total de seis meses en los últimos diez años. Deberán especificarse resultados con indicios de calidad, en forma de publicaciones u otros, que confirmen que tales estancias han sido provechosas para la investigación. Máximo dos méritos.
- Comunicaciones orales o conferencias en congresos de relevancia impartidas por los solicitantes en los últimos seis años. Computará un mérito cada una de las siguientes posibilidades (con un máximo de dos méritos):
  - a) tres comunicaciones orales en congresos internacionales.
  - b) una conferencia invitada en congresos internacionales.
  - c) seis comunicaciones orales en congresos nacionales.
  - d) dos conferencias invitadas en congresos nacionales.
- Miembro activo de comité organizador, desempeño de la presidencia o desempeño de la secretaria de congresos nacionales o internacionales de prestigio. Hasta un máximo de dos méritos, computará uno la actividad en comité organizador y dos la presidencia o secretaria.
- Miembro de comité científico de congresos internacionales de relevancia en el área. Máximo dos méritos.
- Libros o capítulos de libro, publicados por editoriales especializadas y de claro prestigio en el área de conocimiento, que cuenten con procesos de evaluación externa rigurosa selección de originales. Se excluyen proceedings. Máximo dos méritos.
- Pertenencia a consejos editoriales de revistas indexadas en JCR.
- Premios de investigación nacionales o internacionales de prestigio.
- Tener reconocidos al menos tres tramos de investigación evaluados por la CNEAI de acuerdo con el RD 1086/89, estando el último en vigor ("sexenio vivo").
- Otros méritos de investigación adicionales a los enumerados, que, debidamente justificados, la Comisión pueda considerar equivalentes.

He incluido estos méritos complementarios, como ejemplo de lo laborioso que será ahora valorar un CV atendiendo al nivel de especificidad de las actuaciones, y a la equivalencia en méritos de cada una.

## 2. DOCENCIA

### 2.1 MÉRITOS OBLIGATORIOS EN DOCENCIA

Los méritos presentados en este apartado por los solicitantes deberán mostrar claramente, además de su capacidad de liderazgo académico, una actividad docente que refleje una trayectoria activa en los últimos años, con efectiva vinculación a docencia universitaria en grado y postgrado, y con indicios de calidad.

#### EXPERIENCIA DOCENTE:

Al menos once años de experiencia docente universitaria, con grado de doctor, a tiempo completo (o su equivalencia a tiempo parcial), en materias regladas y con evaluaciones positivas de la calidad de la docencia impartida y un total de aproximadamente 1.300 horas impartidas de las cuales al menos el 50% deberán ser teóricas (teoría y problemas).

- **21 años** de dedicación docente
- **4 Quinquenios** evaluados positivamente y por la AQU

## 2.2. MÉRITOS ESPECIFICOS

Dos méritos de entre los siguientes:

- Direccion (o codireccion con solo dos directores) de una tesis doctoral (un merito por tesis).
- Imparticion de mas de 60 horas de posgrado.
- Coordinador docente de grado o posgrado durante al menos 2 años.
- Cursos y seminarios impartidos por invitacion en centros de relevancia, nacionales e internacionales, distintos al de afiliacion del solicitante, y que formen parte de su programacion docente regular (master, doctorado, etc.), con duracion de no menos de diez horas.
- Publicaciones docentes aparecidas en editoriales especializadas y de claro prestigio en el area de conocimiento, que cuenten con procesos de evaluacion externa y rigurosa seleccion de originales. Se valoraran los aparecidos en colecciones de editoriales universitarias que cuenten con el sello de Calidad en Edicion Academica (CEA), siempre que la publicacion sea posterior a la concesion del mismo y este vigente.
- Otros meritos docentes que, debidamente justificados, la Comision pueda considerar equivalentes (hasta un merito).

- 10 tesis doctorales: **5 méritos**
- Coordinador de máster: **7 años**
- .....

## 2.3 MÉRITOS COMPLEMENTARIOS

A partir de **cuatro meritos relevantes**, siempre que no se hayan aportado como meritos especificos, de entre los siguientes:

- Direccion de tesis doctorales: una tesis dirigida o codirigida con uno o dos directores computara dos meritos. Con mas de dos codirectores computara un merito.
- Premio extraordinario de doctorado en una tesis dirigida, un merito adicional.
- Mencion europea, internacional o industrial de una tesis dirigida, un merito adicional.
- Direccion o codireccion (maximo dos directores) de trabajos de fin de master, tesinas de licenciatura y DEAs: Al menos cuatro trabajos dirigidos.
- Direccion de trabajos de fin de grado o de carrera: Al menos ocho trabajos dirigidos con direccion unica. En los casos de codireccion cada trabajo computara 0,5.
- Docencia de postgrado equivalente al menos el 10% del total (Se computara como maximo un merito).
- Docencia como profesor responsable de al menos tres materias diferentes en una o varias titulaciones. (Se computara como maximo un merito).
- Coordinacion de asignaturas, principalmente compartidas con un equipo docente, durante al menos tres anos (Se computara como maximo un merito).
- Evaluaciones destacadas de la calidad de la docencia impartida durante al menos tres cursos diferentes, avaladas por un sistema de evaluacion homologado (DOCENTIA u otros). Maximo un merito.

Finalmente, a juzgar por el cómputo de méritos obligatorios y específicos, también podría estar en una valoración como mínimo B-B en investigación y docencia, lo mínimo requerido para alcanzar la acreditación como catedrático, sin tener que entrar en más detalles a descibir los méritos complementarios. Este último ejercicio de comparativa entre los dos baremos de acreditación, quizás fuera innecesario, pero me ha parecido procedente para tener una visión más actual del sistema de acreditación, y tener un criterio propio frente a las distintas corrientes de opinión al respecto. Algo que me ha sorprendido, es no encontrar los criterios para las valoraciones A, ni a qué acreditación corresponden, o también que evidencias como ser IP de un proyecto o haber dirigido una tesis cuenten como 1 mérito para los específicos y cuenten como 2 para los complementarios. Quizás sea en las instrucciones de los evaluadores donde estos aspectos queden clarificados.

## ANEXO 2. Descripción de la documentación acreditativa

---

La **documentación acreditativa** exigida como justificante de la información contenida en el presente historial se presenta en **volúmenes encuadernados anexos**. Para una mejor localización de las evidencias que se requieran, éstas se ha ordenado de acuerdo a las tablas orientativas de valoración que se usaron en el momento de presentar la solicitud de Acreditación al cuerpo de Catedráticos/as de Universidad según se detallaron en la **figura 0.1** del capítulo de introducción. A continuación se listan los diferentes bloques, apartados y subapartados y se describe la información que contienen los diferentes volúmenes encuadernados.

### 1. ACTIVIDAD INVESTIGADORA

#### 1.A. Calidad y difusión de los resultados de la actividad investigadora

##### APARTADO 1.A.1. PUBLICACIONES CIENTÍFICAS INDEXADAS (Artículos en revista)

- **Listado completo de las publicaciones en revistas**
- Artículos en revista del período 1991- 1995 (Tomo I)
- Artículos en revista del período Abril 1995 - Julio 1999 (Tomo III)
- Artículos en revista del período Agosto 1999 – Julio 2004 (Tomo V)
- Artículos en revista del período Julio 2004 – Diciembre 2008 (Tomo VI)
- Artículos en revista del período Enero 2009 – Diciembre 2011 (Tomo VIII)
- Publicaciones del período Enero 2012 – Diciembre 2013 (Tomo IX)
- Publicaciones del período Enero 2014 – Diciembre 2016 (Tomo X)

#### APARTADO 1.A.2. OTRAS PUBLICACIONES CIENTÍFICAS (Actas de congresos)

- **Listado completo de las publicaciones breves (abstracts) y actas de congresos**
- Publicaciones Breves del período 1991- 1995 (Tomo II)
- Publicaciones Breves del período Abril 1995 - Julio 1999 (Tomos IV)
- Actas de Congresos del período Julio 2004 – Diciembre 2008 (Tomo VII)

#### APARTADO 1.A.3: LIBROS Y CAPÍTULOS DE LIBRO

- **Listado completo de artículos publicados en libro**
- Artículos publicados en libro del período 1991- 1995 (Tomo II)
- Artículos publicados en libro del período Abril 1995 - Julio 1999 (Tomos IV)
- Artículos publicados en libro del período Agosto 1999 – Julio 2004 (Tomo V)
- Artículos en libro del período Julio 2004 – Diciembre 2008 (Tomo VII)
- Artículos publicados en libro Enero 2009 – Diciembre 2011 (Tomo VIII)
- Artículos y capítulos publicados en libro del período Enero 2012 – Diciembre 2016 (Tomo X)

#### APARTADO 1.A.4. CREACIONES ARTÍSTICAS –PROFESIONALES: INFORMES TÉCNICOS

- Portada y correspondencia de entrega de los informes técnicos a **SAGEM S.A.** (Informes sometidos a compromiso de confidencialidad)
- Correspondencia de encargo con **TERMCAT** y extracto del Vocabulario
- (Ver documentación relativa de otros informes Técnicos a DELPHI S.A. en el apartado 1.B.2.)

#### APARTADO 1.A.5. COMUNICACIONES A CONGRESOS

##### PARTE A: CONGRESOS INTERNACIONALES

- **Listado completo de Comunicaciones presentadas a Congresos Internacionales**
- Comunicaciones del período 1991- 1995 (Tomo I)
- Comunicaciones del período Abril 1995 - Julio 1999 (Tomo II)
- Comunicaciones del período Agosto 1999 – Julio 2004 (Tomo III)
- Comunicaciones del período Julio 2004 – Diciembre 2008 (Tomo IV)
- Comunicaciones del período Enero 2009 – Diciembre 2011 (Tomo V-a y V-b)
- Comunicaciones del período Enero 2012 – Diciembre 2013 (Tomo VI)
- Comunicaciones del período Enero 2014 – Diciembre 2016 (Tomo VII)

##### PARTE B: CONGRESOS NACIONALES

- **Listado completo de Comunicaciones presentadas a Congresos Nacionales**
- Comunicaciones del período 1991- 1995 (Tomo I)
- Comunicaciones del período Abril 1995 - Julio 1999 (Tomo II)
- Comunicaciones del período Agosto 1999 – Julio 2004 (Tomo III)
- Comunicaciones del período Julio 2004 – Diciembre 2008 (Tomo IV)
- Comunicaciones del período Enero 2009 – Diciembre 2011 (Tomo V-b)
- Comunicaciones del período Enero 2012 – Diciembre 2013 (Tomo VI)
- Comunicaciones del período Enero 2014 – Diciembre 2016 (Tomo VII)

##### PARTE C: ASISTENCIA A CONGRESOS SIN COMUNICACIÓN

- Congresos del período Enero 2009 – Diciembre 2011 (Tomo V-b)
- Congresos del período Enero 2012 – Diciembre 2013 (Tomo VI)

#### APARTADO 1.A.6. CONFERENCIAS Y SEMINARIOS

- **Listado completo de Comunicaciones Invitadas**
- Documentación de los Programas de los seminarios/ Congresos en que se impartieron las conferencias invitadas realizadas personalmente o en co-autoría.
- Cartas de invitación para la impartición de conferencias de las Entidades organizadoras

#### APARTADO 1.A.7. Otros méritos

- **Listado completo de Premios y Menciones**
- Documentación relativa a los premios y menciones recibidos.

### 1.B. Calidad y número de proyectos y contratos de investigación

#### APARTADO 1.B.1. PROYECTOS Y CONTRATOS DE INVESTIGACIÓN

- **Listado completo de Proyectos y Contratos con Empresa**
- Documentación acreditativa de los Proyectos de Investigación de los cuales he sido **Investigador Principal y Coordinador**
- Certificados de los Investigadores Principales de los proyectos Nacionales e Internacionales, en los que he participado como **Investigador Colaborador**.
  - Certificado expedido por la **Fundación Bosch Gimpera (FBG)**, de los **contratos de Investigación con Empresas**, de los que he sido Investigador Principal.
- Listado de contratos de Investigación con la empresa DELPHI
- Documentación de ayudas complementarias

#### APARTADO 1.B.2. OTROS MÉRITOS DE LA CALIDAD Y EL NÚMERO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

- Certificado de la relación de informes Técnicos asociados a Contratos de Investigación con la Empresa **DELPHI PACKARD S.A.**
- Portadas y Albaranes de entrega de los informes técnicos realizados para **DELPHI PACKARD S.A.** (Informes sometidos a compromiso de confidencialidad)
- Ver documentación de otros informes técnicos a SAGEM y a TERMCAT en apartado 1.A.4

### 1.C. Calidad de la transferencia de los resultados

#### APARTADO 1.C.1. PATENTES Y PRODUCTOS CON REGISTRO DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL

- Documentación de la Patente Method and system for improving characteristic peak signals in analytical electron microscopy
  - Concesión EPO
  - Concesión USPTO
- Contrato de Pago de regalías (Royaltis con la empresa Nanomegas)
- Documentación del software Oxide Wizard bajo la **Licencia Creative Commons**

### APARTADO 1.C.2. TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS AL SECTOR PRODUCTIVO

- Documentación de la licenciación de la patente
- Documentación del proyecto AVCRI
- Listado de trabajos de tesis de master ofrecidos por las empresas con intereses de Investigación en Nanotecnología, en el marco del Master (ejemplo del año 2008)

### APARTADO 1.C.3. OTROS MÉRITOS DE LA CALIDAD DE TRANSFERENCIA DE LOS RESULTADOS

- Certificado de impartición de cursos a personal técnico cualificado del Instituto de Nanociencia de Aragón y Programas del Curso.
- Certificado de aceptación de compromiso de los contratos con la Fundación Bosch y Gimpera y el Instituto de Nanociencia de Aragón.

## 1.D. Movilidad del profesorado

### APARTADO 1.D.1. ESTANCIAS EN CENTROS DE INVESTIGACIÓN

- Certificado de realización de estancias predoctorales en centros de investigación internacionales.
- Carta de concesión de tiempo de investigación en la Spline B25 del ESRF-Grenoble y resumen del proyecto.
- Documentación de la ayuda de movilidad de The Royal Society en el marco de colaboración bilateral España-Reino Unido.
- Resolución de concesión de la ayuda de movilidad en el marco de Acciones Integradas Hispano Francesas.
- Carta de invitación y certificado de estancia del NanoBioMedical (NBM) Centre, Adam Mickiewicz, Poznan
- Segunda memoria anual de las solicitudes en el marco de la convocatoria de ayudas Transnational Access del proyecto **ESTEEM2** (Enabling Science and Technology through European Electron Microscopy), IP3 project of the **7th FP of the European Commission**.

### APARTADO 1.D.2. OTROS MÉRITOS DE LA MOVILIDAD DEL PROFESORADO

- **Listado de las colaboraciones internacionales**
- BOE de concesión de **ayudas de Movilidad para Profesores Visitantes de Masters Oficiales**.
- Segunda memoria anual de las solicitudes en el marco de la convocatoria de ayudas Transnational Access del proyecto **ESTEEM** (Enabling Science and Technology through European Electron Microscopy), IP3 project of the **6th FP of the European Commission**.
- Documentos relativos a la visita a Center for Electron Nanoscopy (CEN) de la Technical University of Denmark (DTU)

## 1.E. Otros Méritos

### 1E. OTROS MÉRITOS RELACIONADOS CON LA ACTIVIDAD INVESTIGADORA

- Cursos de especialización recibidos
- Moderadora sesiones en Congresos
- Organización de Conferencias, seminarios y cursos
- Participación en comités científicos Nacionales e Internacionales
- Comités de Congresos y Sociedades

## 2. ACTIVIDAD DOCENTE O PROFESIONAL

### 2.A. Dedicación docente

#### APARTADO 2.A.1. DOCENCIA UNIVERSITARIA IMPARTIDA

- Hoja de servicios expedida por la Universidad de Barcelona, incluyendo la docencia realizada en la Universidad Autónoma de Barcelona
- Copia del contrato de Profesor asociado en la Universidad Autónoma, y certificación de la docencia en el curso académico 1994-1995.
- Certificado de compatibilidad con el puesto de Técnico especialista.
- Certificado del Director del Departamento de Electrónica con la docencia de 1º, 2º ciclo y Postgrado – Doctorado, impartida en los 13 cursos académicos desde la incorporación como Profesora Titular hasta el año 2008.
- Certificados de asignación docente con la docencia impartida desde curso 2008-2009 hasta el curso 2016-2017.

#### APARTADO 2.A.2. DIRECCION DE TESIS DOCTORALES

- Certificado de dirección de tesis expedido por el Secretario de la Facultad de Física
- Listado de tesis actualmente en dirección
- Listado y documentación de Tutorías de tesis
- Carátulas de las 10 tesis defendidas
- Certificado de Participación en Comisiones de Seguimiento del Programa de Doctorado en Nanociencias.

#### APARTADO 2.A.3. DIRECCION DE TESINAS Y TRABAJOS DE MASTER, FIN de GRADO y PRÁCTICAS CURRICULARES

- Certificado de dirección de tesinas expedido por el Director de Departamento de Electrónica y el de Trabajos de Fin de Grado expedido por el Secretario de la Facultad de Física
- Certificado de Dirección de Tesis de Master expedido por el Coordinador del Programa Oficial de Postgrado de Nanociencias (los últimos de Sergi)
- Certificado de Dirección de Prácticas curriculares

#### APARTADO 2.A.4. OTROS MERITOS RELACIONADOS CON LA ACTIVIDAD DOCENTE: CURSOS Y TRIBUNALES

- Certificados emitidos por las entidades organizadoras de los diferentes cursos no reglados impartidos: investigación, innovación y calidad de la docencia, cursos de divulgación.
- Nombramientos como miembro de tribunales de tesis doctoral.
- Nombramientos Tribunal del DEA en el Programa de Doctorado: Técnicas Instrumentales de la Física y la Ciencia de los Materiales

## **2.B. Calidad de la actividad docente**

### **APARTADO 2.B.1. EVALUACIONES POSITIVAS DE LA ACTIVIDAD DOCENTE**

- Certificado de evaluaciones positivas de los períodos docentes, emitidos por los responsables del área Académica de la Universidad de Barcelona.
- Valoración general de la implementación de la metodología semipresencial, trabajo cooperativo y evaluación continuada en la asignatura de Electrónica Física.
- Opinión global de los alumnos de la asignatura Electrónica Física entre el período 2003-2008.
- Encuesta institucional al alumnado, correspondiente a los cursos 2003-2004 (inicio de la modalidad docente semipresencial)

### **APARTADO 2.B.2. MATERIAL DOCENTE ORIGINAL Y PUBLICACIONES DOCENTES**

- Copia de los artículos relacionados con la docencia.
- Copia de las páginas web donde están incorporados las publicaciones docentes de los apuntes, problemas resueltos, enunciados de problemas y cuestionarios de autoevaluación.

### **APARTADO 2.B.3. PROYECTOS DE INNOVACIÓN DOCENTE**

- Certificado expedido por la Universidad de Barcelona, con la relación de participación y dirección de proyectos de Innovación docente de convocatorias propias de la UB.
- Documentación acreditativa de participación y dirección de proyectos de Innovación docente de las convocatorias competitivas del Instituto de Ciencias de la Educación y de la Generalitat de Catalunya.

### **APARTADO 2.B.4: OTROS MÉRITOS DE LA CALIDAD DE LA ACTIVIDAD DOCENTE**

- Premios relacionados con la docencia
- Certificado de reconocimiento de la dirección del grupo de innovación docente consolidado e-LINDO en los diferentes períodos.

## **2.B. Calidad de la formación docente**

### **APARTADO 2.C.1. PONENCIAS EN CONGRESOS DE DOCENCIA**

- Certificados de la asistencia y presentación a los congresos de docencia relacionados

### **APARTADO 2.C.2. ASISTENCIA A CONGRESOS y JORNADAS DE DOCENCIA**

- Certificados de la asistencia a los congresos de docencia relacionados

### **APARTADO 2.C.3. ESTANCIAS EN CENTROS DOCENTES**

- Cartas de invitación de los centros docentes de acogida

#### APARTADO 2.C.4. OTROS MÉRITOS RELACIONADOS CON LA CALIDAD DE LA FORMACIÓN DOCENTE

- Certificados de los **cursos recibidos** en relación a la **mejora de la calidad docente**
- Cursos de preparación personal y capacitación para la gestión y dirección
- Certificados de los **cursos impartidos sobre el uso de TIC en la enseñanza Universitaria**

### 2.D. Calidad y dedicación a actividades profesionales

#### APARTADO 2.D.1. ACTIVIDADES PROFESIONALES: PUESTOS OCUPADOS

- Contrato laboral como Técnico Especialista Grado Medio
- Resolución de ascenso por concurso a Técnico Especialista Grado Superior
- Primer pedido de servicios cualificados de DELPHI Mechatronics System
- Último pedido de servicios cualificados de DELPHI Mechatronics System
- Pedido de servicio de asesoría de TERMCAT

#### APARTADO 2.D.2. EVALUACIONES POSITIVAS

- Certificados de los Cursos de Formación recibidos como PAS

#### APARTADO 2E: OTROS MÉRITOS RELACIONADOS CON LA ACTIVIDAD PROFESIONAL

- Resolución positiva de la ACREDITACIÓN DE INVESTIGACIÓN AVANZADA, de la Agencia para la Calidad del Sistema Universitario de Cataluña (AQU), equivalente autonómico de la agencia ANECA.
- Certificaciones de los CUATRO TRAMOS DE INVESTIGACIÓN aprobados por la CNEAI

## 3. EXPERIENCIA EN GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN EDUCATIVA, CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA.

### 3.A. Cargos ocupados

#### APARTADO 3A. DESEMPEÑO DE CARGOS

- Certificado emitido por el secretario de la Facultad de Física con el listado de cargos de gestión ocupados.
- Certificado de cargo de secretaria de los Centros Científicos y Tecnológicos de la Universidad de Barcelona.
- Certificaciones del rectorado de Política Académica, sobre la participación en la redacción de los planes de estudio de los Programas Oficiales de Postgrado con Mención de Calidad
- Nombramiento del Rectorado

### 3.B. Cargos ocupados dentro de la Administración General del Estado

(No he ocupado cargos de esta catalogación).

### 3.C. Otros méritos

#### APARTADO 3C. OTROS MÉRITOS RELACIONADOS CON LA EXPERIENCIA DE GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN

##### COMITES Y TRIBUNALES DE SELECCIÓN Y CONTRATACIÓN

- Nombramientos de TRIBUNALES DE CONTRATACIÓN DE PROFESORADO, INVESTIGADORES Y TÉCNICOS ESPECIALISTAS.

##### ACTUACIONES COMO EVALUADOR: nacional, internacional y de la Generalitat de Cataluña

- Nombramientos de miembro de comisión de evaluación **de proyectos de investigación e infraestructuras** en convocatorias competitivas del Ministerio.
- Evaluador **Internacional**. Incluye justificación de participación en selección becas de movilidad internacional post-doctoral del Programa de "Training and mobility of young researchers" y dirección de los investigadores post-doctorales mencionados en el apartado 2.5.3. de la memoria).
- Nombramientos de evaluador de la Generalitat de Catalunya de las convocatorias de becas de **movilidad** de estudiantes y profesores visitantes y de **Proyectos** de Cooperación en el marco de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos
- Nombramientos como evaluador de la Generalitat de Catalunya de proyectos de **Innovación docente**
- Actividades de **evaluación en comités locales**.

##### GESTIÓN DE MOVILIDAD

- Gestión de movilidad de profesorado y estudiantes en el master

##### COMITÉS CIENTÍFICOS Y PERTENENCIA A SOCIEDADES

- Documentación de pertenencia a las sociedades Europea (EMS) y española (SME) de Microscopía Electrónica, y Junta Directiva de esta última.
- Documento de pertenencia a Education and Training sub-group of the Nanotechnology Masters Courses Recognition Scheme
- Participación en el Consejo Supervisor del Centro de Terminología TermCAT
- Certificado de Pertenencia al Consejo de Empresas del Centro de Ingeniería de Microsistemas para Instrumentación y Control (CEMIC) y acta de la Primera Reunión, junto a la certificación de calidad de CEMIC.

## ANEXO 3. Datos del 2017

---

Los datos contenidos en este historial se limitan al año 2016 como año final para el cómputo de los indicadores que se presentan principalmente en el capítulo IV. He creído conveniente ampliar en este anexo con algunos datos relativos a la productividad en lo que llevamos de año, ya que no es poco y refleja el rendimiento de la intensa actividad del LENS.

### PUBLICACIONES

198. Dense nanostructured calcium phosphate coating on titanium by cold spray  
A.M. Vilardell, N. Cinca, I.G. Can, A. Concustell, S. Dosta, J.M. Guilemany, S. Estradé, A. Ruiz-Caridad, F. Peiró  
*J. of the European Ceramic Society*, Volume 37, Issue 4, Pages 1747–1755 (2017)  
DOI: <http://dx.doi.org/sire.ub.edu/10.1016/j.jeurceramsoc.2016.11.040> / IF: 2.933
199. Evidence of a minority monoclinic  $\text{LaNiO}_{2.5}$  phase in lanthanum nickelate thin films  
L. López-Conesa, J. M. Rebled, D. Pesquera, N. Dix, F. Sánchez, G. Herranz, J. Fontcuberta, C. Magén, M. J. Casanove, S. Estradé and F. Peiró  
*Phys. Chem. Chem. Phys.*, 19, 9137-9142 (2017).  
DOI:10.1039/C7CP00902J / IF: 4.449
200. Effect of Sb-surfactant on  $\text{GaInP/CuPt}_8$  type ordering: assessment through dark field TEM and aberration corrected – HAADF  
C. Coll, E. Barrigón, Ll. López, L. Barrutia, I. Rey-Stolle, S. Estradé, C. Algora, F. Peiró  
*Physical Chemistry Chemical Physics (en prensa 2017)*<sup>1</sup>  
DOI: 10.1039/C7CP01125C / IF: 4.449
201. Simulation of STEM-HAADF Image Contrast of Ruddlesden Popper Faulted  $\text{LaNiO}_3$  Thin Films  
C. Coll, L. López-Conesa, J. M. Rebled, C. Magén, F. Sánchez, J. Fontcuberta, S. Estradé, F. Peiró  
*Journal of Physical Chemistry C (en prensa 2017)*  
DOI: 10.1021/acs.jpcc.6b12484 / IF: 5.066

---

<sup>1</sup> Tiene algo de magia que el artículo número 200 sea una vuelta atrás en el tiempo para visitar el orden en semiconductores III-V con la microscopía con aberración corregida

202. Seed-mediated growth synthesis of Au-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> heterodimers: rational design and mechanistic aspects  
E. Fantechi, A. G. Roca, B. S epulveda, P. Torruella, S. Estradé, F. Peiró, N.G. Bast us, J. Nogués, V. Puentes  
**Chemistry of Materials (en prensa 2017)**
203. Tuning branching in ceria nanocrystals  
Berestok, T.; Guardia, P.; Blanco J.; López-Conesa, L.; Estradé, S.; Iba nez, M.; Nafria, R.; Luo, Z.; Kovalenko, M.V.; Peiró F. and Cabot, A.  
**Chemistry of Materials (en prensa 2017)**
204. Atomistic modelling Modelling and High Resolution Electron Microscopy simulations Simulations of CeO<sub>2</sub> Nanoparticles Octapods  
J. Blanco-Portals, T. Berestok, P. Torruella-Besa, C. Coll, L. López-Conesa, P. Guardia, A. Cabot, S. Estradé and F. Peiró  
**ACS Applied Materials and Interfaces (en revisión)**
205. Assessing oxygen vacancies in bismuth oxide through EELS measurements and DFT simulations"  
Torruella, P.; Coll, C.; Martin, G.; Lopez-Conesa, L.; Vila, M.; Díaz-Guerra, C.; Varela, M.; Ruiz-González, M. L.; Piqueras, J.; Peiró, F.; Estradé, S.  
**Nano Research (en revision)**
206. Quasi-Parallel PED-STEM: an electron diffraction tool for structural characterization  
S. Plana-Ruiz, J. Portillo, S. Estradé, F. Peiró and S. Nicolopoulos  
**Ultramicroscopy (en revision)**

## COMUNICACIONES A CONGRESOS INTERNACIONALES

394. Untangling Electrostatic and Strain Effects on the Polarization of Ferroelectric Superlattices  
E. Khestanov, N. Dix, I. Fina, M. Scigaj, J.M. Rebled, C. Magén, S. Estradé, F. Peiró, G. Herranz, J. Fontcuberta, and F. Sánchez  
**Electronic Materials and Applications (EMA) Conference, SYMPOSIUM 2: Advanced Processing for Electronic and Electrochemical Systems: Crystals, Films and Devices: Interface Engineering for Novel Properties or Improved Stability, Orlando, Florida, USA, Jan. 18-20, 2017 (Oral)**
395. Tri-segmented magnetic nanowires with antiparallel alignment: suitable platforms for biomedical applications with minimized agglomeration  
Sort, J.; Zhang, J.; Agramunt-Puig, S.; Del-Valle, N.; Navau, C.; Estradé, S.; Peiró, F.; Pan e, S.; Sánchez, A.; Pellicer, E.; Nogués J.  
**INTERMAG Europe 2017, Session Session FA: Magnetic micro- and nano-actuators and robots**  
Dublin (Irlanda) 24th - 28th April 2017 (Oral)
396. Elucidation of conducting filament formation in nanoresistive switching in Ni-HfO<sub>2</sub>-Si capacitors by in-situ TEM  
Martín, G.; González, M.B.; Campabadal, F.; Estradé, S.; Peiró, F. and Cornet, A.  
**Microscopy of Semiconducting Materials (MSM-XX), Oxford, (9-13 Abril 2017) (Oral)**
397. EELS as tool to assess microscopic properties of Bismuth Oxide  
Torruella P.; Coll, C.; Martín, G.; López-Conesa, L.; Vila, M.; Díaz-Guerra, C.; Varela, M.; Ruiz-González, M.L.; Piqueras J.; Estradé, S.; Peiró F.  
**Enhanced Data Generated by Electrons**, 8th International Workshop on Electron Energy Loss Spectroscopy and Related Techniques, Okuma, Okinawa, Japan, May 14th - 19th 2017 (Poster)
398. Retrieving the chemical composition of transition metal oxide core/shell nanoparticles  
Ruiz-Caridad, A.; Walls, M.G.; Gómez-Roca, A.; Nogués, J.; Torruella, P.; López-Conesa, L.; Estradé, S.; Peiró F.  
**Enhanced Data Generated by Electrons**, 8th International Workshop on Electron Energy Loss Spectroscopy and Related Techniques, Okuma, Okinawa, Japan, May 14th - 19th 2017 (Poster)

**399.** Internal structural and optical properties characterization of 3D GaN microrods and InGaN/GaN core-shell microLED structures grown by MOVPE SAG

Zhou, H.; Hartmann, J.; Vogt, A.; Ledig, J.; Blumenröther, F.; Bremers, H.; Estradé, S.; Schimpke, T.; Avramescu, A.; Fündling, S.; Wehmann, H.H.; Hangleiter, A.; Peiró F.; Straßburg, M.; Voss, T. and Waag A.

**ICNS 12 - 12th International Conference on Nitride Semiconductors**, Strasbourg Convention Center (France), July 24th to 28th, 2017.

**400.** Elucidation of the structure of octapod branched ceria nanocrystals by transmission electron microscopy: contrast simulations and electron tomography

J. Blanco-Portals, T. Berestok, P. Torruella-Besa, C. Coll, L. López-Conesa, P. Guardia, A. Cabot, S. Estradé and F. Peiró

**NanoTech Poland International Conference and Exhibition**<sup>1</sup> Section A: Preparation and characterization of advanced nanomaterials, Poznań, Poland, 1st – 3rd June 2017

**CONFERENCIA INVITADA**

**401.** Revealing magnetic core-shell nanoparticles structure at the nanoscale

A. Ruiz-Caridad, M.G. Walls, A. Gómez-Roca, J. Nogués, P. Torruella, L. López-Conesa, S. Estradé, F. Peiró

**IUMRS-ICAM 2017, 15th International Conference on Advanced Materials**, Kyoto, Japan, 27 Agosto-1 Septiembre (2017)

**CONFERENCIA INVITADA**

**402.** Formation of Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> hollow oxide nanoparticles by galvanic replacement

A. López-Ortega, A.G. Roca, P. Torruella, M. Petrecca, S. Estradé, F. Peiró, V. Puentes, J. Nogués

**IUMRS-ICAM 2017, 15th International Conference on Advanced Materials**, Kyoto, Japan, 27 Agosto-1 Septiembre (2017)

**CONFERENCIA INVITADA**

**403.** CuPtB ordering in GaInP layers assessment through aberration-corrected TEM HAADF images and simulations

C. Coll, L. López, E. Barrigón, L. Barrutia, I. Rey-Stolle, C. Algora, S. Estradé, F. Peiró

**EUROMAT 2017**, European Congress and Exhibition in Advanced Materials and Processes, Thessaloniki (Grecia), 17-22 Septiembre 2017 (Oral)

**404.** Elucidation of conducting filament formation in HfO<sub>2</sub> based ReRAM devices by in-situ TEM

Martín, G.; González, M.B.; Campabadal, F.; Estradé, S.; Peiró, F. and Cornet, A. (Oral)

**EUROMAT 2017**, European Congress and Exhibition in Advanced Materials and Processes, Thessaloniki (Grecia), 17-22 Septiembre 2017 (Oral)

Además de estas comunicaciones presentadas durante el 2017 o formalmente aceptadas, temenos en perspectiva la participación en:

- **Microscopy at the Frontiers of Science (MSF)**, Zaragoza, 5-8 de septiembre (2017), con una **conferencia invitada** que impartirá la Dra. Sònia Estradé
- **XIV Congreso CIASEM, Comité Interamericano de Sociedades de Microscopia**, 25-27 de septiembre, Varadero (Cuba)
- **Conferencia Invitada CARIBMAT 2018, Caribbean Conference on Functional Materials**, Cartagena de Indias, (Colombia).

## COMUNICACIONES A CONGRESOS NACIONALES

- In situ TEM assessment of nanoresistive switching in Ni-HfO<sub>2</sub>-Si capacitors: the conducting filament mechanism  
Martín, G.; González, M.B.; Campabadal, F.; Estradé, S.; Peiró, F. and Cornet, A.  
**11th Spanish Conference on Electron Devices (CDE)**, Barcelona, 8-10 Febrero 2017. (Oral)

<sup>1</sup> También me resulta curioso que la comunicación número 400 en un congreso internacional, sea una conferencia invitada que impartiré personalmente.



## REFERENCIAS

---

- [1] Normativa reguladora de los planes docentes de las asignaturas y de la evaluación y la calificación de los aprendizajes (<http://www.ub.edu/acad/noracad/evaluacion.pdf>)
- [2] F. Peiró, “Nueva estrategia docente basada en semipresencialidad y trabajo cooperativo para la docencia de la electrónica física”, XIII Congreso Universitario de Innovación Educativa de las Enseñanzas Técnicas CUIEET XIII, Gran Canaria, Septiembre (2005).
- [3] M.M. Danchak AND M.P. Huguet, “Designing for the Changing Role of the Instructor in Blended Learning”, IEEE Transactions on Professional Communication, vol. 47, nº3, 200-210 (2004).
- [4] S. Rodríguez et al., “Manual de Tutoría Universitaria”, Educación Universitaria, Octaedro, (ICE/UB) (2004), ISBN: 84-8063-692-0.
- [5] L. Prieto et al., “La enseñanza Universitaria centrada en el aprendizaje”, Educación Universitaria, Octaedro, (ICE/UB) (2008), ISBN:200978-84-8063-924-8.
- [6] F. Peiró, “Nueva estrategia docente basada en semipresencialidad y trabajo cooperativo para la docencia de la electrónica física”, XIII Congreso Universitario de Innovación Educativa de las Enseñanzas Técnicas CUIEET XIII, Ponencia A-32, <http://www.eup.ulpgc.es/XIIICUIEET/inicio.htm> Gran Canaria 21-23 Septiembre (2005).
- [7] F. Peiró y A. Romano, “Electrónica física: ¿metodología icts o clase magistral? comparativa de dedicación del profesorado y del estudiante entre ambas modalidades docentes” VII Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica TAEE2006, Madrid Julio (2006).
- [8] J. Llosa, “La licenciatura de Física: perfil de la profesión” Sociedad Catalana de Física, ISBN: 84-7283-846-3 (2006).
- [9] F.J. Sánchez, R. Casanella, y I. Fernández, “Estimación de la carga de trabajo del estudiante y el profesor de la asignatura electrónica digital basada en el aprendizaje cooperativo”, VI Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica, <http://www.upv.es/taee2004/> Valencia, 14-16 Julio (2004).
- [10] PUBLICACIONES UB (Edit) (2006), *Normas reguladoras de la evaluación y de la calificación de los aprendizajes*, Depósito legal; B-52.403-2006.
- [11] PEIRÓ, F. (2008), *Implantación de evaluación continuada en la docencia de Electrónica Física en la Universidad de Barcelona con soporte de campus virtual MOODLE*, VIII Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica TAEE2006, Zaragoza.
- [12] “La docencia semipresencial en la Universidad de Barcelona”, Publicaciones y Ediciones de la UB, Depósito legal; B-18.777-2008.
- [13] Portal de Buenas Prácticas Docentes para Profesorado Universitario:  
<http://www.ub.edu/bonespractiquesdocents/index.php/ca/metodes-i-activitats/activitats-col-laboratives/39-l-aula-invertida>
- [14] Manuales y procedimientos para la evaluación de la actividad docente del Profesorado de la UB  
<http://www.ub.edu/gtr/avaluacio.html>
- [15] Principles of Semiconductor Devices, © B. Van Zeghbroeck, 2011  
<http://ecee.colorado.edu/~bart/book/contents.htm>

- [16] "Encyclopedia of Microcomputers", Vol. 10 (1992), Ed. A. Kent, J.G. Williams, Marcel Dekker Inc, New York. ISBN: 0-8247-2279-5
- [17] *InGaN/GaN/AlGaIn-based laser diodes grown on epitaxially laterally overgrown GaN*  
S. Nakamura, **J. Mater. Res.**, Vol. 14, No. 7, (1999)
- [18] *Renaissance and Progress in Nitride Semiconductors- My Personal History of Nitride Research*, I. Akasaki, **Mat. Res. Soc. Symp. Vol. 639** (2001) Materials Research Society
- [19] *Advanced Electron Microscopy for Advanced Materials*  
Gustaaf Van Tendeloo, Sara Bals, Sandra Van Aert, Jo Verbeeck, and Dirk Van Dyck  
**Adv. Mater.** 2012, 24, 5655–5675
- [20] *Electron Tomography in the (S)TEM: From Nanoscale Morphological Analysis to 3D Atomic Imaging*  
Zineb Saghi and Paul A. Midgley  
**Annu. Rev. Mater. Res.** 2012. 42:59–79
- [21] **Los inicios de la Microscopía Electrónica en Cataluña**,  
Dra. Mercè Durfort. Ed. Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona. (8 de Octubre de 2013).
- [22] **El Profesorado Universitario en Cataluña**. O. Arcas, J. Mir, V. Sacristán y P. Veciana. Ed. Observatorio del Sistema Universitario (Mayo 2016)
- [23] **Libro Blanco. Situación de las Mujeres en la Ciencia Española**. M. Alloza, B. Anghel, J.J. Dolado, S. de la Rica, I. Sánchez. Ed. Ministerio de Ciencia e Innovación (2011)  
(<http://www.idi.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/UMYC/LibroBlanco-Interactivo.pdf>)
- [24] **Research EU Magazine**, Issue April 2009, Ed. European Commission (2009)
- [25] **European Technology Assessment Network (ETAN) on Women and Science**. Ed. European Commission (2000)
- [26] Aprobación de la Titulación  
Boletín Oficial del estado 2006 BOE núm. 157, de 3 julio 2006  
<http://www.boe.es/boe/dias/2006/07/03/pdfs/A24990-25010.pdf>
- [27] Boletín Oficial del estado 2011 BOE núm. 69, del 22 de Marzo de 2011  
<http://www.boe.es/boe/dias/2010/12/16/pdfs/BOE-A-2010-19334.pdf>
- [28] Real Decreto 861/2010  
Boletín Oficial del estado 2010 BOE núm. 161, del 3 de Julio de 2010  
<http://www.boe.es/boe/dias/2010/07/03/pdfs/BOE-A-2010-10542.pdf>
- [29] Real Decreto 1393/2007  
Boletín Oficial del estado 2007 BOE núm. 260, del 29 de Octubre de 2007  
<http://www.boe.es/boe/dias/2007/10/30/pdfs/A44037-44048.pdf>
- [30] "**Normes reguladores dels criteris de programació dels plans d'estudis i de l'organització dels màsters universitaris de la UB**". Document aprovat per Comissió Acadèmica de Consell de Govern de 15 de juliol de 2011. Pendent revisió lingüística i serveis jurídics UB.  
[http://www.giga.ub.edu/acad/comaof/fitxers/PE\\_master.pdf](http://www.giga.ub.edu/acad/comaof/fitxers/PE_master.pdf)
- [31] Exploratori de la Natura: <http://www.exploratori.org/index.php/es/>

---

[32] Unitat de Cultura Científica i Innovació (UCC+i), La UB Divulga, <http://www.ub.edu/laubdivulga>

[33] <http://ucatx.cat/>