

# **MEMORIA CNA 2005-2006**



# ÍNDICE

0	INTRODUCCIÓN.....	5
1	ESTRUCTURA.....	7
1.1	Dirección del Centro.....	7
1.2	Junta Rectora.....	7
1.3	Comité Científico.....	8
1.4	Personal.....	8
1.4.1	Unidad Técnica y de Servicios.....	8
1.4.2	Unidad de Investigación de Técnicas de Análisis con Haces de Iones....	9
1.4.3	Unidad de Investigación en Espectrometría de Masas con Aceleradores (AMS).....	9
1.4.4	Unidad de Investigación en Física Nuclear Experimental Básica.....	10
1.4.5	Unidad de Investigación en Análisis de Contaminantes del Medio Terrestre mediante Técnicas Basadas en Aceleradores (ACOMETA) ..	10
1.4.6	Personal de IBA en el CNA.....	10
1.4.7	Visitantes Científicos.....	11
1.5	Datos del Centro.....	11
2	INFRAESTRUCTURAS.....	13
2.1	Acelerador Tándem de 3 MV.....	13
2.1.1	Líneas de haz.....	14
2.1.2	Técnicas disponibles en el tándem de 3 MV.....	15
2.1.3	Áreas científicas de aplicación.....	18
2.2	Acelerador Ciclotrón.....	19
2.2.1	Línea de haz de experimentación.....	20
2.2.2	Laboratorios de radiofarmacia asociados al ciclotrón.....	21
2.2.3	Tomógrafo PET para pequeños animales.....	22
2.3	Acelerador Tandem de 1 MV con espectrómetro de masas. Servicio de datación por $^{14}\text{C}$ .....	23
2.3.1	Servicio de datación por radiocarbono.....	25
2.3.2	Laboratorio de preparación de muestras de $^{14}\text{C}$ .....	26
3	INVESTIGACIÓN.....	27
3.1	Unidad de Investigación Técnicas de Análisis con Haces de Iones.....	27
3.1.1	Ciencia de Materiales.....	27
3.1.2	Medioambiente.....	28
3.1.3	Biomedicina.....	29
3.1.4	Patrimonio Cultural.....	29
3.2	Unidad de Investigación en Espectrometría de Masas con Aceleradores (AMS)	

3.3	Unidad de Investigación de Física Nuclear Experimental Básica.....	32
3.3.1	Física nuclear experimental para reacciones con núcleos exóticos.....	32
3.3.2	Instrumentación Nuclear: uso de aceleradores de baja energía para desarrollo de sistemas de trazado y detección de haces de núcleos exóticos.....	33
3.3.3	Física nuclear experimental de reacciones con núcleos estables.....	34
3.4	Unidad de Investigación de Análisis de Contaminantes del Medio Físico mediante Técnicas basadas en Aceleradores (ACOMETA).....	35
4	PRODUCCIÓN CIENTÍFICA.....	37
4.1	Participación en proyectos.....	37
4.2	Capítulos de libros.....	41
4.3	Artículos.....	43
4.3.1	Revistas Nacionales.....	43
4.3.2	Revistas Internacionales.....	43
4.4	Otras publicaciones.....	51
4.5	Participación en congresos.....	52
4.5.1	Congresos Nacionales.....	52
4.5.2	Congresos Internacionales.....	54
4.6	Tesis doctorales.....	64
4.7	Organización de Congresos y Cursos.....	65
4.8	Organización de Conferencias y Seminarios.....	65
4.8.1	Coloquios en el CNA.....	65
4.8.2	Seminarios internos.....	66
5	PROGRAMA DE DIVULGACIÓN.....	67
6	APÉNDICES.....	69
6.1	Instituciones usuarias del CNA durante 2005/2006.....	69
6.2	Estadísticas de uso de los aceleradores.....	71
6.2.1	Acelerador Tandem 3MV.....	71
6.2.2	Acelerador Ciclotrón-Laboratorio de Producción de FDG.....	71
6.2.3	Acelerador Tandem de 1MV para AMS.....	71
6.3	Tarifas por Prestaciones de Servicios.....	75
6.3.1	Uso de Tiempo de Haz en el Acelerador Tandem de 3 MV.....	75
6.3.2	Análisis de espectros y elaboración de informes.....	76
6.3.3	Medidas de $^{14}\text{C}$ y datación.....	77
6.3.4	Uso del animalario y del Micro-PET.....	78
6.3.5	Postratamiento de las imágenes, análisis y elaboración de informes.....	79

# 0 INTRODUCCIÓN

El Centro Nacional de Aceleradores (CNA) nace por acuerdo de la Universidad de Sevilla, la Junta de Andalucía y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Está gobernado por una Junta Rectora de la que forman parte las tres instituciones. Según sus Estatutos las funciones del CNA son:

- a) La investigación en el campo de los Aceleradores de Partículas y sus aplicaciones.
- b) La cooperación con la comunidad científica andaluza, española e internacional, así como con empresas públicas y privadas, en el desarrollo de proyectos científicos y tecnológicos.
- c) Facilitar la utilización de los aceleradores de partículas a los investigadores interesados en la aplicación de las técnicas disponibles en el CNA para la resolución de sus problemas científicos.
- d) La difusión mediante la realización de cursos, seminarios, participación en programas de tercer ciclo, etc., de las posibilidades científicas y técnicas de los aceleradores de partículas y sus aplicaciones.
- e) Promover el intercambio de conocimientos y la formación de personal científico y técnico, tanto académico como de empresas, para su perfeccionamiento en el uso de los aceleradores de partículas y sus aplicaciones.
- f) La prestación de servicios técnicos mediante la utilización de sus recursos y métodos de análisis, en función de sus disponibilidades.
- g) Cualquier otra que consideren, de común acuerdo, las instituciones signatarias.

Para llevar a cabo estas funciones el CNA dispone de un acelerador tándem van de Graaff de 3 MV, un ciclotrón que proporciona protones de 18 MeV y deuterones de 9 MeV y un Espectrómetro de Masas con Acelerador de tipo tándem Cockcroft-Walton de 1 MV. Junto a ellos, el CNA cuenta con distintos laboratorios anejos para la preparación de muestras o la realización de experimentos complementarios a los que se llevan a cabo en los diferentes aceleradores.

Por mandato estatutario y por vocación del personal que lo formamos, el CNA es un Centro abierto a todas aquellas instituciones públicas y privadas, Universidades, empresas, etc. interesadas en la infraestructura de investigación que posee.

Presentamos en esta memoria las actividades llevadas a cabo en el CNA durante el bienio 2005/2006. Describimos la estructura de gobierno del Centro, la de personal, la infraestructura científica que tenemos, sus aplicaciones y, por supuesto, la producción científica del CNA, que es la de sus Unidades de Investigación. Cabe decir que existe, además, producción científica generada con la infraestructura del Centro por investigadores no vinculados al mismo y que no consta, como es lógico, en la relación que aportamos. La divulgación científica es también una actividad importante en el Centro ya que, en el fondo, es otra de sus funciones. Dedicamos una sección a recopilar los trabajos realizados en esta área. Finalmente, añadimos algunos apéndices en los que constan las estadísticas de uso de los aceleradores, las tarifas de prestación de servicios del CNA y una relación de las instituciones que con regularidad han realizado trabajos de investigación en el Centro, durante el periodo referido.

Desde mediados de 2005 tengo el honor de dirigir este Centro, recogiendo el testigo del Dr. M. A. Respaldiza, anterior Director, cuya labor en el CNA ha sido realmente destacable.

El tiempo que media desde entonces hasta la elaboración de la memoria ha sido relativamente corto, pero su desarrollo ha sido muy intenso.

En efecto, la producción de radionucleidos PET en el ciclotrón se ha puesto en marcha definitivamente. Y con ella la de los radiofármacos marcados con los mismos.

El espectrómetro de masas se ha recibido, instalado y puesto a punto. Y hoy día ya está a disposición de los usuarios, protagonizando varios proyectos de investigación. El Servicio de Datación por  $^{14}\text{C}$ , asociado al espectrómetro, está en marcha y casi a velocidad de crucero.

La instalación de irradiación y modificación de materiales, acoplable al ciclotrón y al acelerador tándem de 3 MV, es ya una realidad.

En otro orden de cosas, se han creado tres nuevas Unidades de Investigación, con lo que a fecha de hoy están vinculados al CNA unos 50 investigadores que provienen básicamente, aunque no sólo, de las Universidades de Sevilla y Huelva. Se han aprobado las tarifas de prestación de servicios a usuarios externos. Y un no pequeño etc.

Por otra parte, la calidad de la instalación, su tradición y las perspectivas de futuro que tiene han provocado la muy reciente inclusión del CNA en el Mapa de Instalaciones Científico Tecnológicas Singulares, aprobado en la III Conferencia de Presidentes Autonómicos.

Es evidente que todo esto no es posible sin la existencia de un equipo humano entusiasta y competente que con su esfuerzo hace posible esta realidad. Aprovecho estas líneas para agradecer su trabajo y reconocer su protagonismo clave en todos los logros alcanzados desde la fundación del Centro.

Hay que mencionar, por último, a Javier Ferrer y Miguel Calderón sobre los que ha descansado la mayor parte del trabajo de edición de este documento. Gracias.

Manuel García León

Director del Centro Nacional de Aceleradores

# 1 ESTRUCTURA

El CNA surge del acuerdo entre la Universidad de Sevilla, la Junta de Andalucía y el CSIC. Una Junta Rectora del Centro, formada por representantes de las tres instituciones, marca las líneas generales del gobierno del Centro que ejecuta su Director. Existe, además, un Comité Científico, formado por científicos de prestigio nombrados a propuesta de las tres instituciones, que asesora al Director del CNA en la política científica del mismo, y distribuye y ordena el uso de la infraestructuras del Centro. El personal científico del Centro se distribuye en Unidades de Investigación, formadas por personal de distintas instituciones, y que se crean alrededor de las distintas infraestructuras y capacidades científicas del Centro. El citado personal desarrolla toda o buena parte de su actividad investigadora en el CNA. Además, existe una Unidad Técnica y de Servicios en la que se integra el personal de administración del Centro y el personal técnico de apoyo a los usuarios externos del CNA.

## 1.1 DIRECCIÓN DEL CENTRO

Director: **Manuel García León.**

Subdirector Área Económica: **Jerónimo Castilla Guerra.**

Subdirector Técnico: **Celestino Ignacio Sánchez Angulo.**

## 1.2 JUNTA RECTORA

**José Manuel Fernández de Labastida**, Vicepresidente de Investigación Científica y Técnica (Consejo Superior de Investigaciones Científicas).

**Asunción Fernández Camacho**, Directora del Instituto de Ciencias de Materiales de Sevilla (Consejo Superior de Investigaciones Científicas).

**Saturio Ramos Vicente**, Vicerrector de Investigación (Universidad de Sevilla).

**Luís Onieva Giménez**, Vicerrector de Transferencia Tecnológica (Universidad de Sevilla).

**José Domínguez Abascal**, Secretario General de Universidades, Investigación y Tecnología (Junta de Andalucía).

**Jacinto Cañete Rollos**, Director General de Investigación, Tecnología y Empresa (Junta de Andalucía).

## 1.3 COMITÉ CIENTÍFICO

**Josefa Capel Martínez**, Prof. Titular de Universidad, Dpto. de Prehistoria y Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Granada.

**José Antonio Odriozola Gordón**, Catedrático de Universidad, Dpto. de Química Inorgánica, Universidad de Sevilla, Instituto de Ciencias de Materiales de Sevilla.

**Ricardo Vázquez Albertino**, Jefe del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Virgen del Rocío, Sevilla.

**Emilio Galán Huertos**, Catedrático de Universidad, Dpto. de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Universidad de Sevilla.

**Joaquín José Gómez Camacho**, Profesor Titular del Dpto. Física Atómica, Molecular y Nuclear, Facultad de Física, Universidad de Sevilla.

**José Manuel Llamas Elvira**, Jefe Servicio Medicina Nuclear Hospital Virgen de las Nieves, Granada.

**Sebastián Cerdán García de Esteller**, Científico Titular, Instituto de Investigaciones Biomédicas Alberto Sols, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

**José Gonzalo de los Reyes**, Científico Titular, Instituto de Óptica “Daza de Valdés), Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

**Alberto Figueras Dagá**, Prof. de Investigación, Instituto de Ciencias de Materiales de Barcelona, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

## 1.4 PERSONAL

### 1.4.1 Unidad Técnica y de Servicios

D. Jerónimo Castilla Guerra, Subdirector Área económico-administrativa.

D. Celestino Ignacio Sánchez Angulo, Subdirector Área Técnica.

D. Juan Ángel Labrador Bernal, Técnico Especialista de Laboratorio.

D. Antonio Manuel Casado Sola, Técnico Auxiliar de Laboratorio.

D. Arcadio Borrallo del Castillo, Administrativo.

D. Miguel Calderón Reyes, Auxiliar Administrativo.

D<sup>a</sup>. Yolanda Morilla García, Técnico Superior de Apoyo a la Investigación.

D<sup>a</sup>. Isabel María García Orellana, Técnico Superior de Apoyo a la Investigación.

D. Juan José Chao Suanzes, Técnico Superior de Apoyo a la Investigación

D<sup>a</sup>. Elena Chamizo Calvo, Titulada Superior I3P, CSIC.

D. Miguel Ángel Seller López, Técnico Medio de Apoyo a la Investigación.

D. Fernando Moreno Álvarez, Técnico de Apoyo a la Investigación.

D. Rafael Ruiz Rivera, Técnico de Apoyo a la Investigación.

### **1.4.2 Unidad de Investigación de Técnicas de Análisis con Haces de Iones**

- D. Miguel Ángel Respaldiza Galisteo, Asesor Científico del CNA, Universidad de Sevilla.
- D. Francisco José Ager Vázquez, Profesor Dpto. Física Aplicada I, E.U.P, Universidad de Sevilla.
- D<sup>a</sup>. Blanca María Gómez Tubío, Profesora Titular Dpto. Física Aplicada III, E.T.S Universidad de Sevilla.
- D<sup>a</sup>. María Ángeles Ontalba Salamanca, Profesora Dpto. Física Aplicada, Escuela Politécnica, Universidad de Extremadura.
- D. Francisco Javier Ferrer Fernández, Becario Predoctoral de Investigación del CNA.
- D. Carlos Muñoz Luque, Becario Predoctoral de Investigación del CNA.
- D. Francisco Javier García López, Contratado Doctor Dpto. Física Atómica Molecular y Nuclear, Universidad de Sevilla.
- D<sup>a</sup>. Inés Ortega Feliu, Becaria FPI de Proyecto.
- D<sup>a</sup>. Anabelle Kriznar, Contratada posdoctoral de Proyecto.
- D<sup>a</sup>. Yolanda Morilla García, Técnico Superior de Apoyo a la Investigación del CNA.
- D<sup>a</sup>. Isabel García Orellana, Técnico Superior de Apoyo a la Investigación del CNA.
- D<sup>a</sup>. Asunción Carmona Luque, Becaria Predoctoral de Investigación del CNA.
- D. Armando Ferrero, Investigador Junta de Andalucía.

### **1.4.3 Unidad de Investigación en Espectrometría de Masas con Aceleradores (AMS)**

- D. Manuel García León, Director del CNA, Universidad de Sevilla.
- D. José María López Gutiérrez, Prof. Contratado Doctor, Dpto. Física Aplicada I, E.U.P Universidad de Sevilla.
- D. Francisco Javier Santos Arévalo, Contratado posdoctoral de Proyecto.
- D<sup>a</sup>. Isabel Gómez Martínez. Técnico Superior de Apoyo de Proyecto.
- D<sup>a</sup>. Elena Chamizo Calvo, Titulada Superior I3P, CSIC.
- D. Aarón Ruiz Gómez, Becario FPI de Proyecto.
- D. Alonso Ramón Pinto Gómez, Técnico Superior de Apoyo de Proyecto.
- D. Santiago Enamorado Báez, Becario FPI de Proyecto.
- D. José Manuel Gómez Guzmán, Becario FPI de Proyecto.
- D. Elis Holm, Investigador Contratado de la Universidad de Sevilla.
- D. Santiago Hurtado Bermúdez, Universidad de Sevilla.
- D<sup>a</sup>. Helena Patricia Moreno González, Profesora Titular, Dpto. Física Aplicada II, Universidad de Sevilla.
- D. Rafael García-Tenorio García-Balmaseda, Catedrático, Dpto. Física Aplicada II, E.T.S.A, Universidad de Sevilla.
- D. Guillermo Manjón Collado, Prof. Titular, Dpto. Física Aplicada II, Universidad de Sevilla.

#### **1.4.4 Unidad de Investigación en Física Nuclear Experimental Básica**

D. Joaquín Gómez Camacho, Prof. Titular, Dpto. Física Atómica Molecular y Nuclear, Universidad de Sevilla.

D. José Manuel Espino Navas, Prof. Titular, Dpto. Física Atómica Molecular y Nuclear, Universidad de Sevilla.

D<sup>a</sup>. María Victoria Andrés Martín, Prof. Titular, Dpto. Física Atómica Molecular y Nuclear, Universidad de Sevilla.

D. Marcos Álvarez, Universidad de Sevilla.

D. Ismael Martel Bravo, Dpto. Física Aplicada, Universidad de Huelva.

D. Francisco Pérez Bernal, Universidad de Huelva.

D. José Enrique García Ramos, Universidad de Huelva.

D. Daniel Rodríguez Rubiales, Universidad de Huelva.

D. Luis Armando Acosta Sánchez, Becario de Investigación, Universidad de Huelva.

#### **1.4.5 Unidad de Investigación en Análisis de Contaminantes del Medio Terrestre mediante Técnicas Basadas en Aceleradores (ACOMETA)**

D. Emilio Galán Huertos, Catedrático, Dpto. Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Universidad de Sevilla.

D<sup>a</sup>. Isabel González Diez, Prof. Titular, Dpto. Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Universidad de Sevilla.

D. Antonio Romero Baena, Ayudante, Dpto. Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Universidad de Sevilla.

D<sup>a</sup>. María López Pérez, Becaria de Investigación del CNA.

D. Juan Pedro Bolívar Raya, Universidad de Huelva.

D. Enrique Gutiérrez de San Miguel Herrera, Universidad de Huelva.

D<sup>a</sup>. Ana María Sánchez de la Campa Verdon, Universidad de Huelva.

D. Jesús Damián de la Rosa Díaz, Universidad de Huelva.

D. Juan Carlos Fernández Caliani, Universidad de Huelva.

D. José Enrique Martín Domínguez, Universidad de Huelva.

D. Sergio Rodríguez González, Universidad de Huelva.

#### **1.4.6 Personal de IBA en el CNA**

D. Federico Moreno Jiménez, Director Técnico.

D. Carlos Salgado García, Responsable de Calidad.

D. Alfonso Rodríguez Cámara, Técnico de Laboratorio, Responsable de Producción.

D. José Antonio Durán Suárez, Técnico de Laboratorio.

D. Daniel Cáceres Pérez, Técnico de Operación y Mantenimiento de Ciclotrón.

D. Lázaro García Pérez, Técnico de Operación y Mantenimiento de Ciclotrón.

D. Purificación López, Administrativa.

### **1.4.7 Visitantes Científicos**

- D. Colin Maiden, Universidad de Glasgow.
- D. Vassili Afimov, Universidad de Uppsala.
- D. Göran Possnert, Universidad de Uppsala.
- D. José Marcos Falcón González, I.F. de la Universidad de Guanajuato, México.
- D. Gabor Battistig, M.F.A. Academia Húngara de la Ciencia.
- D. Karim Lopez Guzmán, Universidad Autónoma de México.
- D. Joan Albert Sánchez-Cabeza, MEL-IAEA.

## **1.5 DATOS DEL CENTRO**

El CNA es un Centro abierto a la comunidad científica española e internacional presente en la Universidad o en otros organismos públicos de investigación, así como a la empresa pública y privada, hospitales y otros organismos que necesiten usar sus instalaciones. El apoyo del personal del Centro se puede encontrar en las siguientes direcciones:

**Centro Nacional de Aceleradores  
Parque Tecnológico Cartuja '93  
Avda. Thomas Alva Edison Nº 7  
E-41092 Sevilla (SPAIN)**

**Teléfonos: +34 954 460 553**

**+34 954 640 344**

**Fax: +34 954 640 145**

**e-mail: [cna@us.es](mailto:cna@us.es)**

**<http://www.centro.us.es/cna>**



## 2 INFRAESTRUCTURAS

El CNA es un Centro pionero de España en la instalación y puesta a disposición de la comunidad científica de aceleradores de partículas para investigación.

El primer acelerador instalado data de 1998. Reafirmando su actividad pionera, desde ese momento hasta ahora se han instalado 2 aceleradores más junto con las técnicas asociadas a los mismos. Actualmente el CNA dispone, pues, de 3 aceleradores para cumplir sus objetivos: un acelerador de tipo tándem van de Graaff de 3 MV, un ciclotrón que proporciona protones de 18 MeV y deuterones de 9 MeV y un acelerador de tipo tándem Cockcroft-Walton de 1 MV (llamado Tandetron) que realmente es un espectrómetro de masas.

Con estos aceleradores se ponen a disposición de la comunidad investigadora 3 herramientas de investigación únicas acompañadas de las técnicas IBA (Ion Beam Analysis) para la caracterización de materiales, las técnicas de modificación e irradiación de materiales, la de producción de radionucleidos PET ( $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{18}\text{F}$ ) y la Espectrometría de Masas con Aceleradores (AMS) de la que deriva un Servicio de datación por  $^{14}\text{C}$  mediante AMS. El desarrollo de las técnicas que ponemos a disposición de la comunidad investigadora se facilita por la existencia de laboratorios de investigación para la preparación de muestras dotadas con material suficiente que permite llevar a cabo la mayoría de las preparaciones necesarias.

Junto al ciclotrón existe un laboratorio de Radiofarmacia totalmente equipado que permite la producción de radiofármacos convencionales de uso en el sistema hospitalario andaluz y nacional al cual ya, por cierto, se sirve FDG marcada con  $^{18}\text{F}$ . En dicho laboratorio se pueden producir otros radiofármacos útiles para la investigación en Biomedicina o sintetizar nuevos productos.

Una instalación de tomografía PET de animales permite estudios preclínicos de los radiofármacos sintetizados.

A continuación se describe en detalle la infraestructura disponible.

### 2.1 ACELERADOR TÁNDEM DE 3 MV

El primer acelerador instalado en el Centro Nacional de Aceleradores es fundamentalmente una herramienta analítica y de modificación de materiales. Se trata de un acelerador electrostático tipo van de Graaff fabricado por la empresa norteamericana *National Electrostatics Corporation (NEC)*, que acelera protones, partículas alfa y una gran variedad de otros iones mediante la generación de una diferencia de potencial de hasta 3 MV.



**Fig. 2.1.- Imagen del acelerador Tándem de 3 MV y de las fuentes de iones**

Los iones se obtienen en dos fuentes de iones distintas: una fuente de radiofrecuencia (Alphatross), o bien en una fuente de bombardeo con cesio (SNICS II).

En fase de instalación está una nueva fuente de iones, de tipo Duoplasmatron, que proporcionará un haz de protones con mayor brillo. Se culminará la instalación en 2008, año durante el cual se acometerá igualmente la informatización del sistema.

Con un sistema de inyección los iones son llevados hacia el tanque del acelerador donde se han generado, por transporte mecánico de carga, diferencias de potencial muy elevadas que producen una fuerte aceleración de los iones.

El haz de iones acelerados es transportado en vacío mediante imanes y lentes magnéticas hacia una de las siete salidas del imán selector donde se disponen las cámaras de dispersión y los detectores necesarios para la realización de los experimentos y las medidas que se deseen realizar.

### **2.1.1 Líneas de haz**

En la actualidad disponemos de siete líneas de haz destinadas al análisis, caracterización o modificación de materiales y a la física nuclear básica. Se describen a continuación:

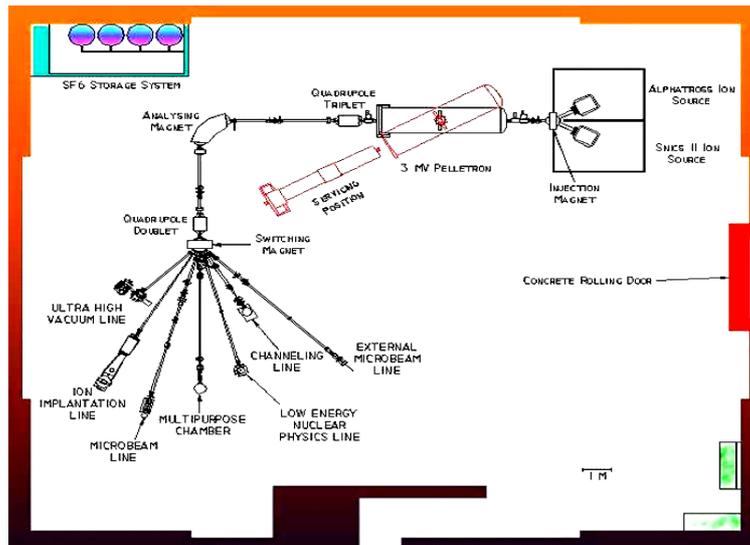


Fig. 2.2.- Sala del acelerador Tandem de 3MV con la representación esquemática de las líneas de haz

- Cámara de dispersión RBS-400, fabricada por la compañía Charles Evans, equipada con detectores de partículas y de rayos X, además de un goniómetro de precisión especialmente indicado para la técnica de canalización iónica.
- Microsonda de protones, fabricada por Oxford Microbeam Ltd., que permite focalizar el haz hasta un tamaño de algunas micras. La línea está equipada con un sistema de barrido de haz controlado por ordenador para la obtención de distribuciones espaciales de concentración.
- Cámara de dispersión universal, equipada con varios detectores de partículas, rayos X y rayos gamma que permite combinar distintas técnicas de análisis de haces de iones en una única cámara.
- Línea de microhaz externo, que permite el análisis de objetos que por su naturaleza o tamaño no puedan ser introducidos en las cámaras de dispersión en vacío. La focalización del haz reduce su tamaño a algunas decenas de micrómetro.
- Línea de Física Nuclear Básica, equipada con cámara de dispersión y sistema de detección telescópico.
- Línea de ultra-alto vacío que combina prestaciones de preparación de muestras y análisis “in situ” de materiales mediante espectroscopías de emisión fotoelectrónica con rayos X (XPS), y de haces de iones.
- Línea de irradiación e implantación para realizar modificación y ensayos de irradiación de materiales. La cámara de reacción y el sistema de barrido están instalados sobre una estructura móvil, de manera que se pueden desmontar y acoplar con relativa facilidad a la línea de experimentación del acelerador ciclotrón.

### 2.1.2 Técnicas disponibles en el tandem de 3 MV

Dentro de las llamadas técnicas de análisis mediante haces de iones (conocidas por su acrónimo inglés IBA), una de las más ampliamente utilizadas son las que se basan en la dispersión nuclear. Así, la *espectrometría de retrodispersión Rutherford (RBS)* es una técnica que permite la determinación de perfiles de concentración de

elementos pesados distribuidos en matrices de elementos ligeros. Es una técnica de alta sensibilidad y carácter no destructivo basada en la detección de proyectiles que han sido retrodispersados en la muestra a analizar. Usualmente se utilizan como proyectiles haces monoenergéticos de partículas alfa que han sido aceleradas hasta algunos millones de electrón-voltios. La obtención del espectro de energías tras la retrodispersión nos da una doble información: la naturaleza del átomo contra el que colisionó la partícula alfa, y la profundidad (hasta algunas micras) en que tuvo lugar la colisión. De esta forma pueden obtenerse, por ejemplo, perfiles de concentración de impurezas implantadas en diferentes matrices, medidas de espesores de películas finas e interfases, así como su estequiometría, etc.

Además, el estudio de las partículas retrodispersadas sobre las direcciones de máxima simetría de monocristales puede poner de manifiesto el fenómeno de la canalización iónica (Channeling). Esta técnica permite atractivas aplicaciones, como pueden ser: localización de impurezas en redes cristalinas, cuantificación de la calidad cristalina de un monocristal, determinación de concentración de defectos, determinación de la composición y espesor de capas amorfas superficiales, etc.

El *Análisis mediante Reacciones Nucleares (NRA)* es complementario al RBS, ya que posee un enorme potencial para la detección de trazas de elementos ligeros en matrices de elementos pesados. Con las energías típicas alcanzadas en nuestro acelerador, las reacciones nucleares tienen lugar principalmente mediante colisiones con núcleos ligeros. Es muy habitual en este laboratorio emplear reacciones inducidas por deuterones como  $^{14}\text{N}(d, \alpha)^{12}\text{C}$  a 1400 keV,  $^{16}\text{O}(d, p\gamma)^{17}\text{O}^*$  a 860 keV, o  $^{12}\text{C}(d, p)^{13}\text{C}$  a 950 keV, aunque existe todo un abanico de posibilidades que pueden ajustarse a las necesidades de cada problema concreto en un momento determinado. Al provocar estas reacciones, obtenemos diferentes productos que pueden ser partículas o bien radiación electromagnética, en el caso de detectar radiación gamma se puede hablar de técnica *PIGE (Particle Induced  $\gamma$ -Ray Emisión)*. Esta técnica es ampliamente utilizada para detectar Na, Mg, Al, Si y P.



Fig. 2.3.- Imagen de las líneas de haz del acelerador Tándem de 3 MV

Otra técnica muy utilizada es la denominada *PIXE.*, del inglés *Particle Induced X-Ray Emission*, que consiste en la producción de rayos X característicos mediante el bombardeo de la muestra a analizar por un haz de partículas cargadas de energía apropiada. De esta forma puede obtenerse un análisis, esencialmente no destructivo, de gran sensibilidad (hasta partes por millón) de todos los elementos presentes en la muestra con un amplio rango dinámico de concentraciones: Se detectan simultáneamente los elementos con número atómico mayor a 12, desde los elementos mayoritarios hasta los elementos traza. Las técnicas de NRA y, en concreto, el PIGE, complementan al PIXE, dado que pueden informar sobre números atómicos menores que 12.

Por último, en el *Análisis por ERDA (Elastic Recoil Detection Analysis)* basado también en la dispersión elástica, se detectan las partículas que salen de la superficie de una muestra al ser bombardeada. Tradicionalmente es empleado para estudiar perfiles de concentración de elementos ligeros usando como proyectil iones de mayor masa atómica.

Todas el conjunto de técnicas anteriormente descritas completan un amplio panorama de potencialidades que hacen de las técnicas de análisis con haces de iones unas herramientas ideales en aquellos problemas analíticos donde el carácter no destructivo, la alta sensibilidad y la rapidez de información son características determinantes.

Con la línea de ultra-alto vacío se pretende, además complementar y ampliar las ventajas propias que éstas y otras técnicas espectroscópicas poseen por separado, por el hecho de tenerlas disponibles en un mismo equipo experimental. Así cabe destacar que con el nuevo equipo experimental se tiene acceso a la química de los materiales en superficie (unos pocos nanómetros de profundidad de análisis) mediante la técnica de espectroscopía de emisión fotoelectrónica con rayos X (acrónimo XPS en inglés), así como a la composición en volumen (hasta espesores del orden de la micra) mediante las técnicas de haces de iones (RBS, NRA, ERDA). Por otro lado, los materiales preparados podrán ser analizados “in situ”, es decir, sin necesidad de exponerlos al aire.

Además de estas técnicas de análisis se dispone de capacidad para la modificación de materiales. Ello ofrece posibilidades de trabajo muy atractivas. Hay que resaltar que la implantación iónica ha supuesto una revolución en campos como la microelectrónica, la metalurgia o la fabricación de implantes biológicos. La mayoría del trabajo llevado a cabo en este dominio ha sido realizado con pequeños aceleradores electrostáticos que aceleran los iones desde algunas decenas hasta algunas centenas de keV. Hoy en día va tomando cada vez más interés la implantación a más altas energías (algunos MeV) que permite obtener perfiles de implantación más profundos. La línea de implantación permite realizar trabajos de irradiación de materiales para el posterior análisis de los efectos producidos por irradiación. Esta línea se comparte con el ciclotrón, donde las aplicaciones en tecnología aeroespacial adquieren una mayor relevancia. Por otro lado, el acoplamiento de un detector de radiación X en la cámara de vacío permite además complementar el análisis de materiales mediante la técnica PIXE a altas energías.

La línea de Física Nuclear Básica, asociada a la Unidad de Investigación en Física Nuclear Experimental Básica, tiene características especiales. En el área de la investigación básica, las energías alcanzables con el tándem de 3 MV son aún útiles para muchos propósitos en la Física Nuclear. Una de las actividades principales de los investigadores que han participado en el diseño y puesta a punto de la línea de Física Nuclear Básica es el estudio experimental y análisis teórico de fenómenos de dispersión de núcleos ligeros a energías cercanas a la barrera coulombiana. En concreto se centran en el estudio de la polarizabilidad dipolar de núcleos exóticos y de reacciones p-gamma de interés astrofísico.

En el Centro Nacional de Aceleradores de Sevilla, se llevan a cabo, además, la calibración y puesta a punto de detectores y electrónica que se usan en otros laboratorios como ISOLDE (CERN, Suiza), el Centre de Recherches du Cyclotron (Universidad Católica de Louvain-La-Neuve, Bélgica) o se utilizarán en las nuevas instalaciones SPIRAL II (Francia) y FAIR (Alemania), así como medidas previas preparatorias.

### **2.1.3 Áreas científicas de aplicación**

Las innumerables aplicaciones de las técnicas descritas anteriormente cubren un amplísimo campo de actividades. En el área de las aplicaciones en Ciencias de Materiales es donde sin duda el impacto de las técnicas nucleares basadas en el uso de aceleradores ha tenido un mayor relieve. Así, se han publicado trabajos que utilizan las técnicas nucleares de análisis y modificación de materiales prácticamente con todo tipo de materiales: aleaciones metálicas, superconductores, semiconductores, aislantes, materiales compuestos, cerámicas, etc. Los aspectos más relevantes han sido la alta sensibilidad, relativa sencillez, gran precisión y carácter no destructivo de las técnicas de análisis, y la posibilidad de modificar profundamente las propiedades, no sólo eléctricas, sino también mecánicas y térmicas de los distintos materiales, fundamentalmente mediante la implantación iónica.

En el caso de los estudios medioambientales las técnicas de análisis multielementales, como PIXE y PIGE, permiten un análisis rápido y de gran sensibilidad de grandes volúmenes de muestras, lo que facilita enormemente estudios estadísticos de gran importancia en temas tales como control de aguas, aire, sedimentos, etc.

Dentro del ámbito del Arte y la Arqueometría, no sólo son importantes las técnicas de análisis multielemental, aplicadas con gran éxito a piezas metálicas y cerámicas dado su carácter no destructivo, sino también las técnicas de datación.

También en Medicina y Biología son muy numerosos los trabajos realizados en el análisis de tejidos y fluidos orgánicos en busca del origen o del tratamiento adecuado de distintas enfermedades.

## 2.2 ACELERADOR CICLOTRÓN

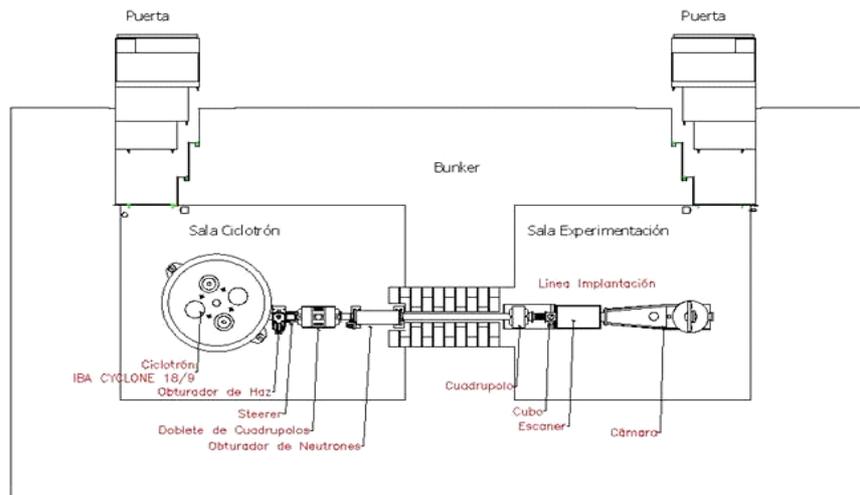
El ciclotrón ha sido el segundo acelerador de partículas que se ha instalado en el Centro Nacional de Aceleradores. Se trata de un acelerador circular que, mediante la aplicación combinada de un campo eléctrico oscilante y otro magnético, consigue acelerar los iones haciéndolos girar en órbitas de radio y energía crecientes.

El CNA dispone de un ciclotrón fabricado por la empresa belga *Ion Beam Applications (IBA)*, capaz de acelerar protones y deuterones hasta 18 y 9 MeV, respectivamente. Este acelerador cuenta con la posibilidad de que el haz acelerado se extraiga en cualquiera de las ocho ventanas de salida posibles. En siete de estas ventanas se han colocado cámaras de reacción en las que se colocan los materiales precursores para producir varios de los radioisótopos actualmente utilizables en la técnica de tomografía de emisión por positrones (PET): Tres blancos para  $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$  y  $^{15}\text{O}$ , respectivamente; otros tres de  $^{18}\text{F}$ , y uno de  $^{18}\text{F}_2$ . De esta forma, el CNA ofrece la posibilidad de poner a disposición de la Biomedicina los radioisótopos más frecuentemente utilizados hoy día, bien rutinariamente o como investigación, en la técnica PET.



Fig. 2.4.- Acelerador ciclotrón del CNA

En la octava ventana de salida de haz se ha instalado una línea que transporta el haz de partículas a una segunda sala blindada en la que se ubica una cámara de reacción para la irradiación de materiales de interés tecnológico.



**Fig. 2.5.- Salas del ciclotrón. Representación esquemática del mismo y de la línea de implantación-irradiación**

### 2.2.1 Línea de haz de experimentación

La línea de experimentación del ciclotrón del CNA ha sido diseñada fundamentalmente con dos objetivos: estudiar el comportamiento de circuitos electrónicos, y otros componentes con aplicaciones aeroespaciales, frente a la irradiación con protones de 18 MeV, así como complementar el análisis de materiales mediante PIXE de alta energía. Actualmente, en ambos campos de investigación se están utilizando haces de protones de 18 MeV, aunque no se descarta el desarrollo de otras aplicaciones en las que se requiera el uso de deuterones de 9 MeV. También es posible la utilización de energías menores mediante la utilización de degradadores.



**Fig. 2.6.- Línea de experimentación acoplada al acelerador ciclotrón del CNA**

A lo largo de la línea existen cuadrupolos, colimadores y tazas de Faraday que nos permiten controlar el tamaño, la forma y la corriente del haz. Dentro de la cámara de vacío ( $P \sim 10^{-7}$  mbar) se aloja el portamuestras, que se puede desplazar horizontal y verticalmente, así como girar con respecto a un eje vertical. El portamuestras, junto a un juego de colimadores de aluminio variables, se encuentra eléctricamente aislado. La máxima densidad de corriente en nuestro dispositivo es del orden de  $1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  ( $\sim 6 \times 10^{12}$  part.  $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), y puede ser reducida drásticamente hasta el orden de  $1 \times 10^2$  part.  $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$  mediante colimadores de grafito variables. Cuando se trabaja con densidades de corriente muy bajas, las partículas son detectadas directamente mediante un detector de centelleo plástico, mientras que cuando se miden flujos por encima de  $1 \text{ pA cm}^{-2}$  se conecta un integrador de corriente al portamuestras. Se ha diseñado un sistema de barrido magnético con el objeto de poder irradiar uniformemente una determinada superficie de la muestra, alcanzándose un máximo de  $16 \times 20 \text{ cm}^2$  en el caso de protones de 18 MeV. Las frecuencias de los imanes, en horizontal y vertical, se ajustan entre 20 y 30 Hz en pasos de 0.05 Hz tal que seleccionando valores desfasados el haz recorre el mismo camino cada 20 segundos.

Tanto la cámara de reacción como el sistema de barrido están colocados sobre unas estructuras móviles, de manera que se pueden desmontar y acoplar con relativa facilidad a una de las líneas de experimentación del acelerador tándem de 3 MV. La singularidad del equipamiento disponible en CNA hace que actualmente sea la única instalación española donde es posible realizar estudios de irradiación con tan amplia gama de iones (desde protones o deuterio hasta iones pesados) a tan diversas energías y sobre muestras de muy variados tamaños.

## **2.2.2 Laboratorios de radiofarmacia asociados al ciclotrón**

En las instalaciones del CNA se han habilitado laboratorios de radiofarmacia diseñados bajo normas de buenas prácticas de fabricación farmacéutica (normas GMP). En la actualidad, se dispone de un laboratorio denominado “*de producción de  $^{18}\text{F}$ -FDG*”, y otro “*de investigación*” para síntesis de otros radiofármacos PET útiles en ensayos clínicos con pacientes, y preclínicos con animales. A estos dos laboratorios da servicio otro de control de calidad de los radiofármacos sintetizados, según requerimientos de la Farmacopea.

Dentro del marco del acuerdo con la empresa farmacéutica IBA Molecular (anteriormente Schering España), y tras haber obtenido las correspondientes autorizaciones de los Ministerios de Industria (como instalación radiactiva) y de Sanidad (como laboratorio farmacéutico), se comenzó la fabricación y distribución de FDG al propio CNA y a centros externos a partir de mayo de 2005. Esta actividad continuó a ritmo creciente en 2006.



**Fig. 2.7.- Laboratorio de Producción de FDG del CNA**

El Laboratorio de Producción de FDG dispone de dos celdas blindadas que albergan sendos módulos dobles de síntesis GE Tracerlab FX-FDG, y una celda de fraccionamiento y dispensación aséptica de monodosis de FDG, donde, bajo el registro de CisBio, se fabrica la especialidad farmacéutica “Flucis”.

El Laboratorio de Investigación dispone de cinco celdas blindadas, en el que se van a sintetizar otros nuevos radiofármacos de interés hoy día como alternativa a la FDG para trazar otros procesos metabólicos o funcionales (F-dopa, FLT,  $^{11}\text{C}$ -colina, etc.). La configuración de este laboratorio es la siguiente:

- Celda de síntesis de compuestos marcados con  $^{11}\text{C}$ , con módulo GE Tracerlab FX-C.
- Celda de síntesis manuales, dispensación y fraccionamiento.
- Celda de síntesis de compuestos marcados con  $^{18}\text{F}$  mediante reacciones de sustitución electrofílica, con módulo GE Tracerlab FX-FE.
- Celda de síntesis de  $\text{H}_2^{15}\text{O}$  y  $^{13}\text{NH}_3$ .
- Celda de síntesis de compuestos marcados con  $^{18}\text{F}$  mediante reacciones de sustitución nucleofílica, con módulo GE Tracerlab FX-N.

### **2.2.3 Tomógrafo PET para pequeños animales**

El CNA dispone de un tomógrafo PET para pequeños animales (roedores) fabricado por Philips, modelo Mosaic. Está destinado a la investigación traslacional en Biomedicina. El uso de la imagen por PET para investigación preclínica en animales se está incrementando para proporcionar información crítica en áreas que van desde el descubrimiento de nuevos fármacos a la investigación sobre el cáncer, la neurología y la genética. Estas imágenes en animales juegan un importante papel como ensayos para una mejor comprensión de la función molecular y de la fisiología y, consecuentemente, para el desarrollo de nuevos fármacos y trazadores, así como para la evaluación de

nuevas mejoras en la técnica PET. Asociado al tomógrafo existe un estabulario capaz de albergar hasta 30 jaulas para animales de experimentación en condiciones individuales de calidad de aire independientes del resto.



**Fig. 2.8.- Tomógrafo PET de animales del CNA**

Desde la fecha de inicio del trabajo con este escáner (julio de 2006), se han realizado un total de 65 exploraciones en roedores hasta el final del mismo año. En todos los casos se ha empleado FDG como radiofármaco.

### **2.3 ACELERADOR TANDEM DE 1 MV CON ESPECTRÓMETRO DE MASAS. SERVICIO DE DATACIÓN POR $^{14}\text{C}$**

Con este acelerador se implanta en el CNA la Espectrometría de Masas con Aceleradores (AMS). Este acelerador, que se combina con un espectrómetro de masas, es del tipo *tándem* Cockcroft-Walton, y está fabricado por la empresa holandesa *High Voltage Engineering (HVE)*. Trabaja a una tensión máxima de 1 MV, y permite acelerar diversos iones obtenidos a partir de muestras sólidas en una fuente de bombardeo con cesio capaz de alojar un total de doscientas muestras en un sistema de carrusel.

La Espectrometría de Masas con Aceleradores (AMS) es una técnica analítica de gran sensibilidad que permite la detección de los núcleos presentes en las muestras a muy bajas concentraciones. En relación a la espectrometría de masas tradicional, la AMS consiste en el acoplamiento de un espectrómetro de masas convencional a un acelerador de tipo *tándem*, lo que conduce a una mejora muy importante en la sensibilidad de la técnica. Y ello por dos razones en esencia: en primer lugar, el proceso de intercambio de carga que tiene lugar en el “stripper” del *tándem* permite reducir de manera dramática el fondo molecular e isotópico, es decir, el que tiene la misma relación  $m/q$  que la componente de interés del haz iónico. En segundo lugar, el haz es acelerado hasta unos pocos *MeV/uma*, lo suficiente como para que pueda estudiarse con un detector de radiaciones nucleares. Con ello es posible suprimir el fondo isobárico

propriadamente dicho aplicando, por ejemplo, la ecuación de Bethe-Bloch para el poder de frenado.



**Fig. 2.9.- Acelerador Tándem de 1MV para AMS del CNA**

Como dato de interés podemos decir que para núcleos específicos se puede conseguir detectar concentraciones de hasta  $10^{-12}$  e incluso  $10^{-15}$ . Esta sensibilidad ha permitido la aplicación de la AMS a numerosos campos científicos. Así, hay una muy amplia documentación en la literatura científica acerca de cómo la Física Nuclear Básica, la Astrofísica, las Ciencias de Materiales, la Arqueología, la Biomedicina, la Geología y, por supuesto, todas las Ciencias relacionadas con estudios ambientales y paleoambientales, se benefician de la potencia analítica de AMS.

Con el Espectrómetro de Masas del CNA se pueden determinar núcleos tales como  $^{129}\text{I}$ ,  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{26}\text{Al}$ , isótopos de plutonio y, por supuesto,  $^{14}\text{C}$ . Sobre este último hablamos más adelante.

Con el rango de núcleos accesibles con el espectrómetro se abordan ampliamente problemas de tipo geológico, biomédico, ambiental, paleoambiental, etc. Por ejemplo:

- a) Con  $^{129}\text{I}$  es posible trazar intercambios de masas gaseosas entre el mar y el continente, con lo que se pueden estudiar detalles del clima de regiones. Se puede estudiar el trazado de corrientes marinas, lo que permite avanzar en estudios oceanográficos. Se puede estudiar la edad de aguas subterráneas y su evolución.
- b) Con los isótopos de plutonio se pueden estudiar problemas de radiactividad ambiental, como por ejemplo el de Palomares, así como todo lo relacionado con la observancia de las salvaguardas nucleares por los distintos países.
- c) Con  $^{10}\text{Be}$  se puede estudiar, por ejemplo, la evolución del campo magnético terrestre a lo largo del tiempo y su influencia en los cambios climáticos. Se puede estudiar la edad de irradiación de distintos materiales terrestres con lo que se puede deducir su exposición a la radiación cósmica y, por tanto, inducir el nivel del mar en una época determinada y, de nuevo, el clima en la misma.

- d) Con  $^{26}\text{Al}$  se pueden estudiar problema de sedimentación o corrosión. Incluso problemas médicos, analizando la correlación de su presencia en algunos órganos con enfermedades.
- e) Con  $^{14}\text{C}$ , además de poder datar materiales, de lo que hablamos más adelante, se pueden estudiar problemas de contaminación atmosférica, de control de emisiones de centrales nucleares, de corrientes marinas, y biomédicos.

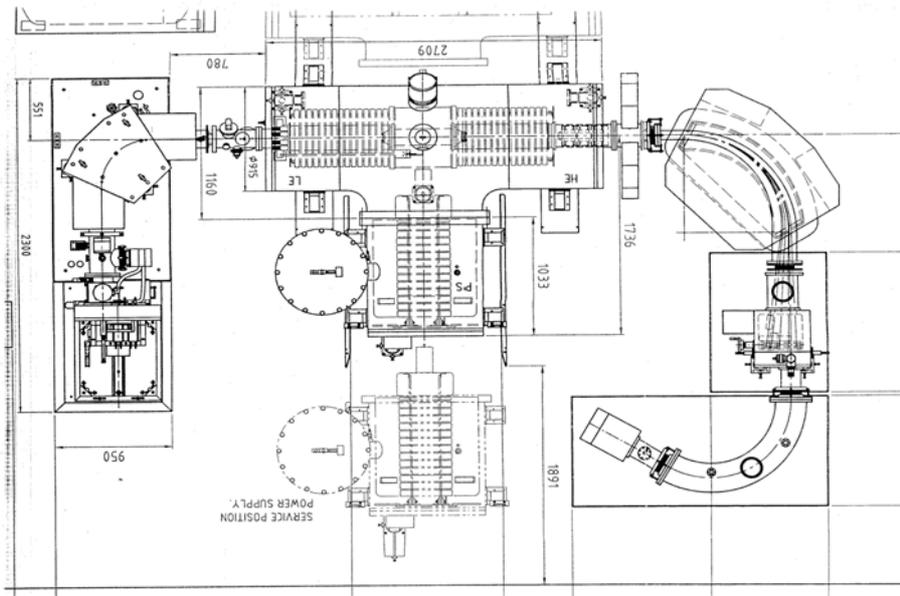


Fig. 2.10.- Representación esquemática del espectrómetro de masas con acelerador (AMS) del CNA

### 2.3.1 Servicio de datación por radiocarbono

Como se sabe, es posible estudiar la edad de muestras de interés arqueológico, artístico, histórico, etc, mediante la medida de su contenido en  $^{14}\text{C}$ , radioisótopo que se produce en la naturaleza y que es un isótopo del carbono, por lo que tiene su mismo comportamiento químico. Asociado al Tándem de 1MV para AMS existe un Servicio de Datación por Radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ). En este servicio se incluye un completo laboratorio de preparación de muestras. Este Servicio es el primero en España de su naturaleza.

Existen en España laboratorios de datación por  $^{14}\text{C}$  pero que usan el método tradicional radiométrico, es decir con detectores de radiación. Por razones científicas la técnica tradicional de datación por  $^{14}\text{C}$  es altamente destructiva (necesita gramos de carbón para datar), consume mucho tiempo de trabajo (una semana de detector por muestra) y es poco productiva (por las razones anteriores).

El uso de un Espectrómetro de Masas con Acelerador (AMS) permite:

- a) Reducir la cantidad de muestra necesaria para producir una fecha hasta fracciones de miligramo (casi no destructiva, muy importante para objetos de interés especial),
- b) Realizar la medición en fracciones de hora por muestra y, consecuentemente, es capaz de

- c) Producir una mayor cantidad de fechas por unidad de tiempo que el método tradicional.

La razón para todo ello reside en que mientras que con el método tradicional se mide la radiación emitida por  $^{14}\text{C}$ , con AMS se mide el número de átomos de  $^{14}\text{C}$  presente en la muestra.

### 2.3.2 Laboratorio de preparación de muestras de $^{14}\text{C}$

Como parte integrante del Servicio de Radiocarbono se ha habilitado y equipado un completo laboratorio de preparación de muestras. Los objetivos del mismo son el aislamiento del carbono de las muestras a medir, y la eliminación de interferentes.

La preparación de las muestras antes de ser analizadas en nuestro sistema de AMS incluye un pretratamiento químico (eliminación de materiales de conservación), seguido de la combustión o disolución de carbonatos (obtención de  $\text{CO}_2$  puro), y finalizando con la grafitización y prensado de las mismas. Como resultado se obtiene un cátodo de aluminio con forma cilíndrica listo para ser introducido en el carrusel de muestras de la fuente de iones del acelerador.



Fig. 2.11.- Línea de grafitización. Laboratorio de radiocarbono

## 3 INVESTIGACIÓN

Como se ve en el apéndice son muchos los usuarios del CNA y que son atendidos por el personal que nuestro Centro tiene para ello. Además existe investigación propia que se lleva a cabo en el Centro por las diferentes Unidades de Investigación. Los resultados de la investigación se presentan más adelante. En este apartado se recogen globalmente las líneas de investigación de cada una de las Unidades.

### 3.1 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN TÉCNICAS DE ANÁLISIS CON HACES DE IONES

En el periodo que recoge esta memoria de investigación se ha continuado trabajando en las líneas de investigación abiertas en años anteriores, llevándose a cabo trabajos en el campo de la ciencia de materiales, medioambiente, biomedicina y patrimonio cultural.

#### 3.1.1 Ciencia de Materiales

Continuando con la investigación realizada en los últimos años sobre el desorden estructural del carburo de silicio producido por implantación iónica, tenemos abierta otra línea de investigación basada en las excelentes propiedades que le hacen ser un buen candidato potencial en espintrónica. Este emergente campo pretende hacer uso no sólo de la carga del electrón sino además de su espín, para la realización de nuevos dispositivos electrónicos y fotónicos con gran funcionalidad. Trabajos teóricos indican que los semiconductores con un ancho de banda prohibida grande, como es el caso del carburo de silicio, son los candidatos más prometedores para alcanzar elevados valores de temperatura de Curie ( $T_c$ ).

En los últimos años el estudio de compuestos de  $Zr_xSi_{1-x}O_2$  en forma de lámina delgada ha adquirido una gran relevancia tanto desde el punto de vista óptico como desde el punto de vista de la microelectrónica. Los óxidos mixtos resultan de gran importancia práctica, entre otras razones, porque es posible obtener materiales con valores de índice de refracción, energía de la banda prohibida y permitividad que no son posibles para óxidos puros. Asimismo se presenta como un posible candidato a sustituir al  $SiO_2$  en dispositivos microelectrónicos.

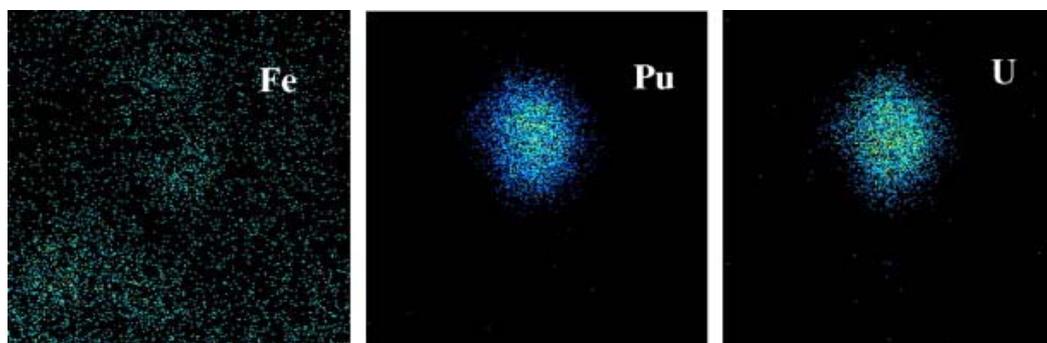
También se han realizado análisis de concentración de C y N en láminas de  $TiO_2$  con deposición química en fase vapor a partir de precursores metalorgánicos con inyección pulsada (PIMOCVD) con plasmas a presión atmosférica.

El análisis de concentración catiónica y de O en láminas de  $RuTiO_4$  depositadas por pirolisis de metalorgánicos a presión atmosférica es otro de los proyectos actuales, cuyo objetivo es la creación de óxidos quasi-binarios inmiscibles. Estos compuestos presentan un estado amorfo metastable a alta temperatura ( $\sim 800^\circ C$ ), siendo de interés los comportamientos eléctricos mixtos que pueden aparecer en este tipo de material.

Se ha llevado a cabo también la determinación de nitrógeno en aceros bifásicos denominados superdúplex, los cuales presentan muy buenas propiedades físico químicas y de resistencia a la corrosión. Debido al alto coste de ciertos elementos de aleación (Ni y Mo), se ha diseñado una serie de aceros que poseen menor cantidad de estos elementos, añadiéndose otros de menor coste y manteniendo una alta concentración en nitrógeno, ya que este elemento hace que el acero siga siendo bifásico. Es por tanto un elemento muy importante para la estructura y propiedades de los aceros dúplex.

### 3.1.2 Medioambiente

Varias partículas calientes, pequeñas partículas concentradas (10-100  $\mu\text{m}$ ) de alta actividad que contienen plutonio y uranio, han sido identificadas y aisladas de las tierras superficiales recogidas recientemente en la zona afectada por el accidente de aviación que tuvo lugar en Palomares (España), en el cual se destruyeron dos bombas nucleares. Estas partículas calientes han sido estudiadas con la microsonda nuclear del CNA, obteniéndose análisis composicional, mapas y distribución en profundidad de los diferentes elementos. Uranio y plutonio han sido identificados en los espectros de PIXE como los principales componentes de las partículas (Fig. 3.1), siendo la concentración de americio de dos ordenes de magnitud inferior. Se estimó además la densidad de las partículas comparando los resultados de RBS con el espesor determinado directamente por SEM.



**Fig. 3.1.- Mapas elementales de Fe, Pu and U de una de las partículas calientes analizadas. El mapa es de  $75 \times 75 \mu\text{m}^2$**

También se comenzaron estudios referentes a la explotación de los recursos minerales, cuya extracción conlleva una serie de alteraciones medioambientales, las cuales se ponen claramente de manifiesto en la Faja Pirítica Ibérica (suroeste peninsular), ya que el abandono de las minas sin adoptar ningún tipo de medidas de recuperación ambiental ha originado numerosos focos de contaminación que afectan a los ríos y suelos del entorno. La finalidad de los análisis que se han comenzado en el CNA es la determinación de elementos potencialmente tóxicos en suelos agrícolas de la Cuenca Minera de Riotinto y la identificación de los minerales en los que se encuentran formando parte.

Así mismo se colaboró con el grupo de investigación sobre material particulado del INFN, de la Universidad de Florencia, con el cual se realizaron test de

reproducibilidad sobre diferentes soportes para aerosoles, estudiados con el objetivo de establecer su adecuación para el análisis mediante la técnica PIXE. Se ha llevado a cabo la recogida de aerosoles con resolución de días y horas en distintos ambientes urbanos de España e Italia, así como el análisis de muestras de aerosoles en colaboración con la Universidad de Extremadura.

### **3.1.3 Biomedicina**

La enfermedad de Parkinson (EP) se caracteriza por la degeneración de las neuronas dopaminérgicas de la sustancia negra pars compacta, lo que tiene como consecuencia un detrimento en la producción del neurotransmisor dopamina; y por un aumento en la cantidad de hierro en dicha zona del cerebro.

El trabajo realizado en el CNA ha consistido en determinar la cuantificación y la distribución del hierro en el interior de células dopaminérgicas para intentar elucidar qué rol juega este metal en la EP. Los resultados obtenidos llevan a pensar que la dopamina juega un rol en la regulación y almacenamiento del hierro en las células dopaminérgicas. Por lo tanto, si en la EP se produce un fallo en el almacenamiento de la dopamina, esto tendría como consecuencia un fallo en el almacenamiento del hierro, este quedaría libre en el medio y podría desencadenar la creación de radicales libre, estrés oxidativo y la muerte celular.

### **3.1.4 Patrimonio Cultural**

En el campo del patrimonio cultural se ha avanzado en los estudios de orfebrería prerromana del sur de la Península Ibérica con el análisis de los tesoros y piezas de joyería más importantes de la zona. Los resultados han permitido establecer algunas posibles procedencias de los minerales usados para la manufactura de estas joyas, lo cual podría ayudar a completar los estudios sobre transporte y comercio de metales en la antigüedad. Otros trabajos han consistido en la caracterización química de vidrios romanos y medievales, bronce arqueológicos, estucos de época romana, islámica y moderna, telas, etc, siempre de forma no destructiva y sin límite de tamaño ni forma de las muestras a analizar, gracias a la utilización de la línea de haz externo del CNA.

## **3.2 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN ESPECTROMETRÍA DE MASAS CON ACELERADORES (AMS)**

La *unidad de AMS* del Centro Nacional de Aceleradores se origina en septiembre de 2005 con la llegada del sistema de Espectrometría de Masas con Aceleradores (AMS) adquirido a la empresa holandesa High Voltage Engineering Europe. De este modo se convierte en la única instalación de AMS en España.

La espectrometría de masas con aceleradores es una técnica nuclear destinada a la detección de radionúclidos muy poco abundantes en la naturaleza. En concreto, se aplica a aquellos isótopos que son muy difíciles de detectar mediante técnicas

radiométricas debido a que tienen una semivida muy grande. En AMS no se detecta la radiación que emiten estos isótopos sino la señal que ellos mismos producen en un detector nuclear después de haber sido seleccionados mediante campos eléctricos y magnéticos. La presencia de un acelerador de partículas tipo tándem permite aumentar sensiblemente la energía de los iones hasta valores en el orden del MeV/uma. De este modo es posible utilizar propiedades nucleares para discriminar unos isótopos de otros. Además, en el *stripper* del acelerador se produce la rotura de las moléculas de la misma masa que el isótopo de interés, lo cual permite reducir aún más las interferencias.

Estas cuestiones hacen que AMS posea una mayor sensibilidad que cualquier otra técnica de detección de radionúclidos, lo cual la hace eficaz en multitud de problemas científicos imposibles de abordar de otro modo.

Los núcleos que se pueden detectar mediante AMS son variados. En el caso de la instalación del CNA, el sistema, basado en un acelerador tándem de 1 MV, se diseñó para la medida de  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{26}\text{Al}$ ,  $^{129}\text{I}$  e isótopos de Pu. En la actualidad se están obteniendo ya resultados de la mayoría de estos isótopos.

La capacidad de la técnica hace que AMS se dedique, como se ha comentado, a problemas que requieren de una alta sensibilidad. Por ello, y entre otras muchas, los estudios medioambientales y la datación son categorías ampliamente abordadas mediante espectrometría de masas con aceleradores y, de hecho, las que engloban la mayor parte de los proyectos que lleva a cabo la unidad de AMS del CNA.



**Fig. 3.2.- Escultura de San Miguel Arcángel atribuida a Lorenzo Mercadante**

La datación mediante  $^{14}\text{C}$  es, posiblemente, la aplicación con mayor impacto externo de la unidad de AMS. El CNA ofrece este Servicio a la muy amplia comunidad científica, de la empresa, de los gestores del patrimonio arqueológico, etc. interesada en su uso. Dado que el sistema fue aceptado finalmente en marzo de 2006 (una vez realizadas las pruebas contempladas en el contrato), han sido necesarios varios meses hasta que fue posible instaurar este servicio con garantías. Estos meses se dedicaron, en primer lugar, a la optimización del método de medida en el CNA, con el objetivo de reducir los niveles de fondo, aumentar la reproducibilidad de las medidas, adaptar el método de análisis de resultados a la instalación, etc. Por otra parte se instaló un

laboratorio de preparación de muestras con una línea de grafitización construida *ex profeso* para el mismo con capacidad para la preparación simultánea de cinco muestras. En la actualidad, el servicio está en funcionamiento y tiene potencial para la preparación y medida de treinta a cuarenta muestras mensuales. Durante la corta vida del servicio se han determinado edades de diferentes tipos de muestras, como fragmentos de madera, conchas marinas, telas o pergaminos y papeles pertenecientes a manuscritos del fondo bibliotecario de la US. Como ejemplo, en la Fig. 3.2 se presenta una escultura de San Miguel Arcángel atribuida a Lorenzo Mercadante y fechada en el CNA entre 1394 y 1470.

El otro gran bloque de aplicaciones a las que se dedica la instalación de AMS del CNA es el medio ambiente. Tanto el  $^{14}\text{C}$  como otros radionúclidos con los que se trabaja en el CNA ( $^{10}\text{Be}$ ,  $^{129}\text{I}$  e isótopos de Pu) ofrecen interesantes posibilidades en este campo. Por ejemplo, el  $^{10}\text{Be}$  es un buen trazador de procesos geológicos. Este radionúclido se origina en las capas altas de la atmósfera debido a la actividad solar y entra posteriormente en el medio ambiente. En el CNA se están llevando a cabo estudios que buscan comprender mejor cuál es exactamente el comportamiento de este isótopo en el medio para la obtención de conclusiones en otros problemas. En ese sentido se está llevando a cabo la preparación de muestras de agua de lluvia tomadas en Sevilla para la detección de la cantidad de  $^{10}\text{Be}$  en las mismas. Los primeros resultados muestran una dependencia estacional ya observada en otros casos. Asimismo, han realizado los primeros análisis de  $^{10}\text{Be}$  en filtros atmosféricos en colaboración con la Universidad de Extremadura.

Otra línea de investigación se basa en la detección del  $^{129}\text{I}$ . Este radionúclido está presente en el medio ambiente en cantidades relevantes desde la mitad del siglo XX aproximadamente y esa presencia se debe a las actividades nucleares artificiales. Este isótopo es, por sus características geoquímicas, un muy buen trazador de procesos geológicos, y posee además gran interés por su afinidad a la materia orgánica. Durante el año 2006 se comenzó en el CNA la preparación y medida de muestras de  $^{129}\text{I}$  en líquenes procedentes de Suecia. En la Fig. 3.3 se muestran algunos de los resultados. El objetivo es evaluar la evolución temporal de las emisiones de las plantas de reprocesamiento del combustible nuclear existentes en Sellafield (Reino Unido) y La Hague (Francia). A este objetivo contribuye otro proyecto en marcha consistente en la detección de  $^{129}\text{I}$  en algas marinas del Mar del Norte. Existen otros proyectos que en la actualidad están en proceso de preparación en los que se estudiará la evolución de las emisiones de las plantas de reprocesamiento en aguas del Océano Ártico.

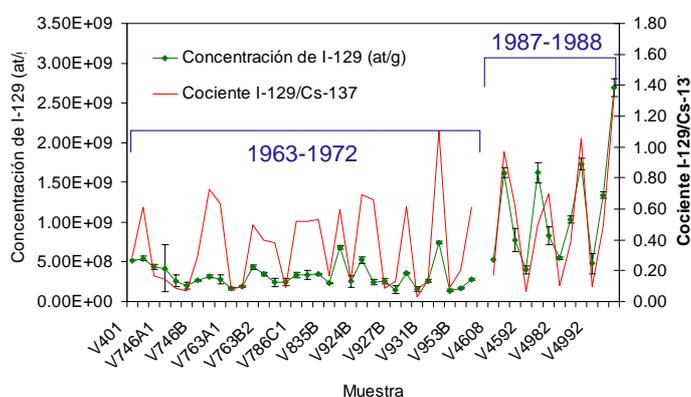


Fig. 3.3.- Medida de muestras de  $^{129}\text{I}$  en líquenes procedentes de Suecia

La instalación de AMS del Centro Nacional de Aceleradores permite también la detección de isótopos de Pu. Si bien las técnicas tradicionales radiométricas no son capaces de distinguir entre el  $^{239}\text{Pu}$  y el  $^{240}\text{Pu}$ , con AMS sí es posible. Esto, sumado a la mayor sensibilidad de esta técnica, hace que se puedan afrontar problemas muy interesantes en los que intervienen estos isótopos. En concreto, en el CNA se está llevando a cabo una colaboración con el CIEMAT para la medida de Pu en muestras de orina humana procedente de la zona de Palomares, en Almería. Esta colaboración se complementa con la medida de Pu en suelos y testigos sedimentarios de la zona. Otro proyecto, en colaboración con la Universidad de Barcelona, pretende la detección de isótopos de Pu en muestras de sedimento del Océano Ártico, en relación con las medidas de  $^{129}\text{I}$  comentadas anteriormente.

### **3.3 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE FÍSICA NUCLEAR EXPERIMENTAL BÁSICA**

#### **3.3.1 Física nuclear experimental para reacciones con núcleos exóticos.**

La física nuclear ha recibido un impulso importante en las últimas décadas gracias al desarrollo de instalaciones de haces de iones radiactivos, como es el caso, por ejemplo, del CERN (European Organization for Nuclear Research). Estos haces permiten estudiar las propiedades de núcleos fuera del valle de estabilidad, conocidos como *núcleos exóticos*. Actualmente, una nueva etapa de desarrollo impulsa este campo de la Física Nuclear, la construcción de las nuevas instalaciones Europeas de iones radiactivos FAIR (Facility Anti-proton and Ion Research), en Alemania y SPIRAL2 (Sistema de Producción de Iones Radiactivos en Línea 2) en Francia.

El estudio de núcleos exóticos está entre los principales intereses científicos del grupo de Sevilla, responsable por la Línea de Física Nuclear Básica del Centro Nacional de Aceleradores (CNA). En este contexto, utilizamos esta línea del CNA y los diferentes haces estables disponibles por el tándem de 3MV, para poner a punto y probar los diferentes tipos de equipos y sistemas de toma y análisis de datos: sistema de detección, electrónica analógica, lógica y digital, y sistema de adquisición y almacenamiento de datos. Estos equipos los utilizamos en las grandes instalaciones Europeas: CERN (Suiza/Francia), CRC (Bélgica) y GSI (Alemania), en las cuales, en los últimos años, estudiamos la dispersión de sistemas exóticos ligeros ( $^6\text{He}$ ,  $^{11}\text{Be}$ ,  $^{11}\text{Li}$ ) por blancos pesados, con objeto de determinar, mediante el análisis de reacciones directas, cómo el carácter débilmente ligado afecta a la estructura de los núcleos exóticos y modifica la forma en la que interaccionan con otros núcleos. Además, aplicamos y desarrollamos formalismos teóricos de dispersión apropiados para describir la colisión cuántica de sistemas débilmente ligados.

### **3.3.2 Instrumentación Nuclear: uso de aceleradores de baja energía para desarrollo de sistemas de trazado y detección de haces de núcleos exóticos.**

El objetivo de esta línea es establecer el CNA como un centro de investigación dedicado al estudio del trazado “tracking” de partículas nucleares y pruebas y desarrollo de nuevos detectores, incluyendo los basados en nuevas tecnologías de detección de partículas, reforzando así la Línea de Física Nuclear Básica del CNA en actividades de desarrollo de instrumentación, principalmente aquellas relacionadas al proyecto FAIR, que se trata de una grande colaboración internacional en la que participa activamente la comunidad científica Española de Física Nuclear.

Debido a las largas dimensiones de los haces de núcleos exóticos, generada por los medios de producción, se requiere la detección y reconstrucción del trazado de las partículas con el objetivo de corregir aberraciones ópticas y obtener buenas resoluciones. Con el debido equipamiento de diagnóstico (monitores de perfil de haz - BPM's), control y optimización (imanes y controles de corrientes), que cuenta la Línea de Física Nuclear Básica del CNA, haces de núcleos estables pueden ser producidos con las mismas características de los haces de núcleos exóticos, en el tándem del CNA, permitiendo pruebas en condiciones reales de experimentos para todo tipo de detectores y equipos. Con este fin, una cámara de reacciones ha sido especialmente proyectada y preparada con conexiones para alta corrientes y voltajes, sistemas de alto-vacío, bajos niveles de ruido electrónico, sistemas de refrigeración y gas, capaz de recibir pruebas de distintos tipos de detectores, Fig. 3.4, entre ellos un detector de electrones secundarios (SeD), que será construido en Francia, a través de una colaboración entre el grupo de nuestra Línea y la Comisión de Energía Atómica (CEA) de Francia.

En la práctica, realizamos pruebas de detectores basados en nuevas tecnologías, como por ejemplo, los detectores de diamante producidos por sistema de deposición química en fase vapor (CVD), para los cuales ya existen perspectivas de aplicación en el estudio de haces de iones radiactivos, por los resultados de investigación realizada, entre otros, en la Línea de Física Nuclear Básica del CNA.

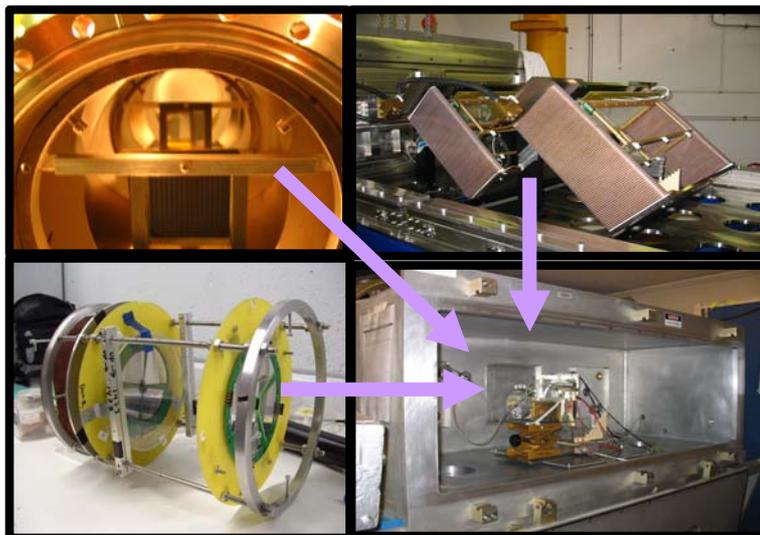
Otro ejemplo importante de desarrollo dentro de la línea de Física Nuclear Básica, utilizando los distintos haces de núcleos estables del acelerador tándem, son los trabajos de análisis de forma de pulsos (Pulse Shape Análisis - PSA) coordinados por el grupo de estructura de la materia (GEM) de la Universidad de Huelva. Los detectores de partículas cargadas, basados en la tecnología del silicio, producen señales de intensidad  $I(t)$  y carga  $Q(t)$ , cuya distribución temporal depende del tipo de partícula incidente. El objetivo de esta actividad experimental es el estudio sistemático de la forma de los pulsos y su correlación con la energía, carga y masa con iones pesados a bajas energías, para contribuir a la base de datos de formas de pulso, actualmente en construcción en las colaboraciones de HYDE (Hybrid Detector - Array) y FAZIA (Four-pi A, Z, Identification Array). Resultados obtenidos permiten decisiones en la construcción de los futuros detectores de partículas de los proyectos FAIR y SPIRAL2.

### 3.3.3 Física nuclear experimental de reacciones con núcleos estables.

Actualmente, el grupo de la Línea de Física Nuclear Básica trabaja para dar continuidad a un programa de medidas de dispersión de núcleos ligeros estables, a ser realizado en el CNA.

Medimos la dispersión elástica e inelástica de protones, deuteronos y alphas, en distintos blancos, a energías cercanas a la barrera Coulombiana, con la propuesta de estudiar el potencial óptico dentro del formalismo de canales acoplados, en reacciones de partículas ligeras y el efecto de la dipolarizabilidad del deuterón. Uno de los ingredientes más importantes es el potencial partícula (p,d,alpha) - núcleo y su determinación a energías de relevancia para la Astrofísica ayudaría a disminuir incertidumbres y ambigüedad de los cálculos. El objetivo es probar un modelo teórico para el potencial nuclear, desarrollado para iones pesados, en núcleos ligeros y protones en una región de energía en el rango alcanzado por el acelerador tándem de 3MV del CNA y donde los canales de reacción suelen ser bastante importantes. Además, queremos estudiar la dipolarizabilidad del deuterón y compararla con la de núcleos exóticos, como por ejemplo el núcleo de  ${}^6\text{He}$ , intensamente estudiado por esta línea de investigación en instalaciones de iones radiactivos Europeas. Con esta propuesta queremos acelerar protones y partículas alpha contra blancos ricos en protones, en una región de masa entre 50 y 100 u.m.a. a bajas energías. Este trabajo, además de encajarse perfectamente al perfil (tipo de haces y energías) del CNA, es ideal para aplicar varios de los formalismos teóricos desarrollados en el Departamento de Física Atómica Molecular y Nuclear de la Universidad de Sevilla.

Esta Línea de Física Nuclear Básica del CNA posee financiación por parte del Plan Nacional de Altas Energías del Ministerio de Educación y Ciencia, a través del proyecto FPA2006-13807-C02-01.



**Fig. 3.4.- Cámara de reacciones proyectada y preparada con conexiones para alta corrientes y voltajes, sistemas de alto-vacío, bajos niveles de ruido electrónico, sistemas de refrigeración y gas, capaz de recibir distintos tipos de detectores**

### 3.4 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE ANÁLISIS DE CONTAMINANTES DEL MEDIO FÍSICO MEDIANTE TÉCNICAS BASADAS EN ACELERADORES (ACOMETA)

El estudio del Medio Ambiente Físico contempla una serie de temas prioritarios íntimamente relacionados, en los que trabajan los investigadores que forman esta Unidad de Investigación. Las líneas que actualmente están desarrollando son las siguientes:

- Contaminación de suelos y sedimentos de ríos y lagos.
- Drenaje ácido de minas.
- Contaminación atmosférica: Aerosoles atmosféricos y Emisiones de gases F, Cl y S producidos por la cocción de arcillas cerámicas .
- Física medioambiental y Biofísica.
- Recursos hídricos. Calidad y gestión de las aguas.
- Tecnologías para la prevención y tratamiento de la contaminación.

El principal interés en el uso de las instalaciones del CNA por parte de esta unidad se ha centrado en implantar técnicas analíticas de metales precisas y no destructivas (e.g. PIXE) en aerosoles atmosféricos, suelos, sedimentos y plantas.

Además de lo comentado anteriormente y aprovechando la capacidad que tiene AMS para medir muy pequeñas concentraciones de radionucleidos en muestras naturales, lo que le hace muy útil para la resolución de problemas ambientales actuales o pasados.

También, se ha utilizado PIXE, RBS y microsonda de protones para realizar la especiación químico-mineralógica de las fases que contienen elementos pesados. En las figuras se pueden observar algunos resultados obtenidos con estas técnicas en suelos mineros contaminados.

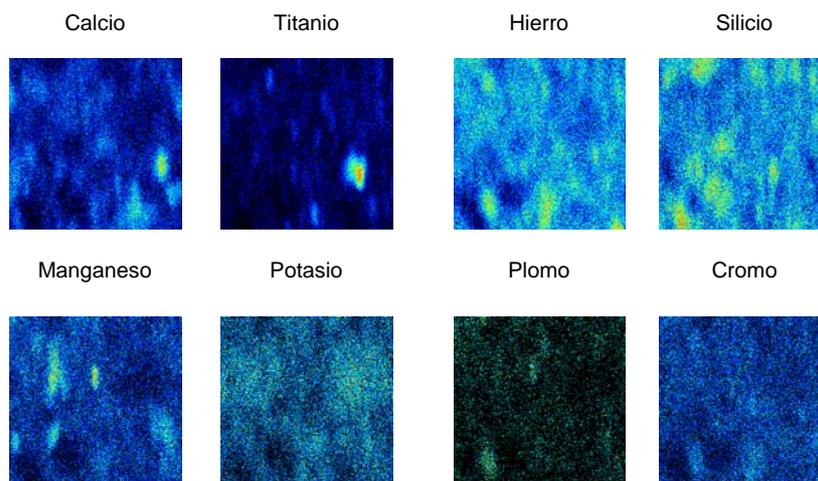


Fig. 3.5.- Mapeo realizado en la microsonda del CNA de distintos elementos en muestras de suelos contaminados

Actualmente, algunos de los miembros de la Unidad desarrollan varios proyectos en los que podrían mejorar los resultados esperados si se utilizan algunas de las técnicas de que dispone el CNA.

Por otra parte, la mayoría de los miembros de la Unidad, junto con personal del staff del CNA, han solicitado un proyecto de investigación titulado “Valoración del impacto provocado por la contaminación atmosférica en suelos agrícolas del entorno de Huelva”. Si se concede llevará implícita una investigación común y que, en su mayor parte, se desarrollará dentro del CNA. Las investigaciones que se realizarán estarán encaminadas a cubrir al menos parcialmente los siguientes objetivos:

- Evaluar el grado y tipo de contaminación por metales y otros compuestos inorgánicos de los suelos de uso agrícola que permita resolver problemas de interés económico y de gran impacto social como es la protección de la salud pública.
- Determinar la influencia de las balsas de fosfoyesos en la posible contaminación radiactiva en suelos, analizando las posibles vías de impacto, ya sea provocada por resuspensión y posterior, o por aportación directa acompañando a los fertilizantes utilizados en los cultivos agrícolas
- Definir el grado de biodisponibilidad de los elementos tóxicos en función de sus parámetros físicos, químicos y la mineralogía de los suelos y la transferencia de radionucleidos desde el suelo a las plantas.
- Identificar las posibles fuentes de contaminación difusa y puntual.
- Modelizar la metodología de trabajo para hacerla extensiva a zonas que presenten la misma problemática ambiental
- Ensayar algunos tratamientos de remediación natural asistida, basados en la aplicación de enmiendas edáficas de bajo coste y mantenimiento, formuladas de acuerdo con las características del suelo y su carga contaminante.

## 4 PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

Se resumen a continuación los resultados de la actividad investigadora que, total o parcialmente, han llevado a cabo en el CNA las distintas Unidades de Investigación.

### 4.1 PARTICIPACIÓN EN PROYECTOS

#### **Securing European radiological protection and radioecology competence to meet the future needs of stakeholders EURAC**

Referencia: F160-CT-2004-5088389

Entidad financiadora: Commission of the European Communities

Coordinador: N. Priest

Investigador principal (Universidad de Sevilla): Manuel García León

Duración: 2004-2006

#### **Imágenes de elementos químicos en células neuronales. Rol de los metales en la etiología de la enfermedad del parkinson**

Referencia: HF2004-115

Entidad financiadora: Ministerio de Educación y Ciencia. Acción Integrada España-Francia

Investigadores principales: Richard Ortega (Francia) y Miguel A. Respaldiza (España)

Duración: 2005-2006

#### **Estudio de la composición del material particulado atmosférico con técnicas de análisis con haces de iones**

Referencia: HI2004-170

Entidad financiadora: Ministerio de Educación y Ciencia. Acción Integrada España-Italia

Investigadores principales: Franco Lucarelli (Italia) y Miguel A. Respaldiza (España)

Duración: 2005-2006

#### **Structural and magnetic properties of SiC single crystals implanted with transition metals**

Referencia: HH2005-0012

Entidad financiadora: Ministerio de Educación y Ciencia. Acción Integrada España-Hungría

Investigadores principales: Gabor Battistig (Hungría) y Javier García López (España)

Duración: 2006-2007.

#### **Métodos Teóricos para la dispersión de núcleos débilmente ligados**

Referencia: HP2003-0121

Entidad financiadora: Ministerio de Ciencia y Tecnología. Acción Integrada España-Portugal

Investigador principal: Joaquín Gómez Camacho (España)

Duración: 2004-2005

**Estudio y modificación de sustratos de SiC mediante haces de iones**

Referencia: MAT2002-02843

Entidad financiadora: Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Investigador principal: Javier García López

Duración: 2002-2005

**Determinación de  $^{129}\text{I}$  y  $^{36}\text{Cl}$  por espectrometría de masas con aceleradores (AMS)**

Referencia BFM2001-3880

Entidad financiadora: Ministerio de Ciencia y Tecnología

Duración: 2002-2005.

Investigador Responsable: Manuel García León

**Aplicaciones de técnicas nucleares para el conocimiento de la orfebrería antigua en la península ibérica**

Referencia: BFM2002-01313

Entidad financiadora: Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Duración: 2002-2005

Investigador principal: Miguel Ángel Respaldiza

**Dispersión y estructura de núcleos exóticos**

Referencia: FPA2002-04181-C04-04

Entidad Financiadora: Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Duración: 2002-2005

Investigador principal: Joaquín Gómez Camacho

**Estudio de la deposición de catalizadores y adsorbentes sobre superficies metálicas para la eliminación de COVs.**

Referencia: MAT2003-06540-C02-0

Entidad financiadora: Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Duración: 2003-2006

Investigador principal: José Antonio Odriozola Gordón

**Processing of SiC: a) thermal oxidation and b) damage induced by irradiation with heavy ions**

Referencia: 2004fr0031

Entidad financiadora: Ministerio de Ciencia y Tecnología. Comisión Mixta CSIC/CNRS

Duración: 2004-2005

Investigador principal: Javier García López

**Microestructura y modos de crecimiento de capas finas de óxidos y su uso como “templates” para el desarrollo de materiales compuestos nanoestructurados**

Referencia: MAT2004-01558

Entidad financiadora: Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Duración: 2004-2007

Investigador principal: Francisco Yubero Valencia

**Estudios sobre espectrometría de masas con aceleradores (AMS), con especial énfasis en AMS de baja energía**

Referencia: FIS2004-00495

Entidad financiadora: Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Duración: 2004-2007

Investigador principal Manuel García León

**Dispersión de núcleos exóticos**

Referencia: FPA2005-04460

Entidad financiadora: Ministerio de Educación y Ciencia

Duración: 2005-2006

Investigador principal: Joaquín Gómez Camacho

**Evaluación de la contaminación de suelos afectados por actividades mineras: problemática ambiental existente en el área de Río Tinto (España)**

Referencia: CTM2005-05832

Entidad financiadora: Ministerio de Educación y Ciencia

Duración: 2005-2008

Investigador principal: Isabel González Díez

**Structural and magnetic properties of SiC single crystals implanted with transition metals**

Referencia: HH2005-0012

Entidad financiadora: Ministerio de Educación y Ciencia

Duración: 2006-2007

Investigador principal: Javier García López

**Implantación de sustratos de SiC con metales de transición: creación de semiconductores magnéticos para aplicaciones en espintrónica**

Referencia: MAT2006-03519

Entidad financiadora: Ministerio de Educación y Ciencia

Duración: 2006-2009

Investigador principal: Javier García López

**Reactores catalíticos de microcanales para la producción de hidrógeno a partir de alcoholes**

Referencia: MAT2006-12386-C05-01

Entidad financiadora: Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Duración: 2006-2009

Investigador principal: José Antonio Odriozola Gordón

**Comercio e intercambio de metales en el Mediterraneo Occidental y Central (Siglo V a.C. a I d.C.)**

Referencia: HUM2006-03154

Entidad financiadora: Ministerio de Educación y Ciencia

Periodo 2006-2009

Investigador principal: Miguel Ángel Respaldiza Galisteo

**Caracterización de la evolución temporal radioactiva de los aerosoles presentes en un emplazamiento exento de término fuente**

Referencia: CTM2006-11105

Entidad financiadora: Ministerio de Educación y Ciencia

Duración: 2006-2009

Investigador principal: Antonio S. Baeza Espasa

**Dispersión, estructura y tracking de núcleos exóticos**

Referencia: FPA2006-13807-C02-01

Entidad financiadora: Ministerio de Educación y Ciencia

Duración: 2006-2009

Investigador principal: Joaquín Gómez Camacho

**Caolines españoles: geoquímica y aproximación a la modelización genética**

Referencia: BTE2001-2415

Entidad Financiadora: Ministerio de Ciencia y Tecnología

Duración: 2001-2005

Investigador principal: Emilio Galán Huertos

**5th European Congress Stainless Steel Science and Market**

Entidad financiadora: Ministerio de Educación y Ciencia.

Referencia: MAT2005-23961

Duración: 2005

Investigador principal: Antonio Paúl Escolano

**Estudio y evaluación del impacto radiológico producido por las actividades de diversas industrias no nucleares del sur de España**

Referencia: CSN2004-001

Entidad financiadora: Consejo de Seguridad Nuclear

Investigador principal: Rafael García-Tenorio García-Balmaseda

Duración: 2004-2007

**Red de vigilancia radiológica ambiental: red de estaciones de muestreo (REM).**

Entidad Financiadora: Consejo de Seguridad Nuclear

Duración: 2003-renovación anual

Investigador principal: Guillermo Manjón Collado

**Plan de vigilancia radiológica ambiental independiente de las instalaciones de El Cabril y la fábrica de uranio de Andújar**

Referencia: OG-148/06

Entidad Financiadora: Consejo de Seguridad Nuclear

Duración: 2003-renovación anual

Investigador principal: Rafael García-Tenorio García-Balmaseda

**Estudio de la deposición de catalizadores y adsorbentes sobre superficies metálicas**

Referencia: E04D046878CO

Entidad Financiadora: Unión Europea. Programa ALBAN

Duración: 2004-2007

Investigador principal: Miguel Ángel Centeno Gallego

**Evolución histórica de los contenidos multielementales y radioactivos en los sedimentos del embalse de Proserpina-Mérida (Badajoz)**

Referencia: 2PR03A091

Entidad financiadora: Junta de Extremadura

Duración: 2003-2005

Investigador Principal: Antonio S. Baeza Espasa

**Evaluación de la seguridad alimentaria y radiológica en la aplicación del fosfoyeso como enmienda de suelos agrícolas recuperados en las marismas del Guadalquivir**

Referencia:CO3-029

Entidad financiadora: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca

Duración: 2004-2006

Investigador principal: José María Abril Hernández.

**Técnicas ultrasensibles para la determinación de radionucleidos en materiales ambientales**

Referencia: EXC/2005/RNM-419

Entidad financiadora: Junta de Andalucía. Proyecto de Excelencia

Duración: 2006-2008

Investigador principal: Manuel García León

**Diseño de aceros ferríticos-martensíticos de baja activación reforzados con óxidos y/o nanotubos de carbono**

Referencia: EXC/2005/TEP-1048

Entidad financiadora: Junta de Andalucía. Proyecto de Excelencia

Duración: 2006-2008

Investigador principal: José Antonio Odriozola Gordón

**Caracterización de la colección del Museo Provincial de Bellas Artes de Sevilla mediante técnicas no destructivas de análisis**

Referencia: EXC/2005/HUM-493

Entidad financiadora: Junta de Andalucía. Proyecto de Excelencia

Duración: 2006-2008

Investigador principal: Miguel Ángel Respaldiza Galisteo

## **4.2 CAPÍTULOS DE LIBROS**

**Radionuclide concentrations in water**

J.L. Más, M. García-León, R. García-Tenorio, J.P. Bolívar

Radionuclide Concentrations in Food and the Environment

Editores: M. Pöschl y Leo. M. L. Mollet

CRC New Cork 2006

Capítulo IV, pp.59-113

**Structures and mineralogy of clay minerals**

M.F. Brigatti, E. Galán, B.K.G. Theng

Handbook of Clay Science. Developments in Clay Science 1

Editores: F. Bergaya, B.K.G. Theng, G. Lagaly

Elsevier, pp 19-86

### **Genesis of clay minerals**

E. Galán

Handbook of Clay Science. Developments in Clay Science 1

Editores: F. Bergaya, B.K.G. Theng, G. Lagaly

Elsevier, pp 1129-1162

### **Tomografía molecular de pequeños animales: fundamentos**

J.M. Martí, I. Peñuelas, G. Quincoces, C.I. Sánchez Angulo

Diseño y Protección Radiológica de Instalaciones PET y Ciclotrón (2005) 65-98

ISBN: 84-89561-50-8

### **High temperature oxidation of AISI-304 austenitic stainless steels in pure CO<sub>2</sub> and air containing H<sub>2</sub>O atmospheres**

O. Montes, A. Paúl, J.A. Odriozola

Stainless Steel`05 Science and Market (2005) 295-302

Editores: J.A. Odriozola, A. Paúl

ISBN: 84-933135-2-1

### **Synergy between silicon and reactive elements on the high temperature oxidation of conventional austenitic stainless steel**

R. Sánchez, O. Montes, A. Paúl, J.A. Odriozola

Stainless Steel`05 Science and Market (2005) 279-288

Editores: J.A. Odriozola, A. Paúl

ISBN: 84-933135-2-1

### **Preparation of AISI 304 stainless steels monolithic catalysts for environmental purposes**

L.M. Martínez, M.A. Centeno, A. Paúl, M. Montes, J.A. Odriozola

Stainless Steel`05 Science and Market (2005) 303-308

Editores: J.A. Odriozola, A. Paúl

ISBN: 84-933135-2-1

### **Proceedings of the Seventeenth International Conference on Ion Beam Analysis**

D. O. Boerma, A. Climent-Font, M. A. Respaldiza

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 249 (2006). Elsevier B.V.

Editores: D. O. Boerma, A. Climent-Font, M. A. Respaldiza

### **Minerales y rocas industriales usados para protección ambiental**

E. Galán, I. González

Utilización de las Rocas y Minerales Industriales. Seminarios de la SEM, vol. 2, (2006)

101-122 Sociedad Española de Mineralogía Universidad de Alicante IGME

Editores: M.A. García del Cura, J.C. Cañavares

ISSN: 1698-5478

### **Efficiency Calibration For Pb210 Gamma-Spectrometric Determinations In Sediment Samples**

E. Gutiérrez de San Miguel, J.P. Pérez Moreno, J.P. Bolívar, J.L. Aguado, R. García-Tenorio

Radioactivity in the Environment (2005) pp. 166 - 174. Elsevier

ISBN: 0-08-044137-8.

**Ra and U isotopes determination in phosphogypsum leachates by alpha-particle spectrometry**

J.L. Aguado, J.P. Bolívar, E. Gutiérrez de San Miguel, R. García-Tenorio  
Radioactivity in the Environment (2005) pp. 160 - 165. Elsevier  
ISBN: 0-08-044137-8

**La utilización de los isótopos de uranio como trazadores en aguas subterráneas. Aplicación al acuífero Almonte-Marismas**

F. González-García, M. Olías, J. González-Labajo, J.P. Bolívar, J.C. Cerón  
VI Simposio sobre el Agua en Andalucía. (2005) Pp. 459 - 469. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.  
ISBN: 84-7840-579-8.

### **4.3 ARTÍCULOS**

#### **4.3.1 Revistas Nacionales**

**Nanomorphology of isostatic pressed kaolins under dry and wet conditions**

P. Aparicio, D. Moro, G. Valdrè, E. Galán  
Macla 6, (2006) 57-60

**Contaminación por metales en suelos agrícolas afectados por la actividad minera de sulfuros polimetálicos (Faja Pirítica Ibérica)**

I. González, M. López, E. Galán  
Macla, 6 (2006) 245-248

**Materias primas para la industria cerámica**

E. Galán, P. Aparicio  
Seminarios de la Sociedad Española de Mineralogía 3 (2006) 31-49

**Minerales y Rocas Industriales usados para la protección ambiental**

E. Galán, I. González  
Seminarios de la Sociedad Española de Mineralogía 3 (2006) 101-122

#### **4.3.2 Revistas Internacionales**

**DRIFTS analysis of the CO<sub>2</sub> detection mechanisms using LaOCl sensing material**

A. Marsal, M.A. Centeno, J.A. Odriozola, A. Cornet, J.R. Morante  
Sensors & Actuators B: Chemical, 108 (2005) 484-489

**New redox deposition-precipitation method for preparation of supported manganese oxide catalysts**

I. Barrio, I. Legorburu, M. Montes, M.I. Domínguez, M.A. Centeno, J.A. Odriozola  
Catalysis Letters, 101 (2005) 151-157

**Microstructural characterization of EUROFER-ODS RAFM steel in the normalized and tempered condition and after thermal aging in simulated fusion condition**

A. Paul, E. Alves, L.C. Alves, C. Marques, R. Lindau, J.A. Odriozola  
Fusion Engineering and Design, 75-79 (2005) 1061-1065

**Characterization and stability studies of titanium beryllides**

E. Alves, L.C. Alves, N. Franco, M.R. da Silva, A. Paul, J.B. Hegeman, F. Druyts  
Fusion Engineering and design, 75-79 (2005) 759-763

**Photocatalysis in the visible range of sub-stoichiometric anatase films prepared by MOCVD**

I. Justicia, G. Garcia, G.A. Battiston, R. Gerbasi, F.J. Ager, M. Guerra, J. Caixach, J.A. Pardo, J. Rivera, A. Figueras  
Electrochimica Acta, 50 (2005) 4605-4608

**RBS-Channeling and EPR studies of damage in 2 MeV Al<sup>2+</sup> -implanted 6H-SiC substrates**

Y. Morilla, J. García López, G. Battistig, J.L. Cantin, J.C. Cheang-Wong, H.J. von Bardeleben, M.A. Respaldiza.  
Materials Science Forum, 483-485 (2005) 291-294

**Comparative study of c-axis AlN films sputtered on metallic surfaces**

A. Sanz-Hervás, L. Vergara, J. Olivares, E. Iborra, Y. Morilla, J. García López, M. Clement, J. Sangrador, M.A. Respaldiza  
Diamond and Related Materials, 14 (2005) 1198-1202

**The response of several luminescent materials to keV and MeV ions**

Kieran J. McCarthy, J. García López, D. Jiménez Rey, Bernardo Zurro, A. Ibarra, A. Baciero, M. A. Respaldiza  
Journal of Nuclear Materials, 340 (2005) 291-298

**Interfacial phases and electrical characteristics of ferroelectric strontium bismuth tantalite films on Pt/TiO<sub>2</sub> and Ti/Pt/Ti heterostructure electrodes**

M.L. Calzada, R. Jiménez, A. González, J. García-López, D. Leinen, E. Rodríguez-Castellón  
Chemistry of Materials, 17 (2005) 1441-1449

**Chemical solution deposition of (Pb<sub>1-x</sub>Ca<sub>x</sub>)TiO<sub>3</sub> thin films with x ~ 0.5 as new dielectrics for tunable components and dynamic random access memories**

M.L. Calzada, I. Bretos, R. Jiménez, J. Ricote, J. Mendiola, J. García López, M.A. Respaldiza  
Journal of the European Ceramic Society, 88 (2005) 3388-3396

**Low Energy Reactions at REX-ISOLDE, The Li + H Case**

Jeppesen H., Ames F., Van Den Bergh P., Bergmann U. C., Bollen G., Borge M. J. G., Cederkäll J., Van Duppen P., Emhofer S., Forstner O., Fraile L. M., Fynbo H. O. U., Gómez-Camacho J., Habs D., von Hahn R., Huber G., Huyse M., Johansson H. T., Jonson B., Kester O., Liljeby L., Meister M., Moro A. M., Nilsson T., Nyman G., Onionen M., Pantea M., Podlech H., Ratzinger U., Reisinger K., Rensfelt K. G., Repnow R., Riisager K., Richter A., Rudolph K., Scheit H., Schempp A., Schmidt P., Schrieder G., Schwalm D., Sieber T., Simon H., Tengblad O., Tengborn E., Turrion M., Weissman L., Wenander F., Wolf B. H  
Nuclear Physics A, 748 (2005) 374-392

**Scattering of He at energies around the Coulomb Barrier**

A.M. Sánchez-Benítez, D. Escrig, M.A.G. Álvarez, M.A. Andrés, C. Angulo, M.J.G.Borge, J. Cabrera, S. Cherubini, J.M. Espino, P.P. Figuera, M. Freer, J.E. García-Ramos, J. Gómez-Camacho, M. Giulino, O.R. Kakuee, I. Martel, C. Metelko, A.M. Moro, J. Rahighi, K. Rusek, D. Smirnov, O. Tengblad, P. van Duppen, V. Ziman,  
Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics, 31 (2005) S1953-S1958

**Is the optical model valid for the scattering of exotic nuclei?**

J. Gómez-Camacho, M.A.G. Alvarez, A. Moro, I. Martel, A. Sanchez-Benitez, D. Escrig, M.J.G. Borge.  
AIP Conference Series, 791 (2005) 146-153

**Determination of  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  in aerosol samples in Seville (Spain)**

F.J. Santos, J.M. López-Gutiérrez, M. García-León, M. Suter, H.-A. Synal  
Journal of Environmental Radioactivity, 84 (2005) 103-109

**$^{239}\text{Pu}$  sorption by suspended matter from Hueznar Reservoir (Southern Spain): experimental and modelling study**

J.M.Abril, R. El-Mrabet, H.Barros, G.Manjón, R.García-Tenorio  
Radioprotection Colloques, 40 (2005) S343-S349

**Scattering of He-6 at energies around the Coulomb barrier**

A.M. Sanchez-Benitez, D. Escrig, M.A.G. Alvarez, et al  
Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics, 31 (2005) 1953-1958

**IBA analysis of some precolumbian golden-copper samples**

E. Andrade, G. Murillo, R. Policroniades, L. Acosta, E.P. Zavala, M.F. Rocha, S.A. Centeno  
Nuclear Instruments and Methods B, 240 (2005) 570-575

**Mineralogy and origin of atmospheric particles in the industrial area of Huelva (SW, Spain)**

J.M. Bernabé, M.I. Carretero, E. Galán  
Atmospheric Environment, 39 (2005) 6777-6789

**An approach to determine the deterioration depth of stone from its geochemical variation**

J.M. Bernabé, M.I. Carretero, E. Galán

Restoration of Buildings and Monuments, 11 (2005) 227-234

**Measurement of actinides on a compact AMS system working at 300 kV**

L. Wacker, E. Chamizo, L.K. Fifield, M. Stocker, M. Suter, H.A. Synal

Nuclear Instruments and Methods B, 240 (2005) 452-457

**Iodine-129 in soils from Northern Ukraine and the retrospective dosimetry of the iodine-131 exposure after the Chernobyl accident**

R. Michel, J. Handl, T. Ernst, W. Botsch, S. Szidat, A. Schmidt, D. Jakob, D. Beltz, L.D. Romantschuk, H.-A. Synal, Ch. Schnabel, JM López-Gutiérrez.

The Science of the Total Environment, 340 (2005) 35-55

**CO oxidation over gold supported catalysts coated ceramic foams prepared from stainless steel wastes**

M.I. Domínguez, M. Sánchez, M.A. Centeno, M. Montes, J.A. Odriozola

Applied Catalysis A, 302 (2006) 96-103

**Phase transformations and structural studies of EUROFER RAFM alloy**

A. Paúl, A. Beirante, L.C. Alves, E. Alves, J.A. Odriozola

Materials Science Forum, 514-516 (2006) 500-504

**Comparative study of Au/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Au/CeO<sub>2</sub>/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts**

M.A. Centeno, K. Hadjiivanov, Tz. Venkov, Hr. Klimev, J.A. Odriozola

Journal of Molecular Catalysis A, 252 (2006) 142-149

**Synthesis and characterization of xerogel titania modified with Pd and Ni**

L. M. Martínez T, C. Montes de Correa, J. A. Odriozola, M. A. Centeno

Journal of Molecular Catalysis A, 253 (2006) 252-260

**Ion beam characterisation of ODS steel samples after long term annealing conditions**

L.C. Alves, E. Alves, A. Paúl, M.R. da Silva, J.A. Odriozola

Nuclear Instruments and Methods B, 249 (2006) 493-496

**SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> thin films with variable refractive index prepared by IBICVD and PECVD**

F. Gracia, F. Yubero, J.P. Holgado, J.P. Espinós, A.R. González-Elipe, T. Girardeau

Thin Solid Films, 500 (2006) 19-26

**Correlation between optical properties and electronic parameters for mixed oxide thin films**

F. Gracia, F. Yubero, J.P. Espinós, J.P. Holgado, A.R. González-Elipe, T. Girardeau

Surface and Interface Analysis, 38 (2006) 752-756

**Design and control of porosity in oxide thin films grown by PECVD**

A.I. Borrás, A. Barranco, A.R. González-Elipe  
Journal of Material Science, 41 (2006) 5220-5226

**Plasma characterization of oxygen-tetramethylsilane mixtures for the plasma-enhanced CVD of  $\text{SiO}_x\text{C}_y\text{H}_z$  thin films**

A. Yanguas-Gil, A. Barranco, J. Cotrino, P. Gröning, A. R. González-Elipe  
Chemical Vapor Deposition, 12 (2006) 728-735

**Identifying elements in rocks from the Dry Valleys desert (Antarctica) by ion beam proton induced X-ray emission**

J. Wierzbos, C. Ascaso, F.J. Ager, I. García-Orellana, A. Carmona-Luque, M.Á. Respaldiza  
Nuclear Instruments and Methods B, 249 (2006) 571-574

**PIXE analysis of PM10-2.5 and PM2.5 with hourly resolution from Michelozzo's Courtyard in Palazzo Vecchio (Florence, Italy)**

M. Chiari, F. Lucarelli, A. Migliori, S. Nava, G. Valli, R. Vecchi, I. Garcia-Orellana, F. Mazzei  
Nuclear Instruments and Methods B, 249 (2006) 552-555

**Hourly elemental composition and source identification of fine and coarse PM10 in an Italian urban area stressed by many industrial activities**

M. Chiari, P. Del Carmine, I. Garcia Orellana, F. Lucarelli, S. Nava, L. Paperetti  
Nuclear Instruments and Methods B, 249 (2006) 584-587

**The new external beam facility for environmental studies at the Tandatron accelerator of LABEC**

G. Calzolari, M. Chiari, I. García Orellana, F. Lucarelli, A. Migliori, S. Nava, F. Taccetti  
Nuclear Instruments and Methods B, 249 (2006) 928-931

**RBS analysis of substoichiometric  $\text{TiO}_2$ -anatase thin films for visible-light photocatalysis**

F.J. Ager, I. Justicia, R. Gerbasi, G.A. Battiston, N. McSpornan, A. Figueras  
Nuclear Instruments and Methods B, 249 (2006) 490-492

**Nitrogen determination in micas of metamorphic rocks**

F.J. Ager, M.P. Mata, M.D. Ynsa, M.A. Respaldiza, B. Goffé, F. Nieto  
Nuclear Instruments and Methods B, 249 (2006) 642-645

**Elemental characterization of PM10, PM2.5 and PM1 in the town of Genoa (Italy)**

V. Ariola, A. D'Alessandro, F. Lucarelli, G. Marcazzan, F. Mazzei, S. Nava, I. Garcia-Orellana, P. Prati, G. Valli, R. Vecchi, et al.  
Chemosphere, 62 (2006) 226-232

**Chemical composition of particulate matter in Elche (Spain)**

M. Chiari, I. Garcia Orellana, F. Lucarelli, S. Nava, S. Caballero, J. Crespo, J. Nicolas, E. Yubero  
Chemical Engineering Transactions, 10 (2006) 71-76

**Elemental distributions in femoral bone of rat under osteoporosis preventive treatments**

M.D. Ynsa, F.J. Ager, L.C. Alves, M.A. Zubeldia, J.C. Millán, T. Pinheiro  
Journal of Microscopy, 224 (2006) 298–305

**A view of the implanted SiC damage by Rutherford backscattering spectroscopy, spectroscopic ellipsometry and transmission electron microscopy**

G. Battistig, J. García López, Y. Morilla, N.Q. Khánh, P. Petrik, T. Lohner, L. Dobos, B. Pécz.  
Journal of Applied Physics, 100 (2006) 093507-1- 093507-5

**Optically active Er<sup>3+</sup>-Yb<sup>3+</sup> codoped Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> films produced by pulsed laser deposition**

A. Og. Dikovska, P.A. Atanasov, M. Jiménez de Castro, A. Perea, J. Gonzalo, C.N. Afonso, J. García López  
Thin Solid Films, 500 (2006) 336-340

**PIXE-PIGE analysis of late Roman glass fragments**

B. Gómez-Tubío, M.A. Ontalba Salamanca, I. Ortega-Feliu, M.A. Respaldiza, F. Amores Carredano, D. González-Acuña  
Nuclear Instruments and Methods B, 249 (2006) 616-621

**External-beam PIXE spectrometry for the study of Punic jewellery (SW Spain): The geographical provenance of the palladium-bearing gold**

M.A. Ontalba Salamanca, B. Gómez-Tubío, I. Ortega-Feliu, M.A. Respaldiza, M. L. de la Bandera, G. Ovejero Zappino, A. Bouzas, A. Gómez-Morón  
Nuclear Instruments and Methods B, 249 (2006) 622-627

**High-temperature plastic behaviour of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> directionally solidified eutectics**

J. Ramírez-Rico, A.R. Pinto-Gómez, J. Martínez-Fernández, A.R. de Arellano-López, P.B. Oliete, J.I. Peña, V.M. Olera  
Acta Materialia 54, (2006) 3107-3116

**Exploring advantages of <sup>4</sup>He-PIXE analysis for layered objects in cultural heritage**

S. Röhrs, T. Calligaro, F. Mathis, I. Ortega-Feliu, J. Salomon, P. Walte  
Nuclear Instruments and Methods B, 249 (2006) 604-607

**A semiclassical analysis of the He Pb elastic scattering**

A. Sanchez-Benítez, J. Rodríguez-Quintero, I. Martel, K. Rusek, J. Gómez-Camacho, M.A.G. Álvarez  
Acta Physica Polonica B, 37 (2006) 219-224

**Long range absorption in the elastic scattering of He on Pb and Au at 27 MeV**

O. R. Kakuee, M. A. G. Alvarez, M. V. Andrés, S. Cherubini, T. Davinson, A. Di Pietro, W. Galster, J. Gómez-Camacho, A. M. Laird, M. Laméhi-Rachti, I. Martel, A. M. Moro, J. Rahighi, A. M. Sánchez-Benitez, A. C. Shotter, W. B. Smith, J. Vervier, P. J. Woods  
Nuclear Physics A, 765 (2006) 294-306

**Probing He structure from proton inelastic collisions**

R. Crespo, A.M. Moro, I.J. Thompson, M. Rodríguez-Gallardo, J. Gómez-Camacho, J.M. Arias

FINUSTAR. AIP Conference Proceedings, 831 (2006) 263-267

**Investigation of the Li+H Li+t reaction at REX-ISOLDE**

H.B. Jeppesen, A.M. Moro, T. Nilsson, F. Ames, P. van den Bergh, U.C. Bergmann, G. Bollen, M.J.G. Borge, J. Cederkall, P. Van Duppen, S. Emhofer, O. Forstner, L.M. Fraile, H. Fynbo, J. Gómez-Camacho, D. Habs, R. von Hahn, G. Huber, M. Huyse, H.T. Johansson, B. Jonson, O. Kester, H. Lenske, L. Liljeby, M. Meister, G. Nyman, M. Oinonen, M. Pantea, H. Podlech, U. Ratzinger, K. Reisinger, K.G. Rensfelt, R. Repnow, K. Riisager, A. Richter, K. Rudolph, H. Scheit, A. Schempp, P. Schmidt, G. Schrieder, D. Schwalm, T. Sieber, H. Simon, O. Tengblad, E. Tengborn, M. Turrion, L. Weissmann, F. Wenander, B. Wolf

Physics Letters B, 635 (2006) 17-22

**Study of  $^{10}\text{Li}$  via the  $^9\text{Li}(^2\text{H},p)$  reaction at REX-ISOLDE**

H.B. Jeppesen, A.M. Moro, U.C. Bergmann, G. Bollen, M.J.G. Borge, J. Cederkall, L.M. Fraile, H. Fynbo, J. Gómez-Camacho, H.T. Johansson, B. Jonson, O. Kester, T. Nilsson, G. Nyman, M. Pantea, K. Riisager, A. Richter, G. Schrieder, T. Sieber, O. Tengblad, E. Tengborn, M. Turrion, F. Wenander

Physics Letters B, 642 (2006) 449-454

**The effect of pressure on order/disorder in kaolinite under dry and wet conditions**

E. Galán, P. Aparicio, A. La Iglesia, I. González

Clays and Clay Minerals, 54 (2006) 230-239

**Fluorine, chlorine and sulphur emission from the andalusian ceramic industry (Spain). Proposal for their reduction and estimation of threshold emission values**

I. González, E. Galán, A. Miras

Applied Clay Science, 32 (2006) 153-171

**The present environmental scenario of El Melah lagoon (NE Tunisia): Evolution from a past open lagoon to a future sabkha**

F. Ruiz, M. Abad, E. Galán, I. González, M. Olías, J.L. Gómez Ariza

Journal of African Earth Science, 44 (2006) 289-302

**The present environmental scenario of the Nador lagoon (Morocco)**

F. Ruiz, M. Abad, M. Olías, E. Galán, I. González, E. Aguila, N. Hamoumi, E. Boumaggard, I. Boumterhane

Environmental Research, 102 (2006) 215-229

**Estimation of potential pollution of waste dumps at the Peña de Hierro (Pyrite Belt, SW Spain)**

A. Romero, I. González, E. Galán

Applied Geochemistry, 21 (2006) 1093-1118

**The role of sulphates efflorescences in the storage of trace elements in stream waters polluted by acid mine drainage. The case of Peña de Hierro (SW Spain)**

A. Romero, I. González, E. Galán  
Canadian Mineralogist, 44 (2006) 1465-1480

**Optimised background reduction in low-level gamma-ray spectrometry at a surface laboratory**

S. Hurtado, M. García-León, R. García-Tenorio  
Applied Radiation and Isotopes, 64 (2006) 1006-1012

**Overcoming ICP-QMS instrumental limitations for  $^{99}\text{Tc}$  determination in Environmental solid samples using radiochemistry**

J.L. Más, M. García-León, J.P. Bolívar,  
Applied Radiation and Isotopes, 64 (2006) 502-507

**A revision of energy and resolution calibration method of Ge detectors**

S. Hurtado, M. García-León, R. García-Tenorio  
Nuclear Instruments and Methods A, 564 (2006) 295-299

**$^{99}\text{Tc}$  in the environment: sources, distribution and methods**

M. García-León  
Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences, 6 (2006) 253-259

**Presence of plutonium contamination in soils from Palomares (Spain)**

M. C. Jiménez, R. García-Tenorio, I. Vioque, G. Manjón, M. García-León  
Environmental Pollution, 142 (2006) 487-492

**Determination of  $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$  atomic ratio in soils from Palomares (Spain) by low-energy accelerator mass spectrometry**

E. Chamizo, M. García-León, H.A. Synal, M. Suter, L. Wacker  
Nuclear Instruments and Methods B, 249 (2006) 768-771

**Advances on the determination of  $^{129}\text{I}$  by accelerator mass spectrometry (AMS)**

F. J. Santos, J. M. López-Gutiérrez, E. Chamizo, M. García-León, H. A. Synal  
Nuclear Instruments and Methods B, 249 (2006) 772-775

**An assay on the effect of preliminary restoration tasks applied to a large tenorm wastes disposal in the south-west of Spain**

J.L. Mas, E.G. San Miguel, J.P. Bolívar, F. Vaca, J.P. Pérez Moreno  
The Science of the Total Environment, 362 (2006) 55-66

**Determination of  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  isotope ratios in environmental waters by quadrupole ICP-MS after U stripping from alpha-spectrometry counting sources**

José Luis Mas Renli Ma, Cameron Mcleod, Jesús González-Labajo Alan Cox, Paul Watson  
Analytical and Bioanalytical Chemistry, 386 (2006) 152-160

**Concentration and depth profiles of elements in Si<sub>x</sub>N<sub>y</sub>H<sub>z</sub>/Si thin films produced by PECVD**

G. Murillo, E. Andrade, J.C. Alonso, L. Acosta, M.F. Rocha, E.P. Zavala, R. Policroniades

Nuclear Instruments and Methods B, 249 (2006) 417-420

**Application of sepiolite-cellulose pastes for the removal salts from buildings stones**

M.I.Carretero, J.M.Bernabé, E.Galán

Applied Clay Science, 33 (2006) 43-51

**The present environmental scenario of the Nador Lagoon (Morocco)**

F. Ruiz, M. Abad, M. Olías, E. Galán, I. González, E. Aguila, N. Hamoumi, I. Pulido, M. Cantano

Environmental Research, 102 (2006) 215-229

**A new kaolinite order index based on XRD profile fitting**

P. Aparicio, E. Galán, R.E. Ferrell

Clay Minerals, 41 (2006) 811-817

#### **4.4 OTRAS PUBLICACIONES**

**Estudio de la evolución de los niveles de radioactividad y de la composición multielemental de sedimentos procedentes del embalse de Proserpina (Badajoz)**

F.J. Ager, A. Baeza, J. Guillén, M.Á. Ontalba, A. Rodríguez

Radioprotección, Revista de la Sociedad Española de Protección Radiológica, Nº 45 Extraordinario, Vol. XII (2005)

ISSN: 1133-1747

**Problemática ambiental derivada de las explotaciones mineras a cielo abierto**

I.González,

Memorias de la Real Academia Sevillana de Ciencias

**Hardpan formation on rich iron oxy-hydroxides waste dumps**

Romero, A., González, I., Galán, E., Rammlmair, D.

4th M-WINE Workshop on Hardpan Formation and Waste Rock Geochemistry and Hydrology 2006 <http://www.kjeoy.no/talks.htm>

## **4.5 PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS**

### **4.5.1 Congresos Nacionales**

#### **Medidas de isótopos de Plutonio, $^{239}\text{Pu}$ y $^{240}\text{Pu}$ , en suelos y sedimentos mediante AMS de baja energía**

E. Chamizo, M. García-León, M. Suter, H.-A. Synal, L. Wacker  
IV Jornadas de Calidad sobre el Control de la Radiactividad Ambiental  
Sevilla  
Mayo 2005

#### **Investigación, servicios y acreditación**

R. García-Tenorio  
IV Jornadas sobre Calidad en el Control de la Radiactividad Ambiental  
Sevilla  
Mayo 2005

#### **Valorización de residuos de acerías: fabricación de espumas cerámicas para la eliminación de compuestos orgánicos volátiles**

M.I. Domínguez, M. Sánchez, M.A. Centeno, M. Montes, J.A. Odriozola  
Reunión de la Sociedad Española de Catálisis SECAT'05  
Móstoles, Madrid (España)  
Junio 2005

#### **La utilización de los isótopos de uranio como trazadores en aguas subterráneas. Aplicación al acuífero Almonte-Marismas**

M. Olías, J.P. Bolívar, J.C. Cerón  
VI Simposio del Agua en Andalucía.  
Córdoba  
Junio 2005

#### **Aplicabilidad del método de precipitación-depósito redox sobre soportes estructurados para preparar MnOx soportados para la eliminación de Covs**

M. Sánchez, I. Barrio, M. Montes, M.I. Domínguez M.A. Centeno, J.A. Odriozola  
Reunión de la Sociedad Española de Catálisis SECAT'05  
Móstoles, Madrid (España)  
Junio 2005

#### **El yacimiento de caolín "V9" (Vimianzo, La Coruña). Evidencias sobre su origen**

E. Galán, A. Miras, P. Aparicio, M.G. Márquez, I. González, J.C. Fernández Caliani  
XXV Reunión Sociedad Española de Mineralogía  
Alicante  
Julio 2005

#### **Niveles de concentración de As y metales pesados en los suelos del entorno de las minas abandonadas de la Faja Pirítica Ibérica**

J.C. Fernández Caliani, I. González, P. Aparicio, C. Barba, E. Galán  
XXV Reunión Sociedad Española de Mineralogía  
Alicante

Julio 2005

**Las eflorescencias derivadas del drenaje ácido de minas como acumuladores de elementos tóxicos. El caso de Peña de Hierro España.**

A. Romero, I. González, E. Galán  
XXV Reunión Sociedad Española de Mineralogía  
Alicante  
Julio 2005

**Medida de  $^{129}\text{I}$ ,  $^{36}\text{Cl}$  e isótopos de plutonio,  $^{239}\text{Pu}$  y  $^{240}\text{Pu}$ , mediante AMS**

E. Chamizo, J.M. López-Gutiérrez, F.J. Santos, M. García-León  
XXX Bienal de la Real Sociedad Española de Física  
Vigo  
Septiembre 2005

**El nuevo sistema compacto de AMS de 1MV del Centro Nacional de Aceleradores, Sevilla**

E. Chamizo, M. García-León, J.M. López-Gutiérrez, F.J. Santos  
XXX Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física.  
Vigo  
Septiembre de 2005

**Estudio de la evolución de los niveles de radioactividad y de la composición multielemental de sedimentos procedentes del embalse de Proserpina (Badajoz)**

F.J. Ager, A. Baeza, J. Guillén, M.Á. Ontalba, A. Rodríguez  
X Congreso Nacional de la Sociedad Española de Protección Radiológica  
Huelva  
Septiembre de 2005

**Microstructural characterisation of reduced activation eurofer ods alloy after annealing during 3600 Hours at 700°C**

A. Paúl, L.C. Alves, E. Alves, J.A. Odriozola  
X Congreso Nacional de Tratamientos Térmicos y de Superficie, TRATERMAT'05  
Sevilla  
Octubre 2005

**Recubrimientos de hidroxiapatita sustituida con silicio mediante ablación láser**

E.L.Solla, J.P. Borrajo, P. González, J. Serra, S. Chiussi, B. León, J. García López  
XIV Congreso de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio  
Sevilla  
Noviembre 2005

**Análisis de vidrios romanos mediante PIXE y PIGE**

I. Ortega-Feliu, B. Gómez Tubío, M.A. Ontalba Salamanca, M.A. Respaldiza, F. Amores Carredano, D. González-Acuña  
VI Congreso Ibérico de Arqueometría  
Gerona  
Noviembre 2005

**Caracterización de la orfebrería orientalizante de la necrópolis de la Joya (Huelva)**

B. Gómez Tubío, M. L. De La Bandera, M.A. Ontalba Salamanca, I. Ortega-Feliu Y M.A. Respaldiza  
VI Congreso Ibérico de Arqueometría  
Gerona  
Noviembre 2005

**Estudio comparativo de vidrios históricos mediante técnicas analíticas convencionales y no convencionales**

N. Carmona, I. Ortega, B. Gómez-Tubío, M. Walczak, M.A. Villegas  
7ª Reunión Red Temática de Patrimonio Histórico y Cultural del CSIC  
Madrid  
Diciembre 2005

**Geoquímica y especiación química y mineralógica de suelos agrícolas afectados por escombreras de minas (Faja Pirítica Ibérica)**

I. González Díez, M. López Pérez, J. García López.  
II Congreso Ibérico de la Ciencia del Suelo  
Huelva  
Junio 2006

**El nuevo sistema de AMS del CNA**

F.J. Santos, E. Chamizo, A. Ferrero, M. García-León, I. Gómez-Martínez, J.M. Gómez-Guzmán, J.M. López-Gutiérrez, A.R. Pinto, A. Ruiz.  
Encuentro de Física Nuclear 2006  
Valencia  
Septiembre 2006

**Contaminación por metales en suelos agrícolas afectados por la actividad minera de sulfuros polimetálicos (Faja Pirítica Ibérica)**

I. González Díez, M. López Pérez, E. Galán Huertos  
XXVI Reunión de la Sociedad Española de Mineralogía XX Reunión de La Sociedad Española de Arcillas  
Oviedo  
Septiembre 2006

#### **4.5.2 Congresos Internacionales**

**Scattering of He at energies around the coulomb barrier**

A.M. Sánchez-Benítez, D. Escrig, M.A.G. Álvarez, C. Angulo, M.J.G.Borge, J. Cabrera, S. Cherubini, J.M. Espino, P.P. Figuera, M. Freer, J.E. García-Ramos, J. Gómez-Camacho, M. Giulino, O.R. Kakuee, I. Martel, C. Metelko, A.M. Moro, J. Rahighi, K. Rusek, D. Smirnov, O. Tengblad, P. Van Duppen, V. Ziman.  
Nustar Collaboration Meeting  
Guildford anuary  
2005

**Experience on Spanish environmental radiological surveillance network**

G. Manjón, A. Absi, J. Díaz-Ruiz, R. García-Tenorio, M. García-León, S. Hurtado, M.C. Jiménez-Ramos, F.J. Santos, M. Villa, J.M. Abril, H. Barros.

Actes de La Journée Nationale Etat de la Recherche dans le Domaine de la Radioprotection au Maroc

2005

**Phase transformation and structural studies of EUROFER RAFM alloy**

A. Paul, A. Beirante, N. Franco, E. Alves, J.A. Odriozola

XII Portuguese Materials Science Meeting and III International Materials Symposium Aveiro (Portugal)

Marzo 2005

**Is the optical model valid for the scattering of exotic nuclei?**

J. Gómez-Camacho

Ria Workshop

Michigan State University (EEUU)

Marzo 2005

**Aerosol characterization at the Mt. Cimone high mountain station during summer 2004**

F. Marengo, P. Bonasoni, F. Calzolari, M. Ceriani, M. Chiari, P. Cristofanelli, A. D'Alessandro, I. Garcia-Orellana, F. Lucarelli, F. Mazzei, S. Nava, P. Prati, G. Valli, R. Vecchi

*European Geosciences Union*

Viena (Austria)

Abril 2005

**Geochemistry, mineralogy and micropaleontology of sediments from El Meleh lagoon, Tunisia**

M.I. Prudencio, M.I. González, M.I. Dias, E. Galán, F. Ruiz, J. Duplay, F. Guedari, R. Ahmed

15th Goldschmidt Conference

Moscow, Idaho (EEUU)

Mayo 2005

**Pulsed laser deposition and optical response of VO<sub>x</sub>:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanocomposite thin films**

S.Núñez-Sánchez, R. Serna, M. Jiménez De Castro, J. García López, A.K. Petford-Long  
The European Material Conference E-MRS 2005 Spring Meeting

Estrasburgo (Francia)

Junio 2005

**Analysis by RBS-Channeling of the structural properties of single crystal SiC substrates implanted with Cu<sup>2+</sup> ions**

J. García López, Y. Morilla, G. Battistig, J.C. Cheang Wong, J.L. Cantin, M.A. Respaldiza

17th International Conference on Ion Beam Analysis

Sevilla (España)

Junio 2005

**Simultaneous RBS-PIXE Analysis Using a 6 MeV He Beam: Application on Layered Structures In Cultural Heritage**

S. Röhrs, T. Calligaro, F. Mathis, I. Ortega-Feliu, J. Salomon, P. Walter  
17th International Conference on Ion Beam Analysis  
Sevilla (España)  
Junio 2005

**Advances on the determination of atmospheric  $^{129}\text{I}$  by accelerator mass spectrometry (AMS)**

F.J. Santos, J.M. López-Gutiérrez, E. Chamizo, M. García-León, H.-A. Synal.  
17th International Conference on Ion Beam Analysis  
Sevilla (España)  
Junio 2005

**External-beam PIXE spectrometry for the study of Punic jewellery (SW Spain)**

M.Á. Ontalba Salamanca, B. Gómez-Tubío, I. Ortega-Feliu, M.Á. Respaldiza, M. L. de la Bandera, G. Ovejero Zappino, A. Bouzas, A. Gómez-Morón  
17th International Conference on Ion Beam Analysis  
Sevilla (España)  
Junio 2005

**PIXE-PIGE analysis of late roman glass fragments**

B. Gómez-Tubío, M.Á. Ontalba Salamanca, I. Ortega-Feliu, M.Á. Respaldiza, F. Amores Carredano, D. González-Acuña  
17th International Conference on Ion Beam Analysis  
Sevilla (España)  
Junio 2005

**Measurement of  $^{239}\text{Pu}$  and  $^{240}\text{Pu}$  in soils from Palomares, Spain, by low energy AMS**

E. Chamizo, M. García-León, M. Suter, H.-A. Synal, L. Wacker  
17th International Conference on Ion Beam Analysis  
Sevilla (España)  
Junio 2005

**Identifying elements in rocks from the dry valleys desert (Antarctica) by ion beam proton induced X-ray emission**

J. Wierzchos, C. Ascaso, F.J. Ager, I. García-Orellana, A. Carmona-Luque, M.Á. Respaldiza  
17th International Conference on Ion Beam Analysis  
Sevilla (España)  
Junio 2005

**Nitrogen determination in micas of metamorphic rocks**

F.J. Ager, M.P. Mata, M.D. Ynsa, M.A. Respaldiza, B. Goffé, F. Nieto  
17th International Conference on Ion Beam Analysis  
Sevilla (España)  
Junio 2005

**PIXE-PIGE analysis of late roman glass fragments**

B. Gómez-Tubío, M.A. Ontalba Salamanca, I. Ortega-Feliu, M.A. Respaldiza, F. Amores Carredano, D. González-Acuña  
17th International Conference on Ion Beam Analysis  
Sevilla (España)  
Junio 2005

**IBA in Spain**

M. A. Respaldiza, A. Climent-Font  
17th International Conference on Ion Beam Analysis  
Sevilla (España)  
Junio 2005

**Ion beam characterisation of ods steel samples after long term annealing conditions**

L. C. Alves, E. Alves, A. Paúl, M. R. Da Silva, J. A. Odriozola  
17th International Conference on Ion Beam Analysis  
Sevilla (España)  
Junio 2005

**Manganese deposition over Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al sandwiches: effect of the immersion time on the Mn oxidation state**

I. Barrio, M. Montes, T. López, J.L. Boldú, E. Muñoz, M.I. Domínguez, M.A. Centeno, J.A. Odriozola  
XIV International Materials Research Congress  
Cancún (México)  
Agosto 2005

**Criptomelane and birnessite crystalline structures deposited over fecralloy metallic monoliths**

D. Frías, M. Montes, T. López, E. Torres, M.A. Centeno, J.A. Odriozola  
XIV International Materials Research Congress  
Cancún (México)  
Agosto 2005

**New ceramic foams prepared from stainless steels wastes as structured catalyst supports**

M.I. Domínguez, M. Sánchez, M.A. Centeno, M. Montes, J.A. Odriozola  
Europacat VII  
Sofia (Bulgaria)  
Agosto 2005

**Aerosol characterisation in the Michelozzo's Courtyard in Palazzo Vecchio (Florence, Italy)**

M. Chiari, C. Gabbrielli, F. Lucarelli, M. Mascalchi, A. Migliori, S. Nava, L. Paperetti, M. Ceriani, G. Valli, R. Vecchi, I. Garcia-Orellana, F. Mazzei  
European Aerosol Conference  
Gante (Bélgica)  
Agosto 2005

**Investigation on PM1 at three urban sites in Italy: concentration, composition and sources**

R. Vecchi, M. Ceriani, M. Chiari, A. D'Alessandro, I. Garcia-Orellana, F. Lucarelli, F. Mazzei, S. Nava, L. Paperetti, P. Prati, F. Silvani, G. Valli  
European Aerosol Conference  
Gante (Bélgica)  
Agosto 2005

**PM10 and PM1 compositional analysis using a variety of techniques at Mt. Cimone, Italy, during summer 2004**

P. Bonasoni, F. Calzolari, M. Ceriani, M. Chiari, P. Cristofanelli, A. D'Alessandro, I. Garcia-Orellana, F. Lucarelli, F. Marenco, F. Mazzei, S. Nava, P. Prati, G. Valli, R. Vecchi  
European Aerosol Conference  
Gante (Bélgica)  
Agosto 2005

**Understanding the scattering of exotic nuclei**

J. Gómez-Camacho  
XVIII Brazilian Workshop in Nuclear Physics.  
Guaruja (Brasil)  
Septiembre 2005

**Actinide measurement on a compact accelerator mass spectrometry system**

L. Wacker, E. Chamizo, S. Olivier, M. Stocker, M. Suter, H.-A. Synal.  
10th International Conference on Accelerator Mass Spectrometry  
Berkeley (EEUU)  
Septiembre 2005

**<sup>129</sup>I record in a sediment core from Tinto River (Spain)**

F.J. Santos, J.M. López-Gutiérrez, M. García-León, H.A. Synal  
10th International Conference on Accelerator Mass Spectrometry  
Berkeley (EEUU)  
Septiembre 2005

**SiO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub> thin films prepared by ion beam induced CVD**

F.J. Ferrer, J. García-López, F. Yubero  
11th European Conference on Applications of Surface and Interface Analysis  
Viena (Austria)  
Septiembre 2005

**Correlation between optical properties and electronic parameters for thin films with variable refractive index**

F. Gracia, F. Yubero, J.P. Espinos, J.P. Holgado, A.R. González-Elipe, T. Girardeau  
11th European Conference on Applications of Surface and Interface Analysis  
Viena (Austria)  
Septiembre 2005

**Preparation of AISI 304 stainless steels monolithic catalysts for environmental purposes**

L.M. Martínez, M.A. Centeno, A. Paúl, M. Montes, J.A. Odriozola  
5th European Stainless Steel Science and Market Congress  
Sevilla (España)  
Septiembre 2005

**Actinide composition of “hot particles” released during the Palomares accident**

M.C.Jiménez-Ramos, H.Barros, R.García-Tenorio, I.Vioque, G.Manjón Y M.García-León  
3rd Pre-Conference Workshop: Advanced Techniques and Radionuclide Speciation within Radioecology  
Montecarlo (Monaco)  
Septiembre 2005

**Aplicaciones medioambientales de la estadística multivariante: la geoquímica de los sedimentos superficiales de la Laguna de Nador (NE de Marruecos)**

F. Ruiz, M. Abad, M. Olías, E. Galán, I. González, E. Aguila, N. Hamoundi, I. Prudencio, I. Dias  
VI Congreso Iberoamericano de Contaminación y Toxicología Ambiental  
Cádiz (España)  
Septiembre 2005

**Phase diagram of the IBM2 and catastrophe theory**

J.E. García-Ramos, J.M. Arias, J. Dukelsky  
International Workshop on Nuclear Structure  
Camerino (Italia)  
Octubre 2005

**Optimization of the channel ratio method for the color quenching correction in the measurement of <sup>90</sup>Sr for Cerenkov counting advances in liquid scintillation spectrometry**

M.Villa, F. Vaca, G. Manjón, F. Mosqueda  
Advances in Liquid Scintillation Counting  
Katowice (Polonia)  
Octubre 2005

**Existing competence and infrastructure in radiation protection training at postgraduate level within EU and new entrant states**

P.I.Mitchell, L.Bowden, N.D.Priest, B.Salbu, R.García-Tenorio, N.Kovats, E.Holm  
3rd International Conference on Education and Training in Radiological Protection  
Bruselas (Bélgica)  
Noviembre 2005

**Microstructural characterisation of reduced activation eurofer ods alloy after annealing during 3600 hours at 700 °C**

A. Paúl, L. C. Alves, E. Alves, J. A. Odriozola  
12th International Conference on Fusion Reactor Materials  
Santa Barbara (EEUU)  
Diciembre 2005

**Oxidation and stability studies of beryllium titanate**

E. Alves, L. Alves, N. Franco, M. Da Silva, A. Paúl  
12th International Conference on Fusion Reactor Materials  
Santa Barbara (EEUU)  
Diciembre 2005

**Study of the elastic and reaction channels in the scattering of  ${}^6\text{He} + {}^{208}\text{Pb}$  at 22 MeV**

L. Acosta, M.A.G. Alvarez, I. Martel, F. Pérez-Bernal, K. Rusek, A.M. Sánchez-Benítez  
Ph215 Collaboration. XVth Colloque  
Ganil (Francia)  
2006

**Problems and perspectives in the design of microchannel catalytic reactors**

J.A. Odriozola  
IV Concorde Conference. New Approaches to Surface Engineering of Nanoxide Catalysts.  
Cracovia (Polonia)  
Febrero 2006

**EURAC: Securing European radiological protection and radioecology competence to meet the future needs of stakeholders**

N.Priest, P.I.Mitchell, L.Bodwen, R.García\_Tenorio, H.Garelick, E.Holm, N.Kovats, B.Salbu, L.Skipperud, A.Abbott, P.Strand, C.Davids, C. Tamponnet  
FISA 2006 Conference on EU Research and Training in Reactor Systems  
Luxembourg (Luxemburgo)  
Marzo 2006

**The Centro Nacional de Aceleradores, Sevilla, Spain: infraestructure and scientific scopes**

R. García-Tenorio, M. García-León  
IX Mexican Symposium on Medical Physics  
Guadalajara (Méjico)  
Marzo 2006

**EURAC: a project to strengthen scientific academic competence and analytical skills within radiation protection, radioecology and radiochemistry**

C.Tamponnet, B.Salbu, L.Skipperud, P.Mitchell, E.Holm, R.García-Tenorio, N.Kovats, A.Abbott, C.Davids, N.Priest  
Second European IRPA Congress on Radiation Protection  
París (Francia)  
Mayo 2006

**Microstructure and optical properties of  $\text{TiO}_2$  thin films prepared by PECVD**

A. Borrás, A. Yanguas-Gil, J. Cotrino, T. Girardeau, A. R. González-Elipse  
33rd International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films  
San Diego (EEUU)  
Mayo 2006

**Heterostructural characterization by Rutherford backscattering spectroscopy of low-temperature processed ferroelectric lead titanate based thin films**

I. Bretos, J.García-López, R. Jiménez, M.L. Calzada  
Electroceramics X  
Toledo, (España)  
Junio 2006

**Characterization of environmental radioactive microparticles by scanning electron microscopy (SEM) combined with energy-dispersive X-Ray spectrometry (EDXRS)**

M.C.Jiménez-Ramos, I.Vioque, R.García-Tenorio, M.García-León  
Exrs 2006 European Conference on X-Ray Spectrometry  
París (Francia)  
Junio 2006

**Hardpan formation on rich iron oxy-hydroxides aaste dumps**

A. Romero, I. González, E. Galán, D. Rammlmair  
4th M-Wine Workshop on Hardpan Formation and Waste Rock Geochemistry and Hydrology  
Kjeøy (Noruega)  
Julio 2006

**Gold and electrum jewelry in the strategic area of gades in phoenician period**

I. Ortega-Feliu, B. Gómez-Tubío, M.Á. Ontalba-Salamanca, M. Á. Respaldiza, M. L. De La Bandera, G. Ovejero-Zappino  
10th International Conference on Nuclear Microprobe Technology and Applications  
Sentosa Island (Singapur)  
Julio 2006

**Characterization of hot particles remaining in soils from Palomares (Spain) using a nuclear microprobe**

J.García-Lopez, M.C.Jiménez-Ramos, R.García-Tenorio, M.García-León  
10th International Conference on Nuclear Microprobe Technology and Applications  
Sentosa Island (Singapur)  
Julio 2006

**Probing He structure from proton inelastic collisions**

R. Crespo, A.M. Moro, I.J. Thompson, M. Rodríguez-Gallardo, J. Gómez-Camacho, J.M. Arias  
Frontiers in Nuclear Structure Astrophysics and Reactions  
Kos (Grecia)  
Julio 2006

**Use of ion beam analytical methods to study the structural damage produced by ion implantation in SiC single crystals**

J. García López, Y. Morilla, G. Battistig, J.C. Cheang-Wong, J.L. Cantin, P. Petrik.  
XV International Materials Research  
Cancún (Méjico)  
Agosto 2006

**Effect of water concentration in sol-gel titania reservoirs to use as valproic acid and sodium phentoin delivery**

T. López, P. Quintana, A. Hernández-Ayala, J.A. Odriozola, R.D. González  
III Internacional Sol-Gel Science and Technologies Congress and VI Congreso Nacional de Materiales Sol-Gel  
Guanajuato (México)  
Septiembre 2006

**Plasma chemistry of tetramethylsilane precursor during the plasma enhanced CVD of  $\text{SiO}_x\text{C}_y\text{H}_z$  thin films**

A. Barranco, A. Yanguas-Gil, J. Cotrino, P. Groening, A.R. González-Elipse  
10th International Conference on Plasma Surface Engineering  
Garmisch-Partenkirchen (Alemania)  
Septiembre 2006

**Electrical conductivity of ceria and samaria doped ceria thin films prepared by IBAD**

C. Mansilla, F. Yubero, J.P. Holgado, J.P. Espinós, A.R. González-Elipse  
10th International Conference on Plasma Surface Engineering  
Garmisch-Partenkirchen (Alemania)  
Septiembre 2006

**Depth profiling and compositional study of implanted surface layers and nitride multilayers by a combined GDOES, NRA and RBS analysis**

C. Fernández Ramos, J. García López, A. Fernández, R. Martínez, J.A. García, R. Rodriguez  
10th International Conference on Plasma Surface Engineering  
Garmisch-Partenkirchen (Alemania)  
Septiembre 2006

**Oxidación catalítica de CO y COVs sobre catalizadores de Pt soportados en sílices obtenidas a partir de escorias de acería**

M.I. Domínguez, I. Barrio, M. Sánchez, M.A. Centeno, M. Montes, J.A. Odriozola  
XX Simposio Iberoamericano de Catálisis  
Gramado (Brasil)  
Septiembre 2006

**Oxidación catalítica de CO sobre monolitos metálicos de acero inoxidable austenítico tipo AISI 304 impregnados con catalizadores Au-CeO<sub>2</sub> y Au-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

L.M. Martínez, D. Frías, M.A. Centeno, A. Paúl, M. Montes, J.A. Odriozola  
XX Simposio Iberoamericano de Catálisis  
Gramado, Rio Grande Do Sul (Brasil)  
Septiembre 2006

**A new efficiency calibration method for  $^{210}\text{Pb}$  and  $^7\text{Be}$  measurements in atmospheric filters by gamma-ray spectrometry with coaxial Ge detector**

F.M. Martínez-Ruiz, E. Borrego, E.G. San Miguel, J.P. Bolívar  
10th International Symposium on Radiation Physics  
Coimbra (Portugal)  
Septiembre 2006

**Study to develop an accuracy method to measure both  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  far from secular equilibrium**

J.P. Bolívar, E. Borrego, I. López-Coto, E.G. San Miguel  
10th International Symposium on Radiation Physics  
Coimbra (Portugal)  
Septiembre 2006

**A self-sufficient and general method for self-absorption correction in gamma-ray spectrometry using Geant4**

S.Hurtado, M.Villa, G.Manjón, R.García-Tenorio  
10th International Symposium on Radiation Physics  
Coimbra (Portugal)  
Septiembre 2006

**Angular distributions of elastic and break-up reactions in the scattering of  $^6\text{He}$  on  $^{208}\text{Pb}$  at 22 Mev**

L. Acosta, M.A.G. Álvarez, A.M. Sánchez-Benítez, K. Rusek, A.M. Moro, D. Escrig, M.V. Andrés, C. Angulo, M.J.G. Borge, E. Casarejos, J.M Espino, M. Freer, H.O.U. Fynbo, J.E. García-Ramos, J. Gómez-Camacho, O.R. Kakuee, I. Martel, F. Pérez-Bernal, R. Raabe, J. Rahighi, O. Tengblad, P. Van Duppen  
41st Zakopane Conference of Nuclear Physics  
Zakopane (Polonia)  
Septiembre 2006

**Evaluation of the radiological situation before of the restoration tasks applied to a large tenorm disposal repository located at the southern Spain**

J.P. Bolívar, E. Borrego, J.L. Más, E.G. San Miguel, J.E.E Martin, F.Vaca, J.L. Aguado  
52nd Annual Radiobioassay and Radiochemical Measurements Conference  
Chicago (EEUU)  
Octubre 2006

**Activity ratios of natural radionuclides as markers of changes in the management of norm wastes released by industries located at the south west of Spain**

E.G. San Miguel, J.P. Bolívar, E. Borrego, J.A. Dueñas  
52nd Annual Radiobioassay and Radiochemical Measurements Conference  
Chicago (EEUU)  
Octubre 2006

**Two-level interacting boson models beyond the mean field**

J.E. Garcia-Ramos  
3rd Workshop on Shape Phase Transitions and Critical Point Phenomena in Nuclei  
Atenas (Grecia)  
Noviembre 2006

### **The Seville AMS system**

F.J. Santos, V. Alfimov, E. Chamizo, S.M. Enamorado, A. Ferrero, M. García-León, C. Maden, I. Gómez-Martínez, J.M. Gómez-Guzmán, J.M. López-Gutiérrez, A.R. Pinto, A. Ruiz

ESFF-IAAMS Workshop

Viena (Austria)

Noviembre 2006

### **Study of the pollution effects on the wall paintings of Michelozzo's Courtyard in Palazzo Vecchio (Florence, Italy)**

A. Bonazza, M. Chiari, I. Garcia-Orellana, F. Lucarelli, A. Mannini, S. Nava, C. Sabbioni, G. Valli, R. Vecchi, R. Udisti

Advanced Atmospheric Aerosol Symposium

Milán (Italia)

Noviembre 2006

## **4.6 TESIS DOCTORALES**

### **Título: Caracterización y comportamiento del ozono superficial en la provincia de Huelva**

Autor: D. José Antonio Adame Carnero

Directores: Juan Pedro Bolívar Raya y Benito Arturo de la Morena Carretero

Junio de 2005

### **Título: Origen del drenaje ácido de minas y problemática ambiental de las escombreras de Peña del Hierro (Faja Pirítica Ibérica)**

Autor: D. Antonio Romero Baena

Directora: Isabel González Díaz

Junio de 2005

### **Título: Radionúclidos en la industria de producción del ácido fosfórico**

Autor: Juan Pedro Pérez Moreno

Directores: Juan Pedro Bolívar Raya y José Enrique Martín Domínguez

Julio de 2005

### **Título: Estudio de materiales de interés tecnológico mediante técnicas con haces de iones**

Autor: Yolanda Morilla García

Directores: Javier García López y Miguel Ángel Respaldiza Galisteo

Diciembre de 2005

### **Título: Estudio de la dispersión elástica del núcleo He a energías en torno a la barrera de Coulomb**

Autor: Ángel Miguel Sánchez Benítez

Directores: Ismael Martel y Joaquín Gómez Camacho

Diciembre de 2005

**Título: Diseño de materiales a partir de residuos industriales. Aplicaciones catalíticas**

Autor: María Isabel Domínguez Leal

Directores: José Antonio Odriozola y Miguel Ángel Centeno

Abril de 2006

## **4.7 ORGANIZACIÓN DE CONGRESOS Y CURSOS**

**17th International Conference on Ion Beam Analysis, IBA2005**

Sevilla (España)

26 Junio 2005 – 1 Julio 2005

## **4.8 ORGANIZACIÓN DE CONFERENCIAS Y SEMINARIOS**

### **4.8.1 Coloquios en el CNA**

**Aplicaciones astrofísicas del AMS**

Dr. Jorge Fernández Niello. Comisión Nacional de la energía atómica (CNEA) de Argentina en el acelerador TANDAR

Febrero de 2006

**Caracterización y propiedades ópticas de láminas delgadas de  $(\text{ZrO}_2)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$**

Francisco Javier Ferrer Fernández. Universidad de Sevilla y Centro Nacional de Aceleradores

Marzo de 2006

**Determinación de primeras etapas de crecimiento de capas mediante estudios combinados XPS y RBS**

Francisco Yubero Valencia. Instituto de Ciencias de Materiales de Sevilla

Marzo de 2006

**El nuevo sistema compacto de espectrometría de masas con aceleradores (AMS) de 1 MV del CNA: perspectivas y aplicaciones**

Elena Chamizo Calvo. Universidad de Sevilla y Centro Nacional de Aceleradores

Abril de 2006

**Aplicaciones de la detección de los radioisótopos  $^{10}\text{Be}$  y  $^{26}\text{Al}$  mediante espectrometría de masas con aceleradores (AMS)**

Aarón Ruiz Gómez. Universidad de Sevilla y Centro Nacional de Aceleradores

Mayo de 2006

**Línea de implantación iónica y daño por irradiación del CNA: características, primeros resultados y proyecto**

Yolanda Morilla García y Javier García López. Universidad de Sevilla y Centro Nacional de Aceleradores

Junio de 2006

**Two proton decay and experiments at the CNA**

Ivan Mukha. Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear de la Universidad de Sevilla

Junio de 2006

**Análisis de vidrios de los siglos V-XVI procedentes del sitio arqueológico de San Martino di Ovaro mediante técnicas IBA**

Alessandro Zucchiatti. Universidad de Génova

Julio de 2006

**Radiotrazadores marinos**

Joan Albert Sánchez Cabeza. Director del Laboratorio de Radiactividad Marnia (OIEA)

Noviembre de 2006

**4.8.2 Seminarios internos**

**Nueva versión de GUPIX para Windows**

Inés Ortega Feliu. Universidad de Sevilla y Centro Nacional de Aceleradores

Diciembre de 2005

## 5 PROGRAMA DE DIVULGACIÓN

Desde el año 2.000 el Centro Nacional de Aceleradores tiene diseñado dentro de sus líneas estratégicas, un ambicioso programa de divulgación que, a pesar de las consabidas limitaciones presupuestarias, se viene desarrollando anualmente con notable éxito.

En su configuración hemos establecido un “Target” lo más amplio posible abarcando Centros de Secundaria, Colegios, Universidades, Empresas y OPI’S.

Como líneas estratégicas del mismo se han perfilado los siguientes objetivos:

1.- Diseminar la contribución que los aceleradores de partículas han hecho a la Ciencia Básica y Aplicada a lo largo de su historia.

2.- Demostrar la utilidad de los aceleradores en la resolución de problemas de distinto ámbito científico útiles incluso para la vida cotidiana.

3.- Contribuir en el ámbito específico de los aceleradores de partículas a diseminar en la sociedad la idea de que la apuesta por la Ciencia tiene carácter estratégico para el ser humano.

4.- Contribuir en el ámbito específico de los aceleradores de partículas a la alfabetización científica de la comunidad, necesaria en una sociedad en la que, cada vez más, la Ciencia, incluso la más lejana a nuestra experiencia diaria, está presente en la vida cotidiana



Fig. 5.1.- Stand del CNA en la feria de las ciencias 2006

## Resumen de actividades 2005-2006

### 2005. “Programa divulgación del Centro Nacional de Aceleradores”:

- Visitas guiadas al Centro de enero a mayo y de septiembre a diciembre. Un total de 22 grupos con 755 alumnos / as.
- Participación en la III Feria de la Ciencia, mayo de 2004. Para dicho evento se realizan diversos trabajos como son:
  - Elaboración de un manual en castellano de 54 páginas sobre las distintas técnicas de análisis que se aplican en el Centro.
  - Adquisición de material (Generador electrostático van De Graff) para demostraciones y explicaciones científicas.
  - Elaboración de trípticos, ampliando los del año anterior, con información sobre la próxima implantación del sistema de AMS.
- Participación en la Semana de la Ciencia del 7-11 de noviembre de 2005 con jornadas de puertas abiertas y un total de 200 visitantes.
- Se inicia un programa de conferencias titulado – Coloquios en el CNA- impartido por personalidades científicas relevantes en los que se profundiza en la actividad científica del CNA. Estos coloquios han tenido su difusión mediática a través de los medios de comunicación convencionales y a través del portal "Andalucía Investiga" de la Junta de Andalucía gracias a lo cual van contando cada vez con mayor éxito de público.

### 2006. “Programa divulgación del Centro Nacional de Aceleradores”:

- Visitas guiadas al Centro de enero a mayo y de septiembre a diciembre. Un total de 28 grupos con 920 alumnos/as.
- Participación en la IV Feria de la Ciencia, mayo de 2004. Para dicho evento se realizan diversos trabajos como son:
  - Actualización del vídeo de divulgación del Centro con la incorporación del nuevo sistema de AMS.
  - Elaboración de un póster de 100x200 cm<sup>2</sup> sobre técnicas y aplicaciones del sistema de AMS recientemente implantado en el CNA.
  - Adquisición de un proyector, un sistema de audio 2.1 y una pantalla de proyección que serán usados durante la feria y en posteriores eventos de divulgación.
  - Diseño y elaboración con fines didácticos de juegos de mesa: puzzles y un tablero con tarjetas de preguntas dirigido a los visitantes más pequeños de la feria.
  - Diseño y adquisición de camisetas, bolígrafos y pegatinas sobre el CNA que se entregan en el stand del Centro
- Participación en la Semana de la Ciencia del 13-17 de noviembre de 2006 con jornadas de puertas abiertas y un total de 170 visitantes.
- Rediseño de la página Web del Centro, cambiando totalmente el aspecto y actualizando contenidos.
- Se continúa con el programa de “Coloquios en el CNA”

## 6 APÉNDICES

### 6.1 INSTITUCIONES USUARIAS DEL CNA DURANTE 2005/2006

Dadas las características del Centro las plataformas de usuarios son innumerables: Universidades, Hospitales, CSIC, OPI's (CIEMAT, INTA, ESA, etc.), CSN, ENRESA, Museos, Organismos de protección ambiental, Empresas privadas, etc. Durante el bienio 2005/2006 muchos científicos pertenecientes a las instituciones que siguen han sido usuarios del CNA.

- Departamento de Física Aplicada, ETSA, Universidad de Sevilla.
  - Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear, Universidad de Sevilla.
  - Departamento de Física Aplicada, ESI, Universidad de Sevilla.
  - Departamento de Física de la Materia Condensada, Universidad de Sevilla.
  - Departamento de Cristalografía y Química Agrícola, Universidad de Sevilla.
  - Departamento de Química Inorgánica, Universidad de Sevilla.
  - Departamento de Estomatología, Universidad de Sevilla.
  - Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad de Sevilla.
  - Departamento de Ingeniería Electrónica, ESI, Universidad de Sevilla.
- 
- Instituto de Ciencias de Materiales de Sevilla, CSIC.
  - Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis, CSIC.
  - Instituto de Óptica "Daza de Valdés", CSIC.
  - Instituto de Ciencias Materiales de Madrid, CSIC.
  - Instituto de Cerámica y Vidrio de Madrid, CSIC.
  - Instituto de Geología Económica, CSIC.
  - Instituto de Ciencias Materiales de Barcelona, CSIC.
  - Instituto de Arqueología de Mérida, CSIC.
  - Instituto de Historia, CSIC.
  - Instituto Química Física, CSIC.
  - Instituto de Estructura de la Materia, CSIC.
  - Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, CSIC.
- 
- Departamento de Física Aplicada, Universidad de Huelva.
  - Departamento de Tecnología Electrónica, ETSI Telecomunicaciones, Universidad Politécnica de Madrid.
  - Departamento de Física Aplicada, Universidad Autónoma de Madrid.
  - Departamento de Física de Materiales, Universidad Autónoma de Madrid.
  - Universidad Autónoma Madrid.
  - Universidad Complutense de Madrid.
  - Cátedra Obstetricia, Universidad de Extremadura.
  - Departamento de Ciencia de Materiales, Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Universidad de Cádiz.
  - Departamento de Física Aplicada, Universidad de Vigo.

- Departamento de Física, Universidad de Extremadura.
  - Departamento de Física Aplicada , Universidad de Valencia.
  - Departamento de Ingeniería Civil y de Materiales, Universidad de Málaga.
  - Universidad de Lleida.
  - Grupo de Física de Radiaciones, Universidad Autónoma de Barcelona.
  - Universidad de Barcelona.
- 
- Groupe de physique des solides, Université de Paris VI y VII. Francia.
  - Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México.
  - Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
  - Universidad de Uppsala, Suecia.
  - Universidad de Lund, Suecia.
  - ETH, Zürich.
  - Universidad de Glasgow.
  - Australian National University.
  - Oxford Radiocarbon Laboratory, University of Oxford.
  - Instituto de Física, Universidad de Guanajuato, México.
  - Laboratoire de Materiaux et de Genie Physique, Francia.
  - Instituto Tecnológico e Nuclear, Sacavém, Portugal.
  - Research Institute for Technical Physics and Materials Sciences, Budapest, Hungría.
  - Max-Planck Institute for Plasma Physics, Alemania.
  - Research Institute for Technical Physics and Materials Sciences, Hungría.
  - KFKI-Research Institute for Particle and Nuclear Physics, Hungría.
  - Laboratorio Central Thomson-CSF, Francia.
  - CNAB, Francia.
  - IAEA-Marine Environment Laboratory.
  - ITU, Alemania.
  - Laboratorio TANDAR, Argentina.
- 
- INTA.
  - CIEMAT, Madrid.
- 
- Hospital Virgen del Rocío, Sevilla.
  - Hospital Virgen de las Nieves, Granada.
- 
- Museo Arqueológico de Sevilla.
  - Museo Arqueológico Municipal de Écija.
- 
- Coleccionistas privados.

## **6.2 ESTADÍSTICAS DE USO DE LOS ACELERADORES**

### **6.2.1 Acelerador Tandem 3MV**

#### Año 2005:

Días laborables útiles: 226.

Días dedicados a la investigación: 102 (45 %).

Días dedicados al mantenimiento: 48 (21 %).

Días sin uso: 76 (34 %).

#### Año 2006:

Días laborables útiles: 231.

Días dedicados a la investigación: 120 (52 %).

Días dedicados al mantenimiento: 65 (28 %).

Días sin uso: 46 (20 %).

### **6.2.2 Acelerador Ciclotrón-Laboratorio de Producción de FDG**

#### Año 2005 (desde mayo 2005):

Horas totales de tiempo de haz: 299.25.

Actividad total de  $^{18}\text{F}$  producida: 18929.13 GBq.

Actividad total de  $^{18}\text{FDG}$  sintetizada: 9960.44 GBq.

#### Año 2006:

Horas totales de tiempo de haz: 592.09.

Actividad total de  $^{18}\text{F}$  producida: 39926.84 GBq.

Actividad total de  $^{18}\text{FDG}$  sintetizada: 16182.92 GBq.

### **6.2.3 Acelerador Tandem de 1MV para AMS**

#### Año 2005:

Instalación a partir de Octubre.

#### Año 2006 (aceptado en marzo):

Días laborables útiles: 231.

Días dedicados a la investigación: 34 (15 %).

Días dedicados al mantenimiento: 130 (56 %).

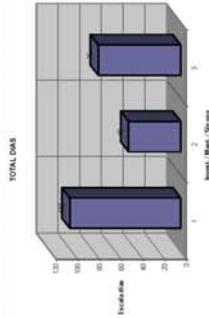
Días sin uso: 67 (29 %).

# ESTADÍSTICA DE FUNCIONAMIENTO DEL ACCELERADOR TANDEM

2005

## RESUMEN ANUAL

	INVESTIGACIÓN (1)	MANTENIMIENTO (2)	SIN USO (3)	LABORABLES
ENERO	7	10	0	17
FEBRERO	14	1	5	20
MARZO	5	6	6	17
ABRIL	8	4	9	21
MAYO	8	3	11	22
JUNIO	12	4	6	22
JULIO	11	1	9	21
AGOSTO	0	0	0	0
SEPTIEMBRE	10	6	6	22
OCTUBRE	4	4	13	21
NOVIEMBRE	15	2	2	21
DICIEMBRE	8	5	9	22
<b>TOTALES</b>	<b>102</b>	<b>48</b>	<b>76</b>	<b>226</b>



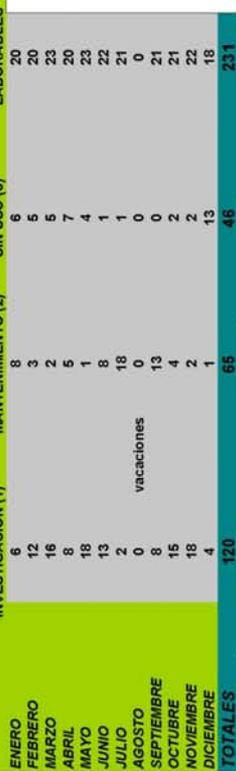
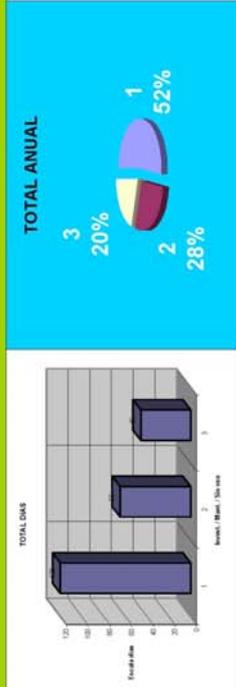
## TOTAL ANUAL



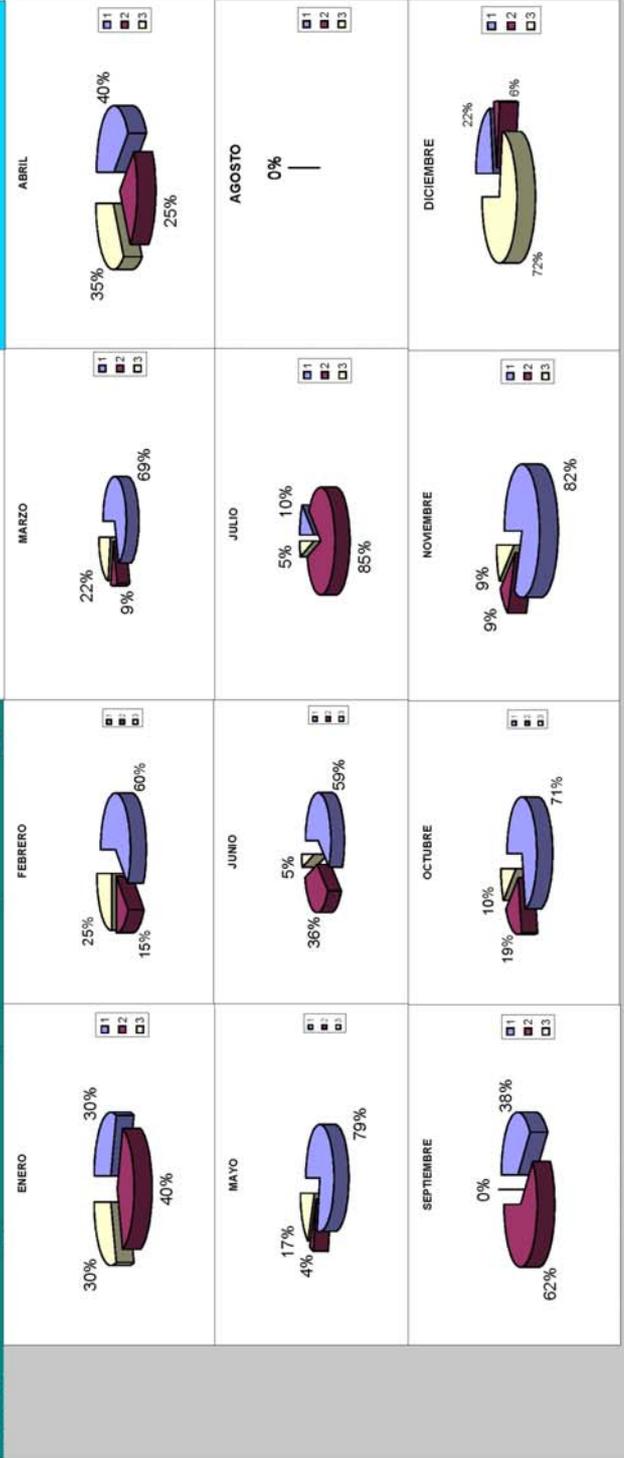
MESES	1	2	3
ENERO	59%	0%	41%
FEBRERO	5%	25%	70%
MARZO	27%	27%	46%
ABRIL	43%	19%	38%
MAYO	50%	27%	23%
JUNIO	18%	27%	55%
JULIO	43%	5%	52%
AGOSTO	1%	0%	0%
SEPTIEMBRE	27%	27%	46%
OCTUBRE	62%	19%	19%
NOVIEMBRE	19%	10%	71%
DICIEMBRE	41%	23%	36%

**ESTADÍSTICA DE FUNCIONAMIENTO DEL ACCELERADOR TANDEM 3 MV**  
RESUMEN ANUAL POR MESES

	INVESTIGACIÓN (1)	MANTENIMIENTO (2)	SIN USO (3)	LABORABLES
ENERO	6	8	6	20
FEBRERO	12	3	5	20
MARZO	16	2	5	23
ABRIL	8	5	7	20
MAYO	18	1	4	23
JUNIO	13	1	2	22
JULIO	2	18	1	21
AGOSTO	0	vacaciones	0	0
SEPTIEMBRE	8	13	0	21
OCTUBRE	15	4	2	21
NOVIEMBRE	18	2	2	22
DICIEMBRE	4	1	13	18
<b>TOTALES</b>	<b>120</b>	<b>65</b>	<b>48</b>	<b>231</b>



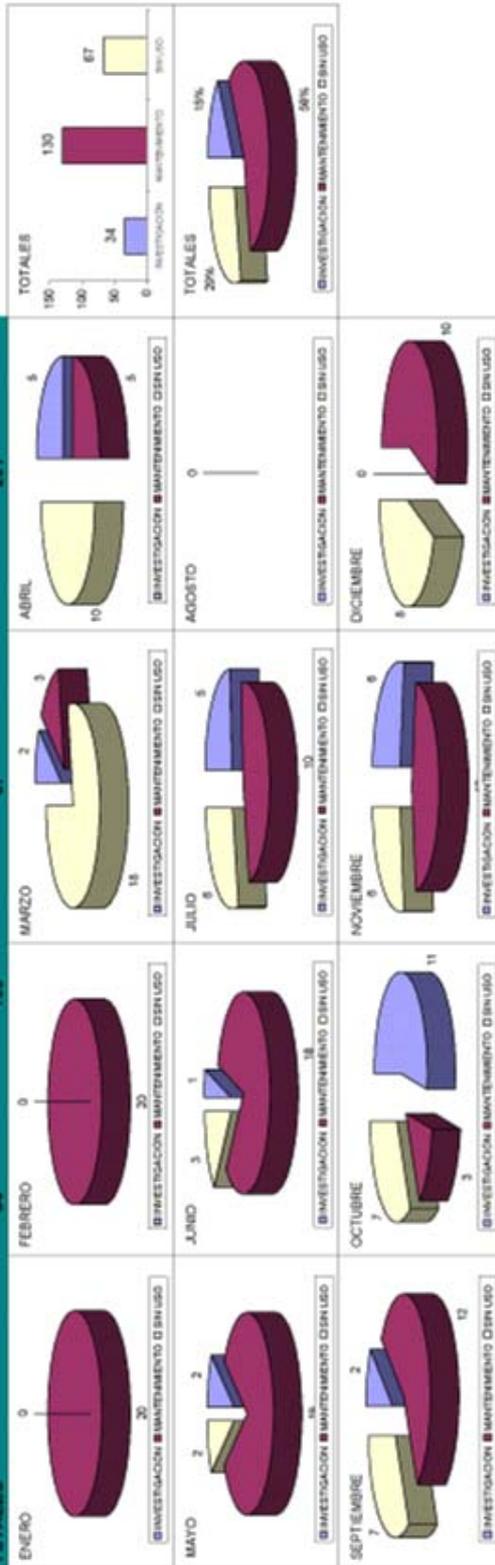
MESES	LABORABLES	INVESTIGACIÓN (1)	MANTENIMIENTO (2)	SIN USO (3)	LABORABLES
ENERO	20	6	8	6	20
FEBRERO	20	12	3	5	20
MARZO	23	16	2	5	23
ABRIL	20	8	5	7	20
MAYO	23	18	1	4	23
JUNIO	22	13	1	2	22
JULIO	21	2	18	1	21
AGOSTO	0	0	vacaciones	0	0
SEPTIEMBRE	21	8	13	0	21
OCTUBRE	21	15	4	2	21
NOVIEMBRE	22	18	2	2	22
DICIEMBRE	18	4	1	13	18
<b>TOTALES</b>	<b>231</b>	<b>120</b>	<b>65</b>	<b>48</b>	<b>231</b>



ESTADISTICA DE FUNCIONAMIENTO DEL ACCELERADOR SARA

RESUMEN ANUAL POR MESES

	INVESTIGACION	MANTENIMIENTO	SIN USO	LABORABLES
ENERO	0	20	0	20
FEBRERO	0	20	0	20
MARZO	2	3	18	23
ABRIL	5	10	5	20
MAYO	2	19	2	23
JUNIO	1	18	3	22
JULIO	5	10	6	21
AGOSTO	0	0	0	0
SEPTIEMBRE	2	12	7	21
OCTUBRE	11	3	7	21
NOVIEMBRE	6	10	6	22
DICIEMBRE	0	10	8	18
<b>TOTALES</b>	<b>34</b>	<b>130</b>	<b>67</b>	<b>231</b>



## 6.3 TARIFAS POR PRESTACIONES DE SERVICIOS

El uso de las instalaciones y las técnicas del CNA está sometido a tarifas. De acuerdo a las decisiones tomadas en Junta Rectora, a lo largo de 2006 se han ido aprobando algunas tarifas de uso del Centro, que son las que siguen.

En proceso de aprobación están otras que aparecerán progresivamente en la página web del CNA y, consecuentemente, en Memorias posteriores.

### 6.3.1 Uso de Tiempo de Haz en el Acelerador Tandem de 3 MV

SERVICIO DE MEDIDAS RUTINARIAS		GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
RBS con He <sup>++</sup>		20 €	30 €	60 €
PIXE con H <sup>+</sup>		20 €	30 €	60 €
NRA (C, N, O)		20 €	30 €	60 €
RBS en geometría de canalización		60 €	180 €	300 €
ERDA (H)		30 €	60 €	90 €
PIXE y RBS en microsonda	Obtención de mapeos multielementales (del C en adelante)	60 €	180 €	300 €

## NOTAS:

- Las tarifas de GRUPO 1 se refieren a Centros de la Universidad de Sevilla, Centros del CSIC y de la Junta de Andalucía.
- Las tarifas del GRUPO 2, a otros Organismos Públicos de Investigación.
- Las tarifas del GRUPO 3, son para empresas y otros organismos privados.
- Esta tarifa es aplicable a series de hasta cinco medidas realizadas en las mismas condiciones (tipo de haz, calibración y configuración de línea).
- Las tarifas incluyen la preparación del experimento para el GRUPO 1. Para los GRUPOS 2 y 3 se añadirá un suplemento único de 60 € por este concepto. Dicho suplemento se aplicará a cada serie de medidas realizadas en las mismas condiciones.
- El precio por 10 medidas rutinarias llevará un descuento de un 10%. Las tarifas por un número superior de medidas serán a convenir.
- El estudio de casos especiales conlleva una tarifa a convenir.
- Estas tarifas se refieren al tiempo de uso de haz en el acelerador TANDEM del CNA y no incluyen ni la preparación de la muestra ni la cuantificación de los resultados experimentales por espectro.
- Existen disponibilidades para la preparación de muestras. Su uso conllevará unas tarifas a convenir.
- Los precios por concepto de cuantificación de resultados experimentales se muestra en el siguiente apartado.
- I.V.A. no incluido.

### 6.3.2 Análisis de espectros y elaboración de informes

	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Por hora dedicada al tratamiento de datos	15 €	30 €	40 €

### 6.3.3 Medidas de $^{14}\text{C}$ y datación.

Servicio de medida de $^{14}\text{C}$	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Preparación de la muestra	60 €	100 €	160 €
Medida y análisis de resultados	90 €	150 €	240 €
Proceso completo	150 €	250 €	400 €

#### NOTAS:

- Las tarifas de GRUPO 1 se refieren a Centros de la Universidad de Sevilla, Centros del CSIC y de la Junta de Andalucía.
- Las tarifas del GRUPO 2, a otros Organismos Públicos de Investigación.
- Las tarifas del GRUPO 3, son para empresas y otros organismos privados.
- La preparación de la muestra incluye la toma de la muestra en el laboratorio, y la aplicación de todos los procesos físico-químicos necesarios para la obtención del material utilizado en la medida (grafito).
- La medida y análisis de resultados incluye la determinación del cociente isotópico  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  mediante el acelerador Tandem de 1MV para AMS del CNA, así como la aplicación de todas las correcciones necesarias para la obtención del dato definitivo.
- A partir de 10 muestras medidas se aplicará un descuento de un 10%.
- El estudio de casos especiales conlleva una tarifa a convenir.
- En el caso de llevarse a cabo exclusivamente la medida y análisis de resultados con muestras preparadas en otros laboratorios, no se podrá certificar el resultado obtenido.
- I.V.A. no incluido.

### 6.3.4 Uso del animalario y del Micro-PET

SERVICIO INTEGRADO DEL ANIMALARIO Y ESTUDIO PET	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
RATÓN IMÁGENES CRUDAS SIN ANALISIS DEL ESTUDIO	100 €	180 €	400 €
RATA / OCTODON IMÁGENES CRUDAS SIN ANALISIS DEL ESTUDIO	120 €	200 €	420€

#### NOTAS:

- Las tarifas no incluyen los costes de los animales necesarios para realizar los estudios, que se regirán por las tarifas aprobadas por la Universidad de Sevilla para los tres grupos previstos, incluyendo eso si en el primer grupo (Grupo 1) a los centros de la Universidad de Sevilla, CSIC y Junta de Andalucía (Ej. SAS), siendo iguales los grupos 2 y 3.
- En el caso que la Universidad no dispusiera de los mismos, estos se regirán por los precios de coste determinados por los posibles proveedores de los mismos junto a los costes de envío y certificado de Sanidad pertinente.

### 6.3.5 Postratamiento de las imágenes, análisis y elaboración de informes

	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Por hora dedicada al tratamiento de datos			
RATÓN: IMÁGENES PROCESADAS Y CON ANÁLISIS DEL ESTUDIO	15 €	30 €	40 €
RATA / OCTODON: IMÁGENES PROCESADAS Y CON ANÁLISIS DEL ESTUDIO	20€	35 €	45 €

#### NOTAS:

- Las tarifas de GRUPO 1 se refieren a Centros de la Universidad de Sevilla, Centros del CSIC y de la Junta de Andalucía (Ej. Servicio Andaluz de Salud: SAS).
- Las tarifas del GRUPO 2, a otros Organismos Públicos de Investigación.
- Las tarifas del GRUPO 3, son para empresas y otros organismos privados.
- Estas tarifas son aplicables a series de hasta cinco medidas realizadas en las mismas condiciones, a partir de las cuales el coste y la disponibilidad de hora de PET se deberá convenir con la autoridad competente del centro.
- Las tarifas incluyen la preparación del experimento para el GRUPO 1. Para los GRUPOS 2 y 3 se añadirá un suplemento único de 60 € por este concepto. Dicho suplemento se aplicará a cada serie de medidas realizadas en las mismas condiciones.
- El precio por 10 medidas rutinarias llevará un descuento de un 10%. Las tarifas por un número superior de medidas serán a convenir.
- El estudio de casos especiales conlleva una tarifa a convenir.
- Estas tarifas se refieren al tiempo de uso del microPET del CNA y no incluyen la cuantificación de los resultados experimentales.
- Existe disponibilidad para el postprocesado de la imagen. Su uso conlleva unas tarifas a convenir.
- Los precios por concepto de cuantificación de resultados experimentales se muestra en el siguiente apartado.
- I.V.A. no incluido