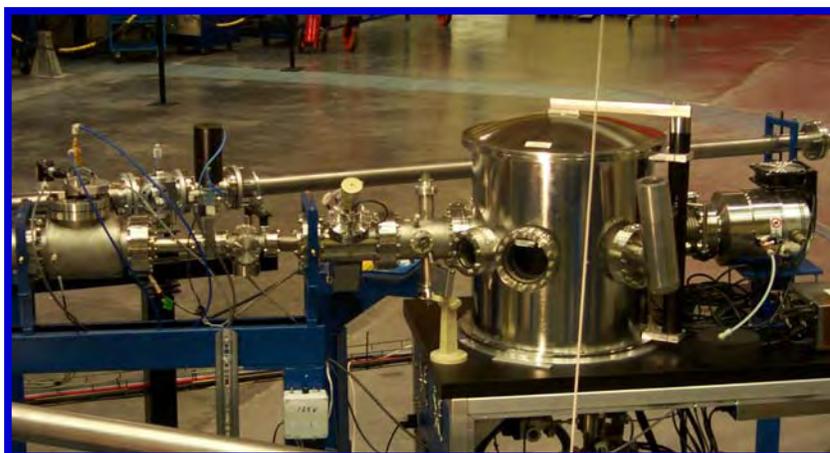




CENTRO NACIONAL DE ACELERADORES

MEMORIA DE INVESTIGACIÓN

1998 - 2001



ÍNDICE / INDEX

1.	<u>Composición y Estructura / Structure and Composition</u>	
1.1.	Dirección del Centro / <i>Direction</i>	1
1.2.	Comité Científico / <i>Scientific Committee</i>	1
1.3.	Personal / <i>Personnel</i>	2
2.	<u>Actividades de Investigación / Research Activities</u>	
2.1.	Proyectos en curso / <i>Actual Projects</i>	3
2.1.1.	Ciencia de Materiales / <i>Material Science</i>	3
2.1.2.	MedioAmbiente / <i>Enviromental Sciences</i>	20
2.1.3.	Biología y Medicina / <i>Biology and Medicine</i>	23
2.1.4.	Arte y Arqueometría / <i>Arts and Archaeometry</i>	27
2.1.5.	Física Nuclear Básica / <i>Basic Nuclear Physics</i>	38
2.2.	Proyectos en Preparación/ <i>Future Projects</i>	40
2.3.	Financiación de Proyectos / <i>Project Financiatiion</i>	44
3.	<u>Otras Actividades / Other Activities</u>	45
4.	<u>Producción Científica / Scientific Production</u>	
4.1.	Publicaciones / <i>Publications</i>	46
4.2.	Participación en Conferencias / <i>Conferences Participation</i>	53
4.3.	Congresos Organizados / <i>Organized Congresses</i>	60
4.4.	Tesis Doctorales / <i>Doctoral Thesis</i>	60
5.	<u>Cooperación Científica / Scientific Cooperation</u>	
5.1.	Estancia de Investigadores Extranjeros en el Centro / <i>Personnel of other Centers at the CNA</i>	61
5.2.	Estancias de Investigadores del CNA en otros Centros / <i>Personnel of the CNA in other Centers</i>	62
5.3.	Cooperación con Investigadores de otros Centros / <i>Cooperation with Other Centers Researchers</i>	63
6.	<u>Estadísticas de Uso del Acelerador / Accelerator's Use Statistics</u>	
6.1.	Año 2000	65
6.2.	Año 2001	66

1. COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA

STRUCTURE AND COMPOSITION

1.1 DIRECCIÓN DEL CENTRO / DIRECTION

Director: **Miguel Ángel Respaldiza Galisteo**

Subdirector Área Económica: **Jerónimo Castilla Guerra**

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

1.2 COMITÉ CIENTÍFICO / SCIENTIFIC COMMITTEE

- **Carmen N. Afonso**, Prof. de Investigación del CSIC, Instituto de Óptica, Madrid.
- **Josefa Capel Martínez**, Profesora Titular de la Universidad de Granada, Departamento de Prehistoria y Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras.
- **Manuel García León**, Catedrático del Dpto. Física Atómica, Molecular y Nuclear, Facultad de Física, Universidad de Sevilla.
- **Josep Montserrat Martí**, Investigador del CSIC, Centro Nacional de Microelectrónica, Barcelona.
- **José Antonio Odriozola Gordon**, Catedrático del Dpto. de Química Inorgánica e investigador del CSIC, Instituto de Ciencias de Materiales, Sevilla.
- **Ricardo Vázquez Albertino**, Jefe del Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Virgen del Rocío, Sevilla.

1.3. PERSONAL / PERSONNEL

- PERSONAL CIENTÍFICO PROPIO/ *SCIENTIFIC PERSONNEL*

- Dr. Miguel Ángel Respaldiza Galisteo, Prof. Titular de Universidad del Dpto. de F.A.M.N., Univ. Sevilla.
- Dra. Blanca María Gómez Tubío, Prof. Titular E.U.I.I., Dpto. Física Aplicada, Univ. Sevilla.
- Dra. Maria Ángeles Ontalba Salamanca, Becaria Posdoctoral de Investigación.
- Dr. Francisco Javier García López, Contrato del Programa Ramón y Cajal.
- Dr. Francisco José Ager Vázquez, Prof. del Dpto. de Física Aplicada, Escuela Universitaria Politécnica, Univ. Sevilla.
- Dr. Armando M.J. Ferrero, Investigador contratado en año sabático.
- Dña. María Dolores Ynsa Alcalá, Becaria Predoctoral de Investigación.
- Dña. Yolanda Morilla García, Becaria Predoctoral de Investigación.
- D. Francisco Javier Ferrer Fernández, Becario Predoctoral de Investigación.

- UNIDAD TÉCNICA Y DE SERVICIOS/*TECHNICAL AND SERVICES UNIT*

- D. Jerónimo Castilla Guerra, Gerente del Centro
- D. Celestino I. Sánchez Angulo, Subdirector Técnico.
- D. Juan Ángel Labrador Bernal, Tecnólogo en formación.
- D. Juan José Megías Álvarez, Tecnólogo en formación.
- D. Carlos Rodríguez Arza, Tecnólogo en formación.
- D. Francisco Fernández Matute, Auxiliar de Laboratorio.
- D. Arcadio Borrallo del Castillo, Administrativo.

- PERSONAL CIENTÍFICO COLABORADOR/*SCIENTIFIC COLLABORATORS*

- Dr. José Miguel Arias Carrasco, Prof. Titular de F.A.M.N., Univ. Sevilla.
- Dr. Juan Pedro Espinós, Científico Titular del CSIC.
- Dr. Manuel García León, Catedrático F.A.M.N., Univ. Sevilla.
- Dr. Joaquín Gómez Camacho, Prof. Titular de F.A.M.N., Univ. Sevilla.
- Dr. José Enrique Martín Domínguez, Univ. de Huelva.
- Dr. José Antonio Odriozola Gordón, Catedrático Química Inorgánica, Univ. Sevilla.
- Dr. José Luis Pérez Rodríguez, Prof. de Investigación del CSIC.
- Dr. José Manuel Quesada Molina, Prof. Titular de F.A.M.N., Univ. Sevilla.
- Dr. José Ramón Ramos Barrado, Univ. de Málaga.
- Dr. Francisco Yubero Valencia, Científico Interino del CSIC.

2. ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

2.1. PROYECTOS EN CURSO

2.1.1. APLICACIONES EN CIENCIA DE MATERIALES.

Análisis mediante RBS de láminas delgadas de materiales ferroeléctricos¹

En los últimos años se ha despertado un notable interés por el crecimiento de láminas delgadas de materiales ferroeléctricos depositados sobre sustratos de silicio. La razón fundamental es la fabricación de diversos componentes microelectrónicos basados en el uso a escala microscópica de las propiedades ferro, piezo y piroeléctricas de estos materiales. Nuestro estudio se centra en el titanato de plomo dopado con lantano $Pb_{1-x}La_xTiO_3$ (PTL) y en el compuesto $SrBi_2Ta_2O_9$ (SBT), ambos depositados mediante solución química en dos tipos diferentes de sustrato: Ti/Pt/Ti/(100)Si y Pt/TiO₂/(100)Si. La composición y espesor de las láminas de PTL y SBT así como la heteroestructura de los sustratos han sido analizadas mediante la espectroscopía de retrodispersión de iones (RBS), usando partículas alfa a diferentes energías. En la Fig. 1.1.1 se puede ver el espectro RBS de una lámina de PTL, usando He²⁺ a 5.9 MeV. Los primeros resultados, que relacionan estas medidas con las propiedades físicas y la orientación preferencial de las láminas, han sido presentados en el VII Congreso Internacional de Electrocerámica (Eslovenia) y publicados en el Journal of European Ceramic Society.

¹ Colaboración con:

.- Inst. Ciencia de Materiales de Madrid ,CSIC.

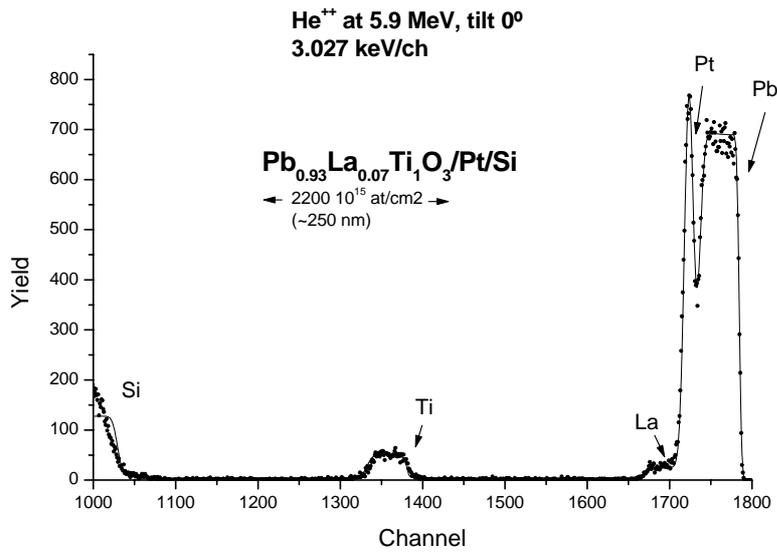


Fig. 1.1.1.-Espectro RBS, usando He²⁺ a 5.9 MeV, de una lámina delgada de PTL.

Caracterización de capas finas de diferentes óxidos mediante técnicas con haces de iones²

1) Capas finas de SiO_x (x≤2)

La aplicación que se pretende dar a estas capas es como membranas protectoras de sensores de gases. La vida de los sensores de gases está limitada a menudo por su deterioro por exposición a la atmósfera de trabajo (polvo, vapor de agua, temperatura, etc.). Su cubrimiento con una capa fina porosa (10-100 nm) que no altere sus características (sensibilidad/respuesta ante los diferentes gases) puede sin duda alargar su vida de funcionamiento. Con el fin de conocer con precisión la estequiometría y espesor de las láminas de SiO_x (amorfás) crecidas sobre substratos de Si cristalino (100) se han realizado experiencias combinadas de RBS y NRA utilizando un haz de deuterio a 880 keV. Los espectros de RBS fueron además tomados en geometrías “random” y de canalización, de manera a aumentar la sensibilidad de la señal de oxígeno disminuyendo la señal del fondo, ver Fig. 1.2.2.-a), y simplificar el cálculo de la estequiometría (Si/O) y espesor de las láminas, especialmente para las más delgadas. Por otro lado, la reacción nuclear $^{16}\text{O}(\text{d},\text{p}_1)^{17}\text{O}^*$ fue utilizada para determinar *simultáneamente e independientemente* de las medidas RBS la cantidad absoluta de oxígeno en las muestras. La sección eficaz de esta reacción es aproximadamente constante entre 800 y 900 keV. Para el compuesto SiO_x, este método permite medidas cuantitativas del oxígeno hasta un espesor del orden de 1 μm. En la Fig. 1.1.2.-b) se muestra el espectro NRA correspondiente a una de las muestras. Se observan 4 picos bien resueltos y sin ruido de fondo. El pico a mayor energía proviene de la reacción $^{12}\text{C}(\text{d},\text{p})^{13}\text{C}$, (lo cual nos permite en la misma medida estimar también el contenido en carbono de las muestras), mientras que la pequeña señal que aparece entre los picos p₀ y p₁ es debido a la reacción $^{28}\text{Si}(\text{d},\text{p}_0)^{29}\text{Si}$.

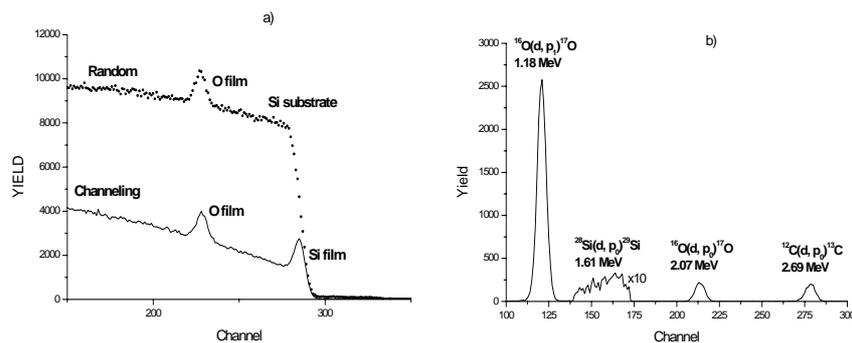


Fig. 1.1.2.-a) Espectros RBS en geometrías “random” y canalización para una lámina de 60 nm de SiO_{1.8} crecida sobre Si. **b)** Espectro NRA de la misma muestra usando la reacción $^{16}\text{O}(\text{d}, \text{p}_1)^{17}\text{O}^*$ a 880 keV.

² Colaboración con:

- Grupo de superficies, interfaces y capas finas del Instituto de Ciencias de Materiales de Sevilla.

2) Capas finas de óxido de hierro

Con estos estudios se pretende controlar la estructura cristalográfica de capas finas de óxido de hierro, depositado sobre Si (100), a través de la incorporación de Ar en su red atómica. En particular se pretende conseguir la fase γ -Fe₂O₃, de gran interés por sus propiedades magnéticas. Los análisis en curso en el CNA tienen por objetivo la determinación de la estequiometría y espesor de las capas, así como la identificación de la cantidad de Ar incorporada en las mismas y su posible relación con las distintas estructuras de cristalización del óxido de hierro. Al igual que ocurre con el problema de las láminas de SiO_x sobre Si, discutido en el punto 1), para este estudio también resulta muy práctico el hacer medidas simultáneas de RBS y NRA utilizando iones de deuterio a 880 keV. Este caso es incluso más favorable que el anterior para la aplicación de la técnica de RBS, ya que las señales de Fe y Ar aparecen separadas de la señal del Si del sustrato, facilitando así la interpretación de los espectros.

3) Capas finas de óxido de zinc dopadas con aluminio.

Estas capas, depositadas igualmente sobre Si, se caracterizan por conducir la corriente eléctrica y a la vez ser transparentes al espectro solar de luz. Estas características las hace muy interesantes para sustituir los “finger” metálicos extractores de la corriente eléctrica generada en células fotovoltaicas. El interés principal consiste en conocer el nivel y homogeneidad del dopado (relación atómica Al/Zn en función del espesor) para relacionarlo con sus características eléctricas y ópticas. En una primera etapa, las medidas de RBS utilizando iones de He a varias energías se han revelado extremadamente útiles para conocer la estequiometría y espesor global de las muestras crecidas en diferentes condiciones y, de este modo, tener un mejor control durante su deposición. Sin embargo, estos primeros análisis se han realizado sobre muestras con un dopaje muy alto, del orden del 10%, las cuales no presentan propiedades físicas atractivas. Hay que reducir el grado de dopaje hasta el 1% o menos para encontrar las características buscadas. Es difícil en esos niveles medir mediante RBS el contenido en Al sin cometer un error importante y mucho menos poder ver algún tipo de inhomogeneidad, debido a que el ruido de fondo (posible pile-up y difusión del Zn hacia el sustrato) aparece superpuesto con la débil señal de Al. Por este motivo se está estudiando la posibilidad de medir la cantidad de aluminio en las muestras utilizando la resonancia de la reacción $^{27}\text{Al}(p,\gamma)^{28}\text{Si}$ a 992 keV. Realizando la curva de excitación en función de la energía de los protones incidentes es posible determinar el perfil de concentración de Al.

Análisis y modificación de sustratos de SiC mediante haces de iones³

El carburo de silicio (SiC) es un material semiconductor de gran interés tecnológico debido a la anchura de su banda prohibida y a su estabilidad a alta temperatura. Estas propiedades permiten su uso en condiciones donde el silicio, material semiconductor por excelencia, no puede trabajar. Para poder explotar todo su potencial, es necesario dopar selectivamente los sustratos de SiC, lo cual sólo se puede hacer mediante implantación iónica a causa de la pequeña difusividad de los dopantes para temperaturas menores que 1800° C. Sin embargo, durante la implantación iónica en SiC se producen numerosos defectos, llegándose incluso a la amorfización del material, el cual necesita someterse a tratamientos térmicos para mostrar propiedades eléctricas óptimas.

Aprovechando la estancia en el CNA por un año del Prof. Battistig y el en marco de una reciente cooperación entre nuestro laboratorio y el Instituto de Investigación para las Ciencias Físicas (MFA) de Budapest se ha empezado a analizar la relación entre las propiedades físicas de sustratos monocristalinos de SiC y su composición, defectos y estructura cristalina tras ser dopados mediante implantación iónica y sufrir tratamientos térmicos a diferentes temperaturas.

De especial interés es el estudio de las sub-redes de carbono y silicio, así como la oxidación de este material, lo cual estamos abordando mediante RBS en geometría de canalización y con la ayuda de las resonancias elásticas $^{16}\text{O}(\alpha, \alpha)^{16}\text{O}$ a 3.05 MeV y $^{12}\text{C}(\alpha, \alpha)^{12}\text{C}$ a 4.26 MeV. En efecto, se puede observar el espectacular aumento de la señal de carbono cuando las partículas alfa bombardean la muestra con una energía igual o superior a la resonancia. Por otro lado, conocer el perfil de concentración de los elementos dopantes (aluminio y nitrógeno) es igualmente importante para comprender las propiedades físicas de este material. Para este fin, diferentes reacciones nucleares serán utilizadas, por ejemplo $^{27}\text{Al}(p, \gamma)^{28}\text{Si}$ y $^{14}\text{N}(d, \alpha)^{12}\text{C}$.

³ Colaboración con:

.- Academia Húngara de Ciencias, Instituto de investigación para las Técnicas Físicas de Budapest.

Mecanismos de formación de láminas delgadas de óxidos superconductores; desarrollo de técnicas nucleares de medida de oxígeno⁴

Desde hace varios años, nuestras investigaciones se centran en el estudio de los mecanismos de formación de láminas delgadas de materiales superconductores, y en particular del óxido $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ (YBCO). Las láminas son depositadas por pulverización catódica o ablación láser, entre 700 – 800 °C, sobre sustratos monocristalinos de $LaAlO_3$, MgO o $SrTiO_3$ y enfriadas posteriormente hasta temperatura ambiente. Para comprender y mejorar las condiciones de elaboración de estas capas, hemos estudiado el papel que juega el proceso de enfriamiento en la formación de este material. En efecto, las propiedades físicas del compuesto YBCO son muy sensibles a la cantidad y al orden de los átomos de oxígeno en la malla cristalina. Así, $Y_1Ba_2Cu_3O_6$ es un aislante antiferromagnético mientras que $Y_1Ba_2Cu_3O_7$ es un metal superconductor con temperatura crítica $T_c \sim 90$ K. Las condiciones de crecimiento han sido optimizadas para obtener láminas con una resistencia de superficie muy baja ($R_s = 0.3$ m Ω , 10 GHz, 77 K), lo cual implica una oxigenación completa del material, la ausencia de fases parásitas y una estructura de granos bien orientada.

Estos estudios necesitan técnicas capaces de medir el oxígeno de láminas delgadas crecidas sobre sustratos oxigenados. Con ese objetivo, hemos desarrollado una técnica original de medida de oxígeno utilizando la reacción nuclear $^{16}O(^3He, \alpha)^{15}O$. Las medidas del perfil de oxígeno en función de la profundidad han sido realizadas mediante la resonancia elástica $^{16}O(\alpha, \alpha)^{16}O$ a 3.045 MeV. La Fig. 1.1.3 muestra los espectros RBS obtenidos con partículas α de 3.140 MeV y 3.218 MeV sobre una lámina de YBCO de 800 nm de espesor crecida sobre $LaAlO_3$.

El análisis de la composición de las láminas y de sus propiedades físicas, en función de las condiciones de enfriamiento, nos ha llevado a una conclusión inesperada: *la composición en oxígeno durante el proceso de formación a alta temperatura es 7 ($Y_1Ba_2Cu_3O_7$) no 6 ($Y_1Ba_2Cu_3O_6$) como sugiere el equilibrio termodinámico*. Hemos explicado este hecho por la presencia de especies activas, como el oxígeno atómico, en el plasma creado durante el crecimiento de las láminas.

⁴ Colaboración con:

.- Universidad de Paris VII .
.- Laboratorio Central Thomson-CSF, Orsay.

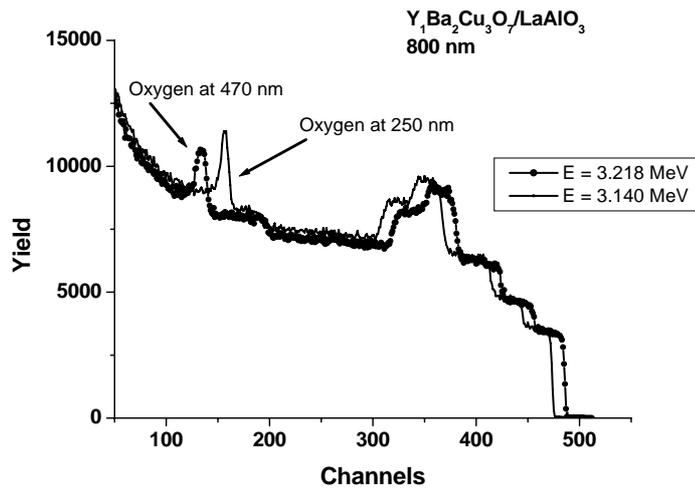


Fig. 1.1.3.- Uso de la resonancia elástica $^{16}\text{O}(\alpha,\alpha)^{16}\text{O}$ a 3.045 MeV para medir oxígeno en láminas de YbaCuO

En ese marco estamos analizando el proceso de oxigenación de láminas “amorfas” de YBCO obtenidas mediante pulverización catódica a baja temperatura ($\sim 100\text{ }^\circ\text{C}$). Para describir estas láminas utilizamos el término “amorfo” puesto que las medidas de rayos X indican que no hay picos de difracción. Sin embargo, es posible que se trate de una nano-estructura cuyo diámetro de grano sea menor que 3-5 nm. Hemos encontrado que estas capas “amorfas” tienen una composición $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_8$, mientras que la composición de la fase ortorrómbica conocida es $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$. La cuestión que se plantea es si se trata de un nuevo compuesto de YBCO con 8 átomos de oxígeno en su malla elemental o bien del compuesto ortorrómbico $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ más 1 átomo de oxígeno situado fuera de la estructura (juntas de grano, etc.). Para dar respuesta a esta importante pregunta, estamos estudiando la influencia de diversos tratamientos térmicos sobre la composición y propiedades físicas de estas láminas amorfas, así como la posibilidad de cristalizar el compuesto $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_8$, el cual podría presentar propiedades físicas inesperadas.

Análisis de películas delgadas de pirita (FeS_2) sobre Ti para la obtención de dispositivos p-n⁵

Los experimentos realizados han consistido en estudiar una serie de películas delgadas de pirita (FeS_2) de espesores en torno a 0.3-0.7 micras que han sido depositadas sobre sustratos de vidrio y sobre láminas delgadas de Ti de espesor variable. Estas muestras presentan un cambio de conductividad de tipo p (originalmente) a tipo n dependiendo de la relación Fe/Ti y de la temperatura de sulfuración a la que han sido preparadas.

La obtención de películas de FeS_2 tipo n es uno de los objetivos principales de los grupos que trabajan en este tema con el fin de poder realizar dispositivos p-n basados en lámina delgada de pirita.

La utilización de técnicas IBA es imprescindible para estudiar el mecanismo de difusión de Ti en la película de pirita y conocer los perfiles de concentración del mismo en películas de pirita que presentan propiedades eléctricas muy diferentes. Para ello se han realizado medidas de RBS y PIXE en la cámara de canalización del CNA.

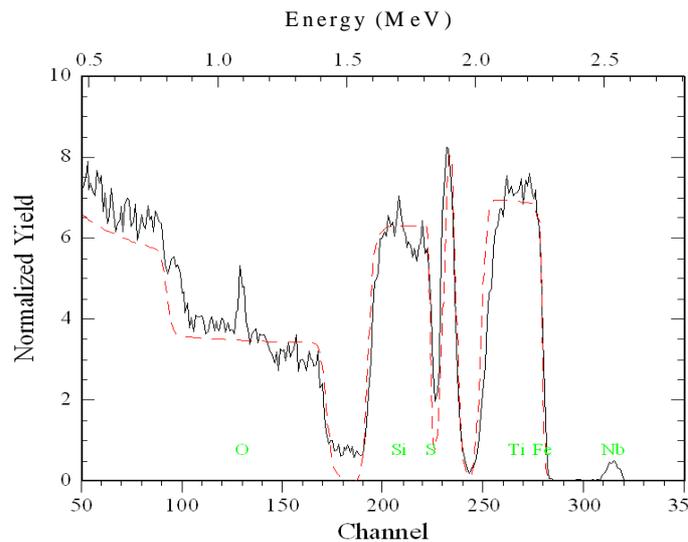


Fig. 1.1.4.- Espectro de RBS, usando He^{++} a 3 MeV, de una muestra de FeS_2 y su simulación.

⁵ Colaboración con:

.- Dpto. Física de Materiales, C-IV, Universidad Autónoma de Madrid.

Determinación de trazas en cerámicas de mullita obtenidas por distintos métodos para estudios de conductividad iónica⁶

Los experimentos de PIXE y RBS llevados a cabo en cámara Charles-Evans de la línea de canalización iónica del CNA, han estado orientados a la determinación de elementos a nivel de traza en cerámicas de mullita obtenidas por rutas diferentes. El objetivo del estudio es el de tratar de obtener una relación entre la presencia de impurezas y los efectos anómalos observados al estudiar la conductividad iónica mediante espectroscopía de impedancia compleja.

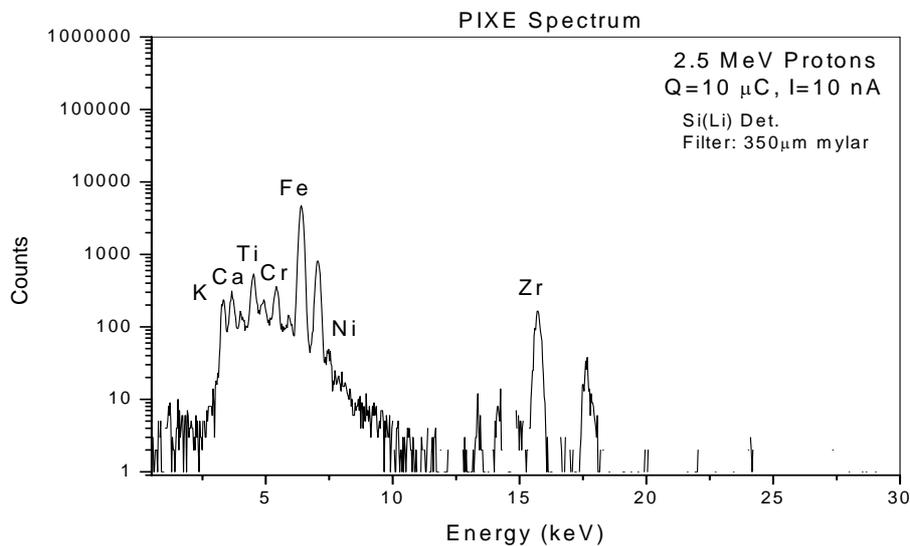


Fig. 1.1.5.-Espectro PIXE, usando partículas H^+ a 2.5 MeV, de una muestra de cerámica de mullita.

⁶ Colaboración con:
.- Dpto. Ingeniería Civil y de Materiales, Universidad de Málaga.

Determinación de los cambios composicionales y estructurales en muestras de circonia-ytria⁷

Mediante tratamientos termoquímicos realizados en el Universidad de Málaga, se han intentado conseguir probetas de circonia-ytria de mayor pureza. Mediante análisis de micro-RBS y micro-PIXE en la línea de microhaz en vacío del CNA es posible evaluar las variaciones composicionales y estructurales de dichas probetas, mediante la realización de mapas de composición elemental. También es importante conocer la composición de elementos traza que puedan estar modificando la estructura de la circonia-ytria. En tales probetas se aprecian capas concéntricas de distinta microestructura y posiblemente composición.

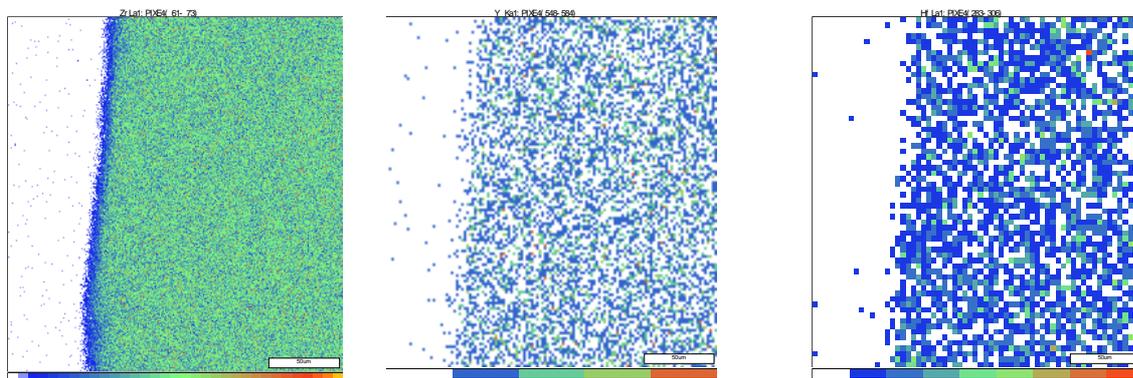


Fig. 1.1.6.- Mapas de Zr, Y y Hf de una muestra de circonia-ytria obtenida en la microsonda con protones de 3 MeV.

⁷ Colaboración con:
.- Dpto. Ingeniería Civil y de Materiales, Universidad de Málaga.

Determinación de la cantidad de nitrógeno en aceros dúplex⁸

Con estos experimentos se pretende determinar el coeficiente de reparto de nitrógeno de las fases austenita y ferrita que componen el acero inoxidable dúplex. El contenido de nitrógeno de estos aceros es variable, con un máximo de 0.4 % en peso. La baja proporción de N hace que sea preciso emplear resonancias $^{14}\text{N}(p,p)^{14}\text{N}$ para aumentar la sección eficaz y, de esta manera, la señal de nitrógeno en el espectro RBS. La resonancia más intensa se encuentra a unos 3850 keV siendo su intensidad unas 80 veces la de Rutherford. También se puede mejorar la sensibilidad aprovechando la reacción $^{14}\text{N}(d,p\gamma)^{15}\text{N}$ y la cascada de γ intensos que produce.

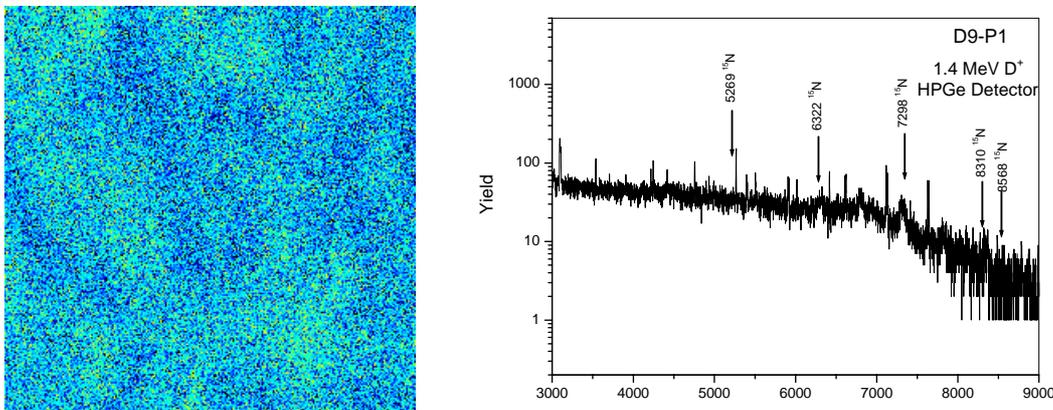


Fig.1.1.7.- (Izq) Imagen por electrones secundarios de un acero dúplex obtenida en la microsonda usando D+ a 1.4 MeV, podemos observar las diferentes fases. Según las medidas de PIXE, las zonas más claras corresponden a la austenita y las oscuras a la ferrita. (Dcha) Espectro de rayos γ tomado en la zona clara.

Para la determinación de la cantidad de N y su localización en la superficie de las probetas de acero, es necesario realizar medidas de PIGE en la microsonda. La detección los rayos γ característicos de la reacción permiten hacer un mapa de composición de N. Al mismo tiempo se realizan medidas de micro-RBS, micro-PIXE y SEM para tener una idea más completa de la composición y estructura del acero dúplex.

⁸ Colaboración con:

.- Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla , CSIC, Universidad de Sevilla.

Análisis de capas finas de materiales de interés tecnológico⁹

En este trabajo se pretende determinar la estequiometría y el espesor de capas finas de distintos materiales que tienen en la actualidad un gran interés tecnológico.

Entre estos materiales están los depósitos en forma de capa delgada de TiAlN. Éstos poseen una gran dureza y son más resistentes a la oxidación que el TiN. Es interesante determinar cómo varían estas propiedades con la variación de la concentración de aluminio. PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition) es la técnica que se ha usado para su preparación. La dureza de estas capas ya ha sido medida y parece claro que existe una correlación directa entre el contenido de aluminio y la dureza del material. El conocimiento exacto de la composición, con especial énfasis en la del aluminio, nos permitirá cuantificar esta dependencia. Por otra parte, la determinación de oxígeno en superficie mediante NRA ofrece una información muy interesante sobre el proceso de oxidación.

Por otro lado se quiere estudiar mediante RBS la composición de películas delgadas de $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_6$ obtenidas mediante PLD sobre sustratos monocristalinos de SrTiO_3 (100). Las películas están altamente orientadas con respecto al sustrato, creciendo con el eje c orientado perpendicularmente a la superficie con una distribución de orientaciones de 0.5° , por lo que es interesante su análisis mediante canalización iónica.

Finalmente también se quieren estudiar superredes. Las superredes de metales, materiales cerámicos o de ambos, pueden aumentar la dureza de los materiales que las constituyen en más de un 100%. El bloqueo de las dislocaciones en las interfases, los campos de stress o el efecto supermódulo, están en el origen del fenómeno. De hecho, en los nitruros de los metales de transición ha sido bien establecido que es la diferencia entre los módulos de Young de los materiales constituyentes la que controla el proceso de endurecimiento. Las superredes bajo estudio son de distinta longitud de modulación de NbN/TiN y NbN/ZrN, elaboradas mediante PVD. Mediante el análisis RBS es posible conocer la composición química de estas multicapas.

⁹ Colaboración con:

.- Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona, CSIC.

Distribución de dislocaciones en heteroepitaxias **GaN/Zafiro**¹⁰

En los crecimientos epitaxiales de GaN sobre zafiro se generan un alto contenido de dislocaciones, parte de las cuales se propagan en direcciones cercanas a la dirección perpendicular al plano de la intercara epitaxia/substrato. De este modo se generan densidades de dislocaciones del orden de 10^{10} cm⁻² en la epitaxia de GaN. En las muestras que estamos estudiando, los crecimientos se han llevado a cabo mediante la técnica de epitaxia con haces moleculares (MBE)

Para reducir la densidad de dislocaciones en la capa de GaN se introducen capas delgadas de AlN, con espesores entre 2 y 4 nm, con el fin de doblar las dislocaciones y eliminar la propagación de algunas al producirse interacciones entre pares de éstas. Las muestras han sido estudiadas por microscopía electrónica de transmisión (TEM) y se ha demostrado la validez de la aproximación indicada para reducir la densidad de dislocaciones de propagación.

En los experimentos que tienen lugar en el CNA se pretende, por un lado, realizar un estudio comparativo de los espesores encontrados por RBS con los medidos mediante TEM. Asimismo, mediante análisis de RBS en geometría de canalización, se intentará determinar la variación de la densidad de dislocaciones en función del espesor para las multicapas tipo GaN/AlN/GaN/.../zafiro.

¹⁰ Colaboración con:

- .- Departamento de Ciencia de Materiales, Universidad de Cádiz.
- .- Academia Húngara de Ciencias. Instituto de investigación para las Técnicas Físicas de Budapest.

Caracterización de láminas delgadas de nitruro de silicio crecidas mediante RF-sputtering¹¹

Láminas delgadas de nitruro de silicio han sido crecidas mediante RF-sputtering reactivo y no reactivo sobre sustratos de Si(100). El blanco ha sido preparado y sintetizado a partir de polvo β -Si₃N₄. El estudio pretende correlacionar la influencia del gas utilizado durante la pulverización (Ar, N₂, Ar/N₂ (50%), N₂/H₂ (5%) y Ar/H₂ (5%)) con la composición y propiedades físicas de las láminas.

Las siguientes técnicas han sido utilizadas para estudiar la dependencia entre el gas utilizado y la estequiometría de las muestras: espectrometría de retrodispersión Rutherford (RBS), análisis por reacciones nucleares (NRA), espectroscopia de electrones Auger (AES) y espectroscopia de fotoemisión de rayos-X (XPS). Hemos observado que las láminas preparadas con Argon presentan un exceso de silicio, mientras que las muestras crecidas con nitrógeno son deficitarias en silicio. La mezcla Ar/N₂ da lugar a láminas estequiométricas.

Los análisis realizados nos han permitido igualmente determinar los diferentes contaminantes presentes en las capas. En particular, hemos estimado que las concentraciones de oxígeno y argon están en torno al 17% y 1%, respectivamente.

Por otro lado, utilizando la espectroscopía infrarroja de transformada de Fourier se han estudiado los enlaces químicos entre nitrógeno, silicio, oxígeno e hidrógeno. La caracterización mediante espectroscopía de absorción óptica ha mostrado que las propiedades ópticas de las láminas dependen de su composición, exhibiendo diferentes índices de refracción, desde 1,5 hasta 2,5.

¹¹ Colaboración con:
.- Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIC, Madrid.

Estudio de láminas delgadas de materiales ópticos crecidas mediante ablación láser¹²

El objetivo principal de estos experimentos es la correlación entre las propiedades físicas y la composición de las láminas crecidas por ablación láser a partir de vidrios de metales pesados ($\text{Nb}_2\text{O}_5\text{-PbO-GeO}_2$). Los substratos utilizados son vidrios o silicio cristalino. Dichos materiales son de interés para diversas aplicaciones ópticas y su respuesta depende fuertemente de la estequiometría de las láminas.

Las muestras han sido analizadas mediante RBS y NRA. En RBS, la resolución en masa es inherentemente mejor para elementos ligeros que para los pesados. Por lo tanto, las condiciones típicas de medida (^4He a energías entre 1 y 2.5 MeV) no son las más convenientes para estudiar muestras que contengan diversos elementos medios o pesados, como Ge, Nb o Pb. Como la resolución en masa mejora linealmente con la energía, se ha empleado RBS a 5.9 MeV con el fin de separar las señales de estos tres elementos. Por otro lado, a esta energía las secciones eficaces para el Ge y elementos más pesados siguen siendo coulombianas (sección eficaz de Rutherford), lo cual facilita los cálculos. La Fig. 1.1.8 muestra dos espectros típicos de RBS de este tipo de muestras.

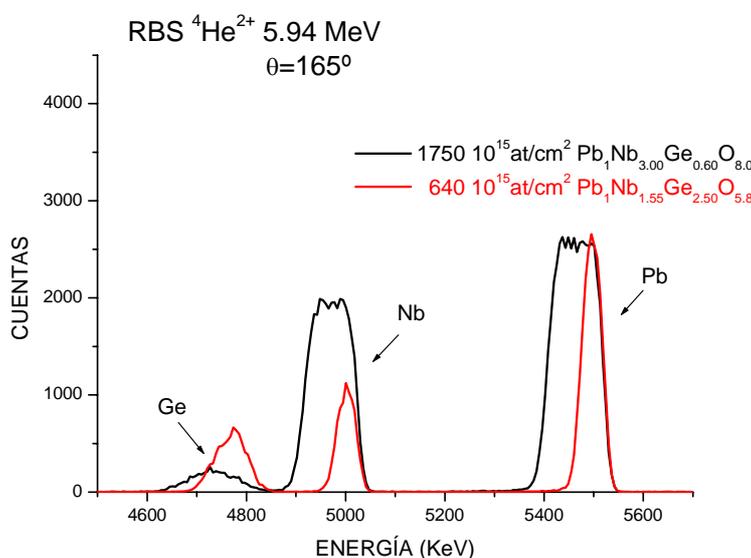


Fig. 1.1.8.- Espectros RBS de muestras NbGePbO crecidas sobre vidrio. En las condiciones de medida (^4He a 5.9 MeV) las señales de los tres cationes se encuentran completamente separadas.

¹² Colaboración con:
.- Instituto de Óptica "Daza de Valdés", CSIC, Madrid.

Es asimismo bien sabido que las propiedades ópticas de las láminas dependen de la presión de oxígeno en la que se realiza la síntesis. Este hecho sugiere que el contenido en oxígeno juega un papel determinante en la respuesta óptica de las láminas. Por otro lado, la presencia de contaminantes, tales como el carbono, podría afectar a las propiedades físicas de las muestras. Con el fin de medir con precisión el contenido de estos dos elementos se han realizado medidas por reacciones nucleares. En particular se han utilizado las bien conocidas reacciones $^{16}\text{O}(d, p)^{17}\text{O}$ y $^{12}\text{C}(d, p)^{13}\text{C}$ a 860 keV y 950 keV, respectivamente.

Estudio de recubrimientos delgados de SiO₂ fabricados mediante sol-gel¹³

Estos estudios pretenden caracterizar recubrimientos delgados de SiO₂ obtenidos por sol-gel, empleando diversos métodos de deposición (inmersión-extracción, deposición electroforética EPD), diferentes precursores (tetraetiloortosilicato TEOS y metiltrietilmetoxisilano MTES) y tratamientos térmicos para su síntesis. Las capas son de naturaleza tanto inorgánica como híbrida (con contenidos variables de CH₃). Dependiendo de la relación MTES/TEOS y de la temperatura de sinterización hay diferentes cantidades de CH₃ que cambian la densidad de la capa y sus propiedades físicas. También se plantea la posibilidad de que existan diferencias significativas de porosidad entre las capas depositadas por inmersión y EPD.

Con el fin de determinar la densidad de estas láminas, se realizarán medidas de los espesores por perfilometría y elipsometría, medidas del contenido de CH₃ por FTIR y análisis de la composición en Si, O, C e H mediante RBS, NRA y ERD. En el caso de muestras depositadas sobre sustratos de acero, será de gran interés determinar la posible presencia en la capa de iones Fe procedentes del sustrato.

¹³ Colaboración con:
.- Instituto de Cerámica y Vidrio. CSIC. Madrid.

Medidas de poderes de frenado de iones de He en Si, Nb y NbSi_x¹⁴

En los últimos años se ha despertado un creciente interés por el material Nb y sus compuestos, debido a su potencial aplicación como recubrimiento duro en capa fina. El uso de la técnica RBS permite determinar la composición y espesor de láminas delgadas de muy diversos materiales. Sin embargo, la precisión de estas medidas depende entre otros factores de la exactitud con la que se conocen los valores de los poderes de frenado de los iones incidentes en el material estudiado, así como de la aplicabilidad de la regla de Bragg en el caso de materiales compuestos. En este trabajo se pretende medir mediante RBS el poder de frenado de He en láminas delgadas de Nb, Si y NbSi_x, entre otras, en el rango de energía entre 1 y 4 MeV, típicamente utilizadas en experimentos de RBS. Para ello, se han depositado una serie de capas finas de los materiales mencionados en sustratos de Si y C. Los resultados obtenidos serán comparados con recientes valores para el Si encontrados en la literatura y nos permitirán comprobar la precisión del uso de la regla de Bragg para el compuesto NbSi_x.

¹⁴ Colaboración con:
.- Dept. Física Aplicada, Universidad Autónoma de Madrid.

2.1.2. MEDIO AMBIENTE

Análisis de sedimentos de la ría de Huelva mediante técnicas de haces de iones¹⁵

Este trabajo se engloba dentro del proyecto “**Análisis de la implementación de la nueva normativa comunitaria sobre protección contra radiaciones ionizantes en la industria de elaboración del ácido fosfórico.**” Cuyo objetivo es la valoración del flujo y distribución de radionúclidos naturales durante el proceso de elaboración del ácido fosfórico que tiene lugar en dos industrias, Fertiberia y Foret, localizadas en el Polo Industrial de Huelva. Asimismo, es bien conocido que ciertas actividades industriales suponen una de las principales fuentes de contaminación del medio ambiente por acumulación de metales, tales como Plomo (Pb), Arsénico (As), Cinc (Zn), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Aluminio (Al), etc. A partir de estas consideraciones, es obvio que una valoración detallada del impacto ambiental ocasionado por estas dos industrias debe de incluir, además del estudio de los radionúclidos naturales, una evaluación de la posible transferencia y diseminación en el medio de los diferentes elementos metálicos citados anteriormente.

Para el estudio de la concentración de dichos elementos contaminantes en muestras de sedimentos del Estuario de Huelva estamos empleando fundamentalmente el análisis de rayos-X inducidos por partículas (PIXE), análisis de rayos- γ inducidos por partículas (PIGE) y el análisis por reacciones nucleares (NRA).

La consecución de los objetivos que planteamos proporcionará una información valiosísima a las empresas involucradas y contribuirá a un *mejor conocimiento de los procesos ambientales que se dan en sistemas estuarios, sistemas de gran importancia económica y medioambiental*. Contribuirá, también, a una *mejor conservación* de los espacios naturales que forman el estuario del Tinto y del Odiel, espacios de alta relevancia ecológica y, en parte, reserva natural.

¹⁵ Colaboración con:

.- Dpto. de Física Atómica, Molecular y Nuclear, Universidad de Sevilla

Estudio de la Ribera del Guadianar mediante análisis TTPIXE tras el desastre medioambiental de 1998¹⁶

En anteriores estudios, se realizaron análisis PIXE de trece muestras de sedimentos recogidos de la Ribera del Guadianar (Suroeste de España) en la primavera de 1996, concretamente entre las minas de Aznalcóllar y el Parque Nacional de Doñana. Los resultados detectaron contaminación por S, Cu, Zn, As y Pb a lo largo de la Ribera debido a la actividad minera. Estos resultados servirían, en primer lugar, como referencia de la situación de la Ribera antes del desastre medioambiental causado por la mina en 1998, y en segundo lugar, para evaluar los trabajos llevados a cabo para la limpieza y restauración de las áreas afectadas.

Se realizaron análisis PIXE sobre veintidós muestras de la zona usando el acelerador Tandem de 3 MV ubicado en el CNA. Tres de las muestras fueron recogidas inmediatamente después del accidente, otra corresponde a materia prima usada en las minas y dieciocho muestras de sedimentos fueron recogidas en la primavera del 2000 cubriendo mayor un área más ancha que la que se realizó en 1996.

Los resultados muestran que una consecuencia del accidente fue una contaminación mayor de la Ribera por los elementos mencionados arriba añadiéndosele el Fe a éstos, debido a los lodos de pirita que cubrieron la Ribera entre las minas y el Parque Nacional. Por otro lado, los resultados indican que la contaminación por S, Cu, Zn, As y Pb permanece tras los trabajos de limpieza. No obstante, la contaminación (concentración media) de Cu, Zn y As ha sido reducida una cuarta parte respecto de la de 1996, aunque la de S ha sido incluso aumentada en un factor de dos.

Se tienen previstas, además, nuevas recogidas de muestras en sucesivas campañas con el objetivo de poder evaluar la efectividad de las tareas de recuperación que se están llevando a cabo en la zona.

¹⁶ Colaboración con:

.-Departamento de Física Aplicada e I.E., Universidad de Huelva, Campus de La Rábida.

Cocientes de actividad $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ como marcador cronológico complementario a la datación con ^{210}Pb en un estuario afectado por la actividad industrial¹⁷

El propósito principal de esta investigación es mostrar la utilidad de los cocientes de actividad $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ como marcador cronológico que puede ser útil en la datación de sedimentos recogidos en un estuario localizado en el suroeste de España, altamente contaminado por los residuos procedentes de factorías de fertilizantes.

Estos residuos están siendo vertidos desde hace 30 años, y enriquecidos en radionúclidos de la serie del Uranio, incluido el ^{210}Pb , por lo que no es posible aplicar la técnica de datación basada en ^{210}Pb en la totalidad del sedimento recogido en el estuario. Sin embargo, la evaluación e interpretación de los perfiles obtenidos por ambas técnicas permite la determinación de coeficientes de sedimentación medios en diferentes zonas de las muestras, contaminadas y no contaminadas.

A través de este estudio se puede establecer una cronología fiable a lo largo del último siglo, lo cual es esencial para analizar y reconstruir la evolución histórica de otros contaminantes en este sistema sumamente afectado.

¹⁷ Colaboración con:

- .-Departamento de Física Aplicada. E.P.S. La Rábida Universidad de Huelva
- .-Departamento de Física Aplicada. E.T.S.Arquitectura. Universidad de Sevilla

2.1.3. BIOLOGÍA Y MEDICINA.

Localización y cuantificación de metales pesados en plantas hiperacumuladoras¹⁸

La descontaminación de suelos y aguas afectados por metales pesados plantea un gran reto debido a sus implicaciones en el medioambiente y en la salud humana. Una forma de abordarlo surge de la habilidad de ciertas plantas de concentrar y metabolizar en sus tejidos algunos elementos y compuestos, ofreciéndose así un método de descontaminación económico. La planta *Arabidopsis-Thaliana* es conocida como un hiperacumulador natural de Fe, Cd y Zn entre otros. El trabajo en desarrollo en el CNA consiste en investigar los lugares donde se localizan los metales dentro de secciones de hojas de esta planta haciendo uso de las técnicas de microscopía nuclear, prestando una atención especial a los *tricomas* de la superficie de la hoja, donde parecen acumularse los metales. Para ese propósito se usan las técnicas de micro-PIXE, RBS y SEM en la microsonda de protones fabricada por Oxford Ltd. instalada en la línea de microhaz en vacío del CNA, con una resolución de 1 μm . Además se han realizado análisis PIXE normales en muestras de planta preparadas mediante digestión ácida para evaluar la acumulación de metales en dichas plantas.

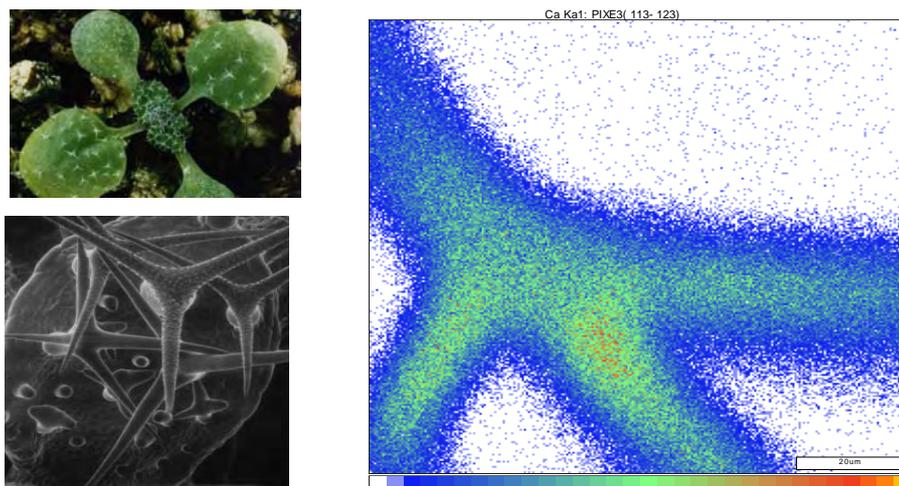


Fig. 1.3.1.- (Arriba-izquierda) Imagen de las hojas de la planta *Arabidopsi*. Debajo, imagen SEM de una de las hojas en la que pueden apreciarse los tricomas. A la derecha, mapa de Ca de un tricoma obtenido con la microsonda usando protones de 3 MeV.

¹⁸ Colaboración con:
.- Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis, CSIC.

Caracterización de metales en muestras de dientes humanos mediante técnicas nucleares¹⁹

El objetivo de este estudio es identificar los elementos que presentan alguna correlación con la aparición y el desarrollo de caries, en función de la edad y el sexo del individuo.

Para ello se han analizado las distintas partes de dientes permanentes y de leche, pertenecientes a individuos de ambos sexos, sanos y con caries, utilizando las técnicas de PIXE y PIGE, para ver los cambios de composición elemental en los distintos puntos de impacto.

Este estudio se está haciendo en colaboración con miembros del departamento de Estomatología de la Facultad de Odontología que interpretarán, desde el punto de vista médico, los resultados obtenidos con nuestras técnicas.

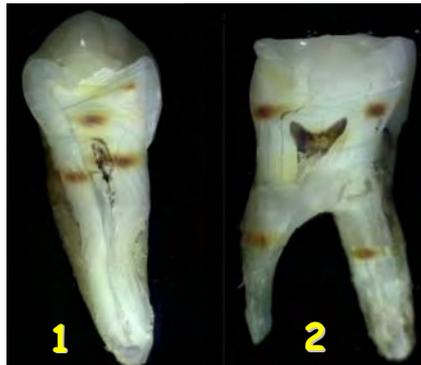


Fig.1.3.2.- Fotografía de diente premolar (1) y diente molar (2)

¹⁹ Colaboración con:

- .- Facultad de Odontología. Dpto. de Estomatología, Universidad de Sevilla.
- .- Dpto. Física Aplicada e Ingeniería Eléctrica, Universidad de Huelva.
- .- Instituto Tecnológico e Nuclear, Physics Department, Sacavém, Portugal.

Estudios preventivos de la osteoporosis²⁰

Se ha llevado a cabo un trabajo prospectivo usando los sistemas experimentales de PIXE y NMP del acelerador Van de Graaff de 3 MV del Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN) y del acelerador Pelletron de 3 MV en el Centro Nacional de Aceleradores (CNA) para estudiar las alteraciones elementales de tejidos de animales sometidos a tratamientos preventivos de la osteoporosis. Entre otros factores, las osteopatologías han sido asociadas a alteraciones hormonales, aberraciones metabólicas, poca ingestión de Ca y vitamina D en la dieta y exceso de Fe. El uso de tratamientos hormonales parece ser beneficioso a la incorporación de Ca en el hueso, pero no se puede ignorar que pueden inducir cáncer de endometrio.

Para chequear el efecto de la terapia de estrógenos en la progresión de la osteoporosis se usaron ratas femeninas Wistar y fueron investigadas las variaciones de las concentraciones elementales en útero y el contenido de Ca en huesos femorales de ratas ovariectomizadas bajo terapias de estrógenos. Las técnicas PIXE, RBS y SEM se han aplicado para la caracterización de materiales biológicos con respecto a la morfología y distribución de elementos traza.

Las principales características observadas fueron, el incremento de las concentraciones de Ca y Fe en úteros y las variaciones de Ca en el patrón de distribución de ratas sometidas a una terapia de estrógeno. Este estudio permitirá mejorar la metodología para el estudio de la osteoporosis y puede contribuir a un mejor entendimiento de la osteoporosis y sus intervenciones terapéuticas.

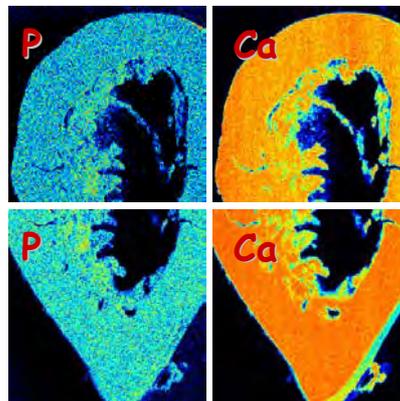


Fig. 1.3.3.-Mapas elementales de PIXE de Ca y P de un hueso femoral de rata tratada con estrógeno.

²⁰ Colaboración con:

- .- Cátedra de Obstetricia, Facultad de Medicina, Universidad de Badajoz.
- .- Instituto Tecnológico e Nuclear, Physics Department, Nuclear Physics Centre, University of Lisbon.

La función del transportador de cobre COPT1 en la morfología del polen de la planta *Arabidopsis*²¹

El cobre juega un papel dual en los organismos aeróbicos al ser a la vez un componente esencial y tóxico. Como resultado, los organismos eucariotas han desarrollado redes homeostáticas complejas. Los componentes moleculares de la homeostasis del cobre en plantas han sido identificados mediante la homología de secuencias y la complementación funcional en el cereal *Saccharomyces cerevisiae*. En este trabajo, se demuestra la función del transportador de cobre (COPT1) en *Arabidopsis thaliana* a través de la generación de plantas transgénicas de COPT1 antisentido. Estas plantas muestran una expresión aumentada de los genes bajo-regulados y niveles de cobre altamente reducidos cuando son medidos mediante PIXE. COPT1 se expresa en las puntas de las raíces, los tricomas, los estomas, los embriones y el polen. Cuando se visualiza mediante SEM el polen de diferentes líneas transgénicas de COPT1 antisentido, alrededor del 10% de los granos muestran morfologías anormales específicas relacionadas con el colpo. Estos resultados apuntan a que el polen puede actuar como sensor del estado del cobre en la planta y probablemente como el principal sumidero de cobre en las estructuras reproductivas.

²¹ Colaboración con:

- .- Departament de Bioquímica i Biologia Molecular, Universitat de Valencia.
- .- Departament de Biologia Vegetal, Universitat de Valencia.

2.1.4. ARTE Y ARQUEOMETRÍA.

Caracterización del tesoro de El Carambolo mediante XRF^{22,23}

Las veintiuna piezas que componen el tesoro de El Carambolo (Periodo Orientalizante, s.VII a.C.) han sido analizadas mediante la técnica de Fluorescencia de Rayos X (XRF). Para ello se utilizó el equipo de fluorescencia portátil del CNA, que pudo ser desplazado para llevar a cabo los análisis “in situ” y de forma no destructiva. Los resultados cuantitativos obtenidos a partir 118 puntos de impacto sobre los distintos elementos de las piezas permitieron su clasificación en tres grupos, en base a la composición de Au, Ag y Cu: a) collar, b) piezas decoradas con rosetas, c) piezas decoradas con semiesferas hundidas y brazaletes (los brazaletes también tienen rosetas, pero diferentes a las anteriores). El colgante, dadas sus características estilísticas, es identificado por muchos autores como un elemento foráneo, mientras que el resto del tesoro se considera de producción local. La presencia de los tres grupos implica que las diferencias de la composición elemental acompañan a las diferencias estilísticas y esto podría ser asociado al uso de diferentes fuentes para la obtención de la materia prima y, posiblemente, a diferentes fases en la elaboración de todo el conjunto.

Después de la fase de caracterización del tesoro de El Carambolo mediante XRF, el objetivo futuro sería su análisis mediante PIXE en la línea de microhaz externo. La resolución espacial de tal microhaz, 50-100 µm, es muy superior a la proporcionada por el tubo de rayos X, 1 mm, de manera que permitiría el análisis de las zonas de unión de los distintos elementos de cada pieza y posiblemente la identificación de los procedimientos de soldadura que fueron utilizados para la elaboración del tesoro.

²² Colaboración con:

- .- Museo Arqueológico de Sevilla
- .- Dpto. de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Sevilla.

²³ Este trabajo se engloba dentro del proyecto PB 98-1141 “*Caracterización de objetos de orfebrería prerromana en el valle del Guadalquivir*” de la D.G.I.C.Y.T.



Fig. 1.4.1.-Tesoro de El Carambolo

Identificación de soldaduras en el colgante de Écija^{24,25}

El colgante de Écija es una joya de estructura, dimensiones y decoración muy singulares de la cultura tartésica y ha sido sometida al análisis mediante la técnica PIXE en la línea de haz externo del CNA. Las técnicas decorativas de granulado, filigrana y repujado han sido empleadas para su elaboración, y el objetivo del estudio es la identificación de las técnicas de soldadura presentes en el colgante. Los resultados de este trabajo se encuentran en fase de interpretación y serán comparados con los de los tesoros de El Carambolo, el Cortijo de Ébora, Mairena del Alcor y otros yacimientos del Periodo Orientalizante del Valle del Guadalquivir.



Fig. 1.4.2.- Colgante de Écija, Museo Municipal de Écija (Sevilla).

²⁴ Colaboración con :
.- Dpto. de Prehistoria y Arqueología, Universidad de Sevilla.
.- Museo Arqueológico Municipal de Écija.

²⁵ Este trabajo se engloba dentro del proyecto PB 98-1141 “*Caracterización de objetos de orfebrería prerromana en el valle del Guadalquivir*” de la D.G.I.C.Y.T.

Estudio de distintos elementos metálicos de los yacimientos de Gózquez y Euskalduna (Comunidad de Madrid)²⁶

Los materiales metálicos del yacimiento Calcolítico y Edad del Bronce de Gózquez (San Martín de la Vega, Madrid) constituyen el conjunto más numeroso de todos los yacimientos conocidos en la Comunidad. Además proceden de excavaciones recientes, realizadas en 1999, con contexto arqueológico fiable y preciso. Un tercer elemento de interés en el estudio de estos materiales es la existencia de un encuadre cronológico basado en dataciones de ^{14}C lo que permite una mejor aproximación para el estudio de la evolución de la tecnología metalúrgica. El yacimiento constituye la base de referencia para la cronología de estos periodos en la Comunidad de Madrid.

El estudio de una serie amplia de un mismo yacimiento con fases sucesivas permite observar las tendencias en las impurezas detectadas en la composición con la finalidad de argumentar sobre la homogeneidad o no de estas producciones en relación con las fuentes de abastecimiento de materias primas, tema planteado en investigaciones previas.

Los objetos metálicos del yacimiento de Euskalduna (Villaverde, Madrid) tienen el interés de proceder también de excavaciones recientes, con contexto arqueológico bien definido y apoyado en dataciones de ^{14}C . En este caso, se trata de una cronología más avanzada que el yacimiento de Gózquez y permite precisar aspectos como la aparición y consolidación de las primeras aleaciones de bronce en el centro de la Península Ibérica.

La metalurgia de la Edad del Bronce necesita avanzar a través del estudio de materiales con calidad informativa desde el punto de vista cultural y cronológico como los de estos dos yacimientos de la Comunidad de Madrid.

Así, como fase inicial del estudio que se pretende abordar, se procedió al análisis de diferentes metálicas como punzones, brazaletes, alfileres y fragmentos de hachas y objetos diversos de mencionados yacimientos mediante la técnica PIXE en aire en el CNA. Los resultados han permitido interpretar que las piezas de Gózquez son cobres “puros”, excepto un brazalete que es un bronce ternario (Cu, Sn, Pb), mientras que las de Euskalduna son bronce binarios (Cu, Sn).

²⁶ Colaboración con:
.- Dpto. de Prehistoria, Instituto de Historia, CSIC.

Caracterización de jarros tartésicos de bronce **(s. VII y VI a. c.)²⁷**

Los jarros de bronce llamados tartésicos constituyen un material arqueológico característico de época orientalizante, hacia el siglo VII y VI a.C., en el sur peninsular, que ha sido muy debatido desde el punto de vista técnico. Con el fin de aclarar algunas de estas cuestiones procedimos al estudio técnico y analítico de dos ejemplares de tipología similar: cuerpo piriforme y boca zoomorfa; y de muy distinta procedencia: el primero formaba parte del ajuar excavado en una tumba de la necrópolis onubense de La Joya y el segundo de una colección particular formada a principios del siglo pasado, hoy Museo Lázaro Galdiano. Ambos presentan un excepcional estado de conservación.

Los análisis mediante la técnica PIXE se efectuaron utilizando la línea de haz externo del acelerador Pelletron de 3 MV del CNA, pudiendo proporcionar unos primeros resultados de este estudio comparativo y dar a conocer las dificultades encontradas a la hora de acometer una investigación con material arqueológico de alto valor museístico.

El metal empleado en la fundición de los jarros es un bronce plomado, aunque las proporciones son distintas en ambas piezas. El jarro del Lázaro Galdiano presenta una composición bastante homogénea en las diferentes partes del cuerpo analizadas, lo cual apoya la hipótesis de una fundición en una sola colada, ya que además no se aprecian discontinuidades en la zona del baquetón, supuesta zona de soldadura. Los resultados del jarro de La Joya son algo más heterogéneos.

Las pátinas formadas en la superficie de ambos jarros muestran la poca representatividad de estos análisis con relación a la composición del metal original. También influye en la variación el tratamiento de limpieza seguido en cada una de las piezas, mucho más agresivo y abrasivo en el del Lázaro Galdiano que eliminó la pátina original, mientras que en el de La Joya conserva esa gruesa capa formada desde que fue enterrado.

²⁷ Colaboración con:
.- Dpto. de Prehistoria, Instituto de Historia, CSIC.
.- Museo Lázaro Galdiano, Madrid.



Fig. 1.4.4.- Jarro de bronce tartésico (museo Lázaro Galdiano, Madrid).

Estudio de técnicas de soldadura en la orfebrería tartésica mediante microhaces de partículas^{28,29}

El objetivo de este estudio es la identificación de las técnicas de soldadura utilizadas en la orfebrería tartésica. Para ello han sido estudiadas más de veinte muestras de los tesoros del Cortijo de Ébora, Mairena del Alcor y otros yacimientos tartésicos. Todas ellas pertenecen al Museo Arqueológico de Sevilla y fueron trasladadas al CNA para su análisis mediante la técnica PIXE en la microsonda de haz externo, cuya resolución espacial de 50-100 μm permitió el acceso a pequeñas regiones de unión de los componentes.

Las investigaciones sobre soldaduras requieren métodos precisos de medida sobre regiones de muy pequeña extensión de las muestras. Además, las diferencias de composición entre las zonas de soldadura y la matriz de las muestras son muy pequeñas. La técnica no destructiva PIXE ha permitido la obtención de unos resultados cuantitativos para la caracterización de joyas de oro tartésicas y, más concretamente, de las soldaduras empleadas para su elaboración. Las observaciones previas de las muestras analizadas mediante microscopía óptica y electrónica fueron de gran ayuda para localizar las zonas de soldadura y proceder a su análisis mediante la técnica PIXE. Los análisis PIXE, de 10 μm de profundidad, proporcionan mayor información en las regiones de soldadura que los análisis EDAX, técnica mediante la cual se analizaron algunas de las muestras y que ofrece unos resultados aún más superficiales. En los objetos seleccionados se aprecian dos métodos de soldadura: la fusión local y la adición de una aleación diferente. No se ha observado la presencia de un tipo de soldadura que fue muy usado en la joyería etrusca, contemporánea a la tartésica, y que consistía en la utilización de sales de cobre entre las partes a soldar para un posterior calentamiento y unión por difusión de estado sólido.

²⁸ Colaboración con:

- .- Museo Arqueológico de Sevilla.
- .- Dpto. de Prehistoria y Arqueología, Universidad de Sevilla.

²⁹ Este trabajo se engloba dentro del proyecto PB 98-1141 “*Caracterización de objetos de orfebrería prerromana en el valle del Guadalquivir*” de la D.G.I.C.Y.T.

Análisis mediante PIXE del colgante de Setefilla^{30,31}

El colgante de Setefilla, perteneciente a la cultura tartésica, ha sido analizado mediante la técnica PIXE en la línea de haz externo del CNA. Los resultados revelan que todos los componentes de la joya tienen una composición muy similar y se observa la posible utilización de la técnica de fusión local para la soldadura de los pequeños gránulos (200 µm de diámetro). El alto contenido en cobre de las cavidades lunares inferiores sugiere que estas estuvieron rellenas de pasta vítrea en la antigüedad. Asimismo, el análisis de un resto de soldadura en la parte posterior de la pieza indica el uso de una aleación más rica en Cu y Ag que la matriz, con el consiguiente descenso del punto de fusión, como segundo método de soldadura para la elaboración de la pieza.



Fig. 1.4.5.- Colgante de Setefilla (s. IV a.C.) y algunos detalles de sus motivos decorativos.

³⁰ Colaboración con:

- .- Dpto. Prehistoria y Arqueología, Universidad de Sevilla.
- .- Coleccionista privado y propietario de la joya

³¹ Este trabajo se engloba dentro del proyecto PB 98-1141 “*Caracterización de objetos de orfebrería prerromana en el valle del Guadalquivir*” de la D.G.I.C.Y.

Estudio de la degradación de color en turquesas prehispánicas de un disco ritual, Templo Mayor, México³²

El objetivo de este estudio es la determinación de composición elemental de turquesas a partir del análisis simultáneo mediante las técnicas PIXE y RBS en la microsonda de vacío. Los fragmentos de turquesa analizados pertenecen a un disco prehispánico ritual, encontrado en una ofrenda dentro del antiguo recinto del Templo Mayor, México. En estas turquesas se observa que su coloración está muy deteriorada y degradada, lo cual se asocia a la alta humedad de la zona debido a la cercanía de los niveles freáticos. Los fragmentos, de pequeñas dimensiones, se irradiaron con protones de 3 MeV para la obtención de mapas de distribución de los diferentes elementos. Las razones Cu/Fe y Zn/Fe podrían dar una valiosa información para ser contrastada con los resultados de análisis previos mediante PIXE, RBS y XRD y que señalan que han tenido lugar sustituciones específicas en la estructura cristalina de la turquesa produciéndose los cambios del color. Los resultados de este trabajo se encuentran en fase de interpretación.

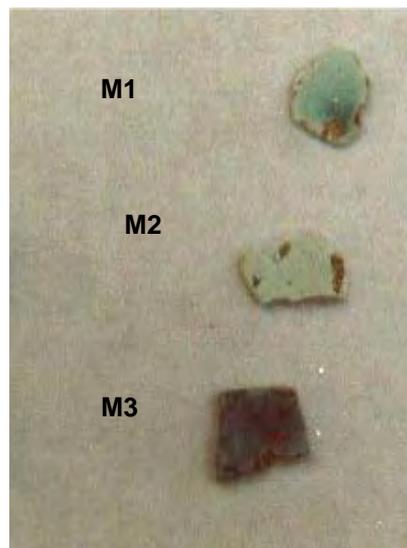


Fig. 1.4.6.- Teselas de turquesa elegidas para su irradiación: color verde (M1), color blanco (M2), color azul (M3).

³² Colaboración con:

- .- Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México.
- .- Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

Estudio de pinturas en cerámicas y murales de Teotihuacán (México)³³

Tras unas primeras medidas de pigmentos de material cerámico y mural mediante PIXE, las cuales permitieron la caracterización de los distintos colores, se procedió en el Instituto de Física de la UNAM al análisis de pinturas sobre fragmentos cerámicos de Teotihuacán mediante PIXE diferencial, es decir, irradiando las regiones coloreadas con distintas energías del haz. De este modo, se alcanzaron diferentes profundidades de análisis en las muestras y, por comparación con la irradiación de un material homogéneo de similar naturaleza (sedimento), se obtuvo una información cualitativa de forma rápida a partir de los cocientes de las áreas de los picos de rayos X e incluso se estimó una cota para el espesor de las distintas capas de pintura. La obtención mediante microPIXE de mapas elementales, obtenidos utilizando la microsonda del CNA, sobre estratigrafías de las capas de pintura nos permitió estimar con mayor precisión el espesor de esas capas y comprobar que nuestras estimaciones eran correctas. En definitiva, se ha mostrado la técnica del PIXE diferencial como un método absolutamente no destructivo para la caracterización de capas y perfiles en profundidad de sistemas arcilla-pintura, sin la necesidad de extracción de muestras para el estudio de su estratigrafía y composición.

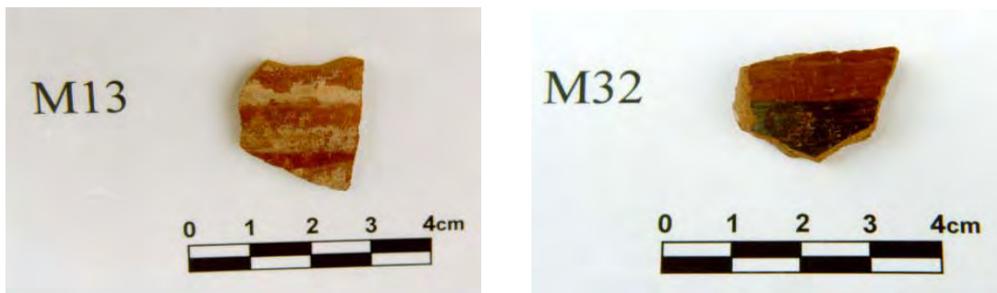


Fig.1.4.7.- Algunos de los fragmentos de cerámicas de Teotihuacán analizadas, donde se pueden observar diferentes variedades decorativas.

³³ Colaboración con:

- .- Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México.
- .- Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

Análisis de estucos decorados de itálica³⁴

La determinación de la composición y estructura de la pintura sobre estucos romanos hallados en los yacimientos de Itálica, permiten conocer las técnicas decorativas de los romanos habitantes del sur de la Península Ibérica durante el s. I d. c. Para ello se ha utilizado la microsonda de protones del CNA para analizar los pigmentos, realizándose mapas composicionales mediante micro-PIXE, además de análisis RBS, SEM y PIGE que completan el estudio.

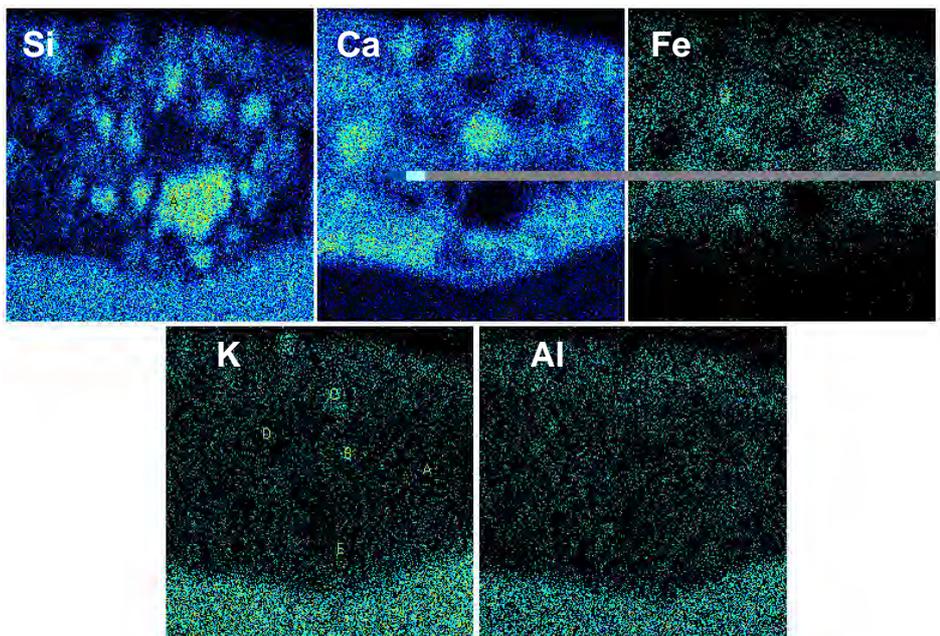


Fig.1.4.8.- Mapas de composición de un estuco decorado de color rosa obtenida mediante la microsonda con protones de 3 MeV.

³⁴ Colaboración con:

.- Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla, CSIC-Universidad de Sevilla.

2.1.5. FÍSICA NUCLEAR BÁSICA.

Estudio de la dispersión de núcleos exóticos a energías próximas a la barrera Coulombiana³⁵

La finalidad de este proyecto es el estudio experimental y teórico de las colisiones de núcleos exóticos con diferentes núcleos blanco. Con ello se pretende investigar aspectos relevantes de la estructura de los núcleos exóticos, como su polarizabilidad dipolar eléctrica, conocer la naturaleza de los potenciales de interacción entre los núcleos exóticos y los núcleos normales, y determinar los mecanismos de reacción relevantes que se dan en estas colisiones nucleares.

Para el estudio experimental se va a diseñar y construir una cámara de reacción portátil con un sistema de detectores que cubran un ángulo sólido grande, para realizar medidas de secciones eficaces elásticas y de ruptura para haces de iones de muy baja intensidad. Esta cámara de reacción se pondrá a punto en el laboratorio del CNA, utilizando haces de iones estables como ^4He , ^6Li y ^7Li . La cámara se utilizará para proponer experimentos en las instalaciones europeas de iones radiactivos, dentro del marco de colaboraciones internacionales. En concreto, se propondrán experimentos inducidos por núcleos con halo como ^6He y ^{11}Li .

El estudio teórico que se plantea está íntimamente relacionado con el estudio experimental propuesto. Se determinarán los aspectos de la estructura del núcleo exótico, de los potenciales de interacción y de los mecanismos de reacción que tienen un efecto mayor sobre las secciones eficaces a energías próximas a la barrera coulombiana. Se harán cálculos realistas de las secciones eficaces con objeto de evaluar las condiciones experimentales óptimas para la realización de los experimentos.

Hemos presentado una propuesta, en colaboración con otros grupos europeos, para medir la dispersión de ^{11}Li sobre ^{208}Pb al Comité de Isolde (CERN, Ginebra, Suiza), solicitando 10 días de tiempo de haz (1-4). La propuesta ha sido aprobada, y esta pendiente para su realización de mejoras en el post-acelerador REX-ISOLDE, para conseguir la intensidad suficiente de ^{11}Li . También hemos realizado una propuesta (5-6) al comité del Ciclotrón de Louvain la Neuve, para medir la dispersión de ^6He sobre ^{208}Pb .

Con este proyecto se inicia la participación del Centro en experimentos de investigación básica, los cuales, junto con la investigación aplicada y la formación de expertos en el campo de aceleradores de partículas y técnicas nucleares constituyen uno de los objetivos fundamentales del CNA.

³⁵ Colaboración con:

- .- Dept. Física Atómica, Molecular y Nuclear, Universidad de Sevilla.
- .- Dpto. de Física Aplicada, Universidad de Huelva.
- .- Inst. de Estructura de la Materia, CSIC, Madrid.

Referencias:

- 1) "Exploring the Dipole Polarizability of ^{11}Li at REX-ISOLDE", M.J.G. Borge, J. Gómez-Camacho, I. Martel y O. Tengblad, Nuclear Physics A690 (2001) 223-226.
- 2) "Dipole polarizability in the scattering of ^{11}Li below the Coulomb barrier" M.V. Andrés and J. Gómez-Camacho, Physical Review Letters, 82 (1999) 1387
- 3) "Exploring the dipole polarizability of ^{11}Li at REX-ISOLDE" M.V. Andrés, M.J.G. Borge, M.D. Cortina, L.M. Fraile, H. Fynbo, J. Gómez-Camacho, D. Guillemaud-Mueller, B. Jonson, F.M. Marqués, I. Martel, A. Mueller, M.A. Nagarajan, G. Nyman, K. Riisager, B. Rubio, G. Schrieder, J.L. Tain, O. Tengblad. Proposal to the ISOLDE-Neutron Time of flight Committee. 31 October 2000.
- 4) "Exploring the dipole polarizability of ^{11}Li at REX-ISOLDE" Spokepersons: M.J.G. Borge and J. Gómez-Camacho. Addendum to P134 (INTC 2000-042), August 2001.
- 5) "Exploring the dynamics of low energy ^6He elastic scattering on heavy targets" Letter of Intent to the PAC of the Cyclotron Research Centre, Louvain-la-Neuve, Belgium. 18 May 2001. M.V. Andrés, C. Angulo, J.M. Arias, M.J.G. Borge, J.A. Caballero, J.M. Espino, J. Gómez-Camacho, I. Martel, J. Pérez-Bernal, M.A. Respaldiza, J. Rodríguez-Qintero, O. Tengblad.
- 6) "Exploring the dynamics of low energy ^6He elastic scattering on heavy targets", Proposal to the PAC of the Cyclotron Research Centre, Louvain-la-Neuve, Belgium. 10 Dec 2001. M.J.G. Borge, O. Tengblad, M.V. Andrés, J.M. Espino, J. Gómez-Camacho, I. Martel, F. Pérez-Bernal, A. Sánchez, C. Angulo, G. Tabacaru, P. Van Duppen, M. Gulino, M. Huyse, N. Clarke, M. Freer, M. Lattuada, C. Spitaleri, S. Cherubini.

2.2. PROYECTOS EN PREPARACIÓN.

Determinación de ^{129}I y ^{36}Cl en muestras naturales mediante espectrometría de masas con aceleradores (AMS)³⁶

La Espectrometría de Masas con Aceleradores (AMS) es una técnica analítica de gran sensibilidad que permite la detección de núclidos presentes en muestras a muy bajas concentraciones.

Con relación a la espectrometría de masas tradicional, AMS consiste en el acoplamiento de un espectrómetro de masas convencional a un acelerador, generalmente un Tandem Van de Graaff, lo que conduce a una mejora muy importante en la sensibilidad de la técnica.

Como dato de interés podemos decir que para núcleos específicos se pueden conseguir detectar concentraciones de hasta 10^{-12} e incluso 10^{-15} . Esta sensibilidad ha permitido la aplicación de 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.

Desde 1997 participamos, junto al Instituto de Física de Partículas, el PSI/ETH, de Zurich en un amplio programa para el desarrollo y posterior aplicación de AMS a la determinación de ^{129}I y ^{36}Cl en muestras atmosféricas, suelos y sedimentos usando un acelerador tandem Van de Graaff EN de 6 MV, situado en el ETH de Zürich, como se ve en la fig.2.1. Y todo ello con la perspectiva de **implementar en un futuro próximo una línea de AMS en el Centro Nacional de Aceleradores.**

³⁶ Colaboración con:

.-Dpto. de FAMN, Universidad de Sevilla.
.- PSI/ETH, Zurich.

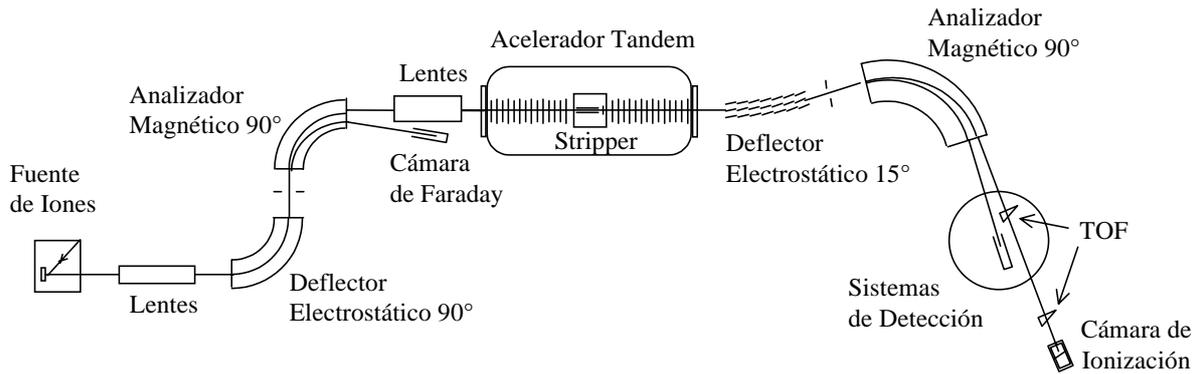


Fig.2.1.-Acelerador Tandem Van de Graaf en el ETH de Zürich

Para la medida de ^{129}I se ha diseñado y construido un sistema de dos detectores: un detector de Tiempo de Vuelo (TOF), que tiene la misión de discriminar los distintos iones según su velocidad, especialmente el $^{129}\text{I}^{5+}$ y el $^{128}\text{Te}^{5+}$, acoplado a una Cámara de Ionización ΔE -E, que distingue los iones de $^{129}\text{I}^{5+}$ de fragmentos moleculares con los mismos valores de velocidad y m/q en función de su energía y su poder de frenado.

Para el caso de ^{36}Cl se ensayan en la actualidad distintos métodos de medida basados en el uso de un telescopio ΔE -E con detectores de gas. Con él se consigue una muy buena separación de su isóbaro el ^{36}S .

Para poder aplicar correctamente la técnica de AMS ha sido necesario desarrollar primeramente una metodología radioquímica adecuada para la preparación de muestras, tanto de I como de Cl, adaptables a la fuente de iones del acelerador. Ello ha permitido la determinación de dichos radionúclidos en un variado grupo de muestras ambientales tales como suelos, sedimentos, turbas pantanosas, etc.

Por ejemplo, los resultados obtenidos en filtros atmosféricos tomados en Sevilla muestran concentraciones de 10^6 áts. $^{129}\text{I}/\text{m}^3$ ($1.4 \text{ nBq}/\text{m}^3$), con límites de detección muy bajos: del orden de 10^4 áts./ m^3 ($0.014 \text{ nBq}/\text{m}^3$). Análogamente, se han determinado relaciones isotópicas $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ en estos filtros, con resultados característicos del orden de 10^{-9} . En muestras de agua de lluvia, se han medido concentraciones típicas de 10^9 áts. $^{129}\text{I}/\text{l}$ ($1.4 \text{ mBq}/\text{m}^3$), con un límite de detección inferior a 10^7 áts. $^{129}\text{I}/\text{l}$ ($0.014 \text{ mBq}/\text{m}^3$). El estudio de la variación temporal de estas magnitudes ha permitido encontrar la influencia de diversos parámetros meteorológicos en las mismas y la comparación de los resultados obtenidos con muestras tomadas en otros puntos del resto del mundo.

También en ^{36}Cl se han producido avances en la metodología. A partir de ellos ha sido posible medir, por ejemplo, la concentración de dicho radionúclido en muestras de hielo de Kirguizistán, observándose el efecto de las pruebas nucleares militares con valores pico del orden de 10^4 áts. $^{36}\text{Cl}/\text{g}$.

Referencias

1.-J.M. López Gutiérrez, M. García León, C. Schnabel y H.A. Synal. “Determination of I-129 in environmental samples by accelerator mass spectrometry (AMS)” *Anales de Física*, 95 (2000), 32-39.

2.- J.M. López Gutiérrez, H.A. Synal, M. Suter, Ch. Schnabel y M. García León. “Accelerator mass spectrometry as a powerful tool for the determination of I-129 in rainwater samples.” *Applied Radiation and Isotopes*, 53 (2000) 81-85.

3.- J.M. López Gutiérrez, M. García León, Ch. Schnabel, A. Schmidt, R. Michel, H.A. Synal, M. Suter. “Determination of ^{129}I in atmospheric samples by accelerator mass spectrometry” *Appl. Rad. Isot.* 51, 315-322 (1999).

4.- J.M. López Gutiérrez, M. García León, R. García-Tenorio, Ch. Schnabel, M. Suter, H.A. Synal, S. Szidat. “ $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ ratios and ^{129}I concentrations in a recent sea sediment core and in rainwater from Seville (Spain) by AMS”. *Nuclear Instruments and Methods B* 172 (2000) 574-578.

Instalación de un ciclotrón compacto para producción de radioisótopos de uso en PETs **Investigaciones científicas relacionadas**

El Centro Nacional de Aceleradores adquirirá un Ciclotrón Compacto financiado con fondos europeos FEDER recientemente aprobados para la Universidad de Sevilla. El Ciclotrón se sumará al acelerador electrostático de 3 MV que ya posee el CNA, ampliando así el abanico de aplicaciones que pueden desarrollarse en el Centro.

Este Ciclotrón, del cual ya se ha comenzado la construcción del edificio junto al del acelerador electrostático, estará dedicado principalmente a la producción de radioisótopos para uso en Tomógrafos de Emisión de Positrones (PET), técnica que en los últimos años ha representado un importantísimo avance en el diagnóstico por imagen con aplicaciones en el campo de la oncología, neurología y medicina cardiovascular.

Estos radioisótopos podrán ser utilizados en el CNA en un futuro próximo, pues se prevé la instalación de un micro-PET para investigación con animales y un PET para investigación en medicina en el mismo edificio donde se albergará el Ciclotrón. Con ello será posible la implantación de una nueva línea de investigación relacionada con la búsqueda de nuevos marcadores apropiados en la optimización del empleo de la técnica PET.

El Ciclotrón poseerá también un haz externo de protones de aproximadamente 20 MeV de energía y hasta 10 μ A de corriente. Con una adecuada línea de transporte de haz, se prevé realizar experimentos que interesan a empresas de alta tecnología. Fundamentalmente, son de dos tipos: daños por radiación y modificación de las características de los materiales por radiación.

En estos casos es importante asegurar la homogeneidad del haz y el control de la dosis aplicada. Dado que la línea del haz será corta por razones de espacio, se está estudiando la posibilidad de utilizar un sistema en el que el haz sea paralelo, ancho horizontalmente y angosto en el sentido vertical, y desplazar verticalmente la muestra en forma controlada.

El haz externo permitirá también estudiar la posibilidad de producción de nuevos radioisótopos para su uso en medicina.

2.3. FINANCIACIÓN DE PROYECTOS / PROJECTS FINANCIATION

“Creación del Centro Nacional de Aceleradores: Caracterización de materiales mediante técnicas de haces de iones”, Proyecto 541A640. Orgánica 1800003709, Fondos FEDER de la UE, 1997-2001. Investigador principal: M. Á. Respaldiza.

“Preparación y caracterización de nuevos aceros inoxidables austeníticos adaptados a altas prestaciones refractarias”. Contrato MAT97-0717 del Ministerio de Educación y Cultura, 1997-1999. Entidades Participantes: Universidad de Sevilla, CSIC. Investigador principal: J. A. Odriozola

“Caracterización de objetos de orfebrería prerromana en el Valle del Guadalquivir mediante técnicas nucleares”. Contrato PB98-1141 del Ministerio de Educación y Cultura, 1999-2002. Entidades Participantes: Universidad de Sevilla, Museo Arqueológico de Sevilla. Investigador principal: M. Á. Respaldiza.

“Plan de Vigilancia Radiológica Ambiental Independiente de las instalaciones de FUA, en Andújar y El Cabril”, proyecto con el Consejo de Seguridad Nuclear, 1999-2001. Se renueva anualmente. Investigador principal: M. García-León.

“Análisis de la implementación de la nueva normativa comunitaria sobre Protección contra Radiaciones Ionizantes en la industria de elaboración del ácido fosfórico”, proyecto DGESIT 1FD97-0900-CO2-01, 1999-2001. Investigador principal M. García-León.

“Determinación de radionúclidos de periodo de semidesintegración grande en muestras naturales mediante espectrometría de masas con aceleradores (AMS)”, DGICYT PB98-1114, 1999-2001. Investigador principal M. García-León.

“Determinación de ^{129}I y ^{36}Cl mediante espectrometría de masas con aceleradores”, BFM2001-3880. 2001-2003. Investigador principal: Manuel García-León.

“Dispersión de núcleos exóticos por debajo de la barrera Coulombiana” Proyecto Coordinado del Plan Nacional de Altas Energías y Grandes Aceleradores, AEN 2000-1592-C03-02, 2001-2003. Investigadores principales: J. Gómez Camacho; I. Martel; O. Tengblad.

“Análisis y modificación de SiC mediante haces de iones”. Cooperación Bilateral. Proyecto conjunto de Cooperación Científico Técnica. 2001-2003.
Entidades Participantes: Centro Nacional de Aceleradores, Inst. Investigación para las Técnicas Físicas y Ciencias de Materiales de Budapest (Hungría).
Investigadores principales: M.A. Respaldiza Galisteo, Gabor Battistig.

3. OTRAS ACTIVIDADES

Prácticas experimentales con el Acelerador Tandem del CNA³⁷

En las páginas anteriores hemos visto, a través de la descripción de los diferentes proyectos en curso en el CNA, la enorme versatilidad de nuestro acelerador de iones para el estudio de un amplio abanico de problemas y en una gran variedad de disciplinas: Física de Materiales, Biología, Arqueometría, Medioambiente, etc. Sin embargo, aparte de la investigación aplicada, uno de los objetivos del CNA es la formación de estudiantes universitarios en el funcionamiento de este tipo de aceleradores de partículas, así como en sus aplicaciones. No nos cabe la menor duda de que para el alumno es muy importante el llevar a la práctica ciertos conceptos de Física Atómica y Nuclear, de los cuales normalmente sólo posee una buena formación teórica. Por el momento, dos grupos de alumnos de la Universidad de Sevilla se han beneficiado de estas prácticas:

1.- Desde el curso 1999-2000, los alumnos de Técnicas Nucleares II (5º curso de CC. Físicas) vienen realizando un pequeño trabajo de investigación que incluye el análisis de diferentes tipos de muestras utilizando la técnica de PIXE y XRF.

2.- Desde el curso 2000-2001, los alumnos de Física Cuántica (3º curso de CC. Físicas) vienen realizando una práctica de 2.5 horas de duración, en la cual se explican los fundamentos teóricos de los aceleradores electrostáticos, sus principales aplicaciones y se enseña, mediante el análisis de láminas delgadas por la técnica de RBS, conceptos tales como el factor cinemático, la sección eficaz coulombiana, el poder de frenado y la aparición de resonancias en la sección eficaz.

³⁷ Colaboración con:

.- Dept. Física Atómica, Molecular y Nuclear, Universidad de Sevilla.

.- Academia Húngara de Ciencias. Inst. de investigación para las Técnicas Físicas de Budapest.

4. PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

SCIENTIFIC PRODUCTION

GRUPO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH GROUP :

Responsable:

Miguel Ángel Respaldiza Galisteo. (Profesor Titular de Universidad, Universidad de Sevilla)

Componentes:

Blanca María Gómez Tubío. (Profesora Titular de Escuela Universitaria. Universidad de Sevilla)

José Enrique Martín Domínguez. (Profesor Asociado. Universidad de Huelva)

Javier García López. (Investigador Contratado Programa Ramón y Cajal)

Francisco José Ager Vázquez. (Prof. Asociado Escuela Universitaria Politécnica de Sevilla)

María Ángeles Ontalba Salamanca. (Beca de Formación Postdoctoral)

María Dolores Ynsa Alcalá. (Beca de Formación Predoctoral)

Juan Ramón Ruiz Lara. (Beca de Formación Predoctoral, hasta Octubre 2001)

Yolanda Morilla García. (Beca de Formación Predoctoral)

Francisco Javier Ferrer Fernández. (Beca de Formación Predoctoral)

4.1. PUBLICACIONES / PUBLICATIONS 1998-2001

ARTÍCULOS PUBLICADOS EN REVISTAS INTERNACIONALES
PUBLISHED PAPERS ON INTERNATIONAL JOURNALS

1998

F.J. Ager, M.A. Respaldiza, A. Paúl, J.A. Odriozola, M.F. da Silva, J.C. Soares. "Oxide scale depth profiling of lanthanum deposited AISI-304: an ion beam analysis". Nuclear Inst. and Methods in Physics Research B 136-138 (1998) 1045-1051.

F.J. Ager, M.A. Respaldiza, A. Paúl, J.A. Odriozola, J.M. Lobato, M.F. da Silva, L.M. Redondo, J.C. Soares. "Analysis of the elements sputtered during the lanthanum implantation in stainless steels". Nuclear Inst. and Methods in Physics Research B139 (1998) 344-349.

J.L. Ferrero Calabuig, F. Vera Tomé, A. Martín Sánchez, C. Roldán García, M.F. da Silva, J.C. Soares, F.J. Ager, D. Juanes Barber, P. Rubio Montero. "Ion Beam analysis and alpha spectrometry of sources electrodeposited on several backings". Nuclear Inst. and Methods B 136-138 (1998) 290-296.

J. García López, D.H.A. Blank and H. Rogalla. "Oxygen content of YBaCuO thin films during growth by pulsed laser deposition". Applied Surface Science, (1998)127-129.

J. García López, D.H.A. Blank, H. Rogalla and J. Siejka. "Role of the oxygen plasma during in situ growth of YBaCuO thin films by pulsed laser deposition ". Physica C 307 (1998) 298-306.

J.E. Martín, R. García-Tenorio, M.A. Respaldiza, J.P. Bolivar y M.F. da Silva. "Influence of the mining activity on sediments from the Odiel river (SW of Spain) analyzed by TTPIXE". Nuclear Instruments and Methods B 136-138 (1998) 1000-1004.

J.E. Martín, R. García-Tenorio, M.A. Respaldiza, y M.F. da Silva. "Elemental Composition of sediments determined by TTPIXE". Nuclear Instruments and Methods B 139 (1998) 175-179.

M.A. Ontalba Salamanca, G. Demortier, F. Fernández Gómez, P. Coquay, J.L. Ruvalcaba-Sil. "PIXE and SEM studies of Tartesic gold artefacts". Nuclear Instruments and Methods B 136-138 (1998) 851-857.

1999

G. Demortier, F. Fernández-Gómez, M.A. Ontalba Salamanca, P. Coquay. "PIXE in an external microbeam arrangement for the study of finely decorated tartesic gold jewellery items". Nuclear Instruments and Methods B 150 (1999) 275-280.

J.E.Martín, R.García-Tenorio, M.A.Respaldiza, M.A.Ontalba, J.P.Bolivar y M.F. da Silva. "TTPIXE analyses of phosphate rocks and phosphogypsum". Applied Radiation Isotopes 50 (1999) 445-449.

L. Mechin, G.J. Gerritsma and J. García López. "The direct growth of SrTiO₃ (100) layers on silicon (100) substrates; application as a buffer layer for the growth of DyBaCuO thin films". Physica C 324 (1999) 47-56.

L. Rodríguez Fernández, J.L. Ruvalcaba-Sil, M.A. Ontalba Salamanca, J.A. Román Bellereza, M. L. Gallardo, D.M. Grimaldi, O.G. de Lucio, J. Miranda. "IBA Analysis of Ancient Mexican Colored Teeth from Archaeological Sites in Mexico City ", Nuclear Instruments and Methods B 150 (1999) 663-666.

J.L. Ruvalcaba-Sil, M.A. Ontalba Salamanca, L. Manzanilla, J. Miranda, J. Cañetas Ortega, C. López. "Characterization of Pre-Hispanic Pottery from Teotihuacán, Mexico, by a Combined PIXE-RBS, SEM and XRD analysis ". Nuclear Instruments and Methods B 150 (1999) 591-596.

J. Miranda, M.L. Gallardo, D.M. Grimaldi, J.A. Román Bellereza, J.L. Ruvalcaba-Sil, M.A. Ontalba Salamanca, J.G. Morales. "Pollution of Benches of the Eagle Warriors Precinct of the Major Temple, Mexico ". Nuclear Instruments and Methods B 150 (1999) 611-615.

2000

J. García López, F.J. Ager, M. Barbadillo Rank, F.J. Madrigal, M.A. Ontalba, M.A. Respaldiza and M.D. Ynsa. "CNA: The first accelerator-based IBA facility in Spain". Nuclear Instruments and Methods B 161-163 (2000) 1137-1142.

J.E. Martín, R. García-Tenorio, M.A. Ontalba, M.A. Respaldiza y M.F. da Silva. "TTPIXE analysis of Guadamar river sediments collected before the environmental disaster of 1998". Nuclear Instruments and Methods, serie B, 161-163 (2000) 825-829.

M.A. Ontalba Salamanca, J.L. Ruvalcaba-Sil, L. Bucio, L. Manzanilla, J. Miranda. "IBA of pottery from Teotihuacán, México". Nuclear Instruments and Methods 161-163 (2000) 762-768.

A. Paúl, S. El-Mrabet, F. J. Ager, J. A. Odriozola. "High temperature oxidation behaviour of EN-1.4301 stainless steel after surface Ce deposition by a modified CVD method". Surface and Interface Analysis 30 (2000) 176-180.

J. Siejka, J. García López, J.C. Mage, Y. Lemaitre y B. Marcilhac. "Study of microwave properties of YBaCuO superconducting thin films: fundamental and applied aspects". Elektronika (XLI) 11 (2000) 23-30 ISSN 0033.2089.

2001

M.A. Ontalba Salamanca, F.J. Ager, M.D. Ynsa, B. Gómez Tubío, J. García López, M.A. Respaldiza y G. Grime. "External microbeam setup at the CNA (Sevilla) and its applications to the study of Tartesic jewelry". Nuclear Instruments and Methods B 181 (2001) 664-669.

M.L. Calzada, R. Poyato, J. García López, M.A. Respaldiza, J. Ricote and L. Pardo. "Effect of the substrate heterostructure on the texture of lanthanum modified lead titanate thin films". Journal of the European Ceramic Society 21 (2001) 1529-1533.

J. García López, J.Siejka, E. Breelle, Y. Lemaitre, J.C. Mage y B. Marcilhac. "Use of Ion Beam Analysis to study in situ the oxygen diffusion and interfacial transfert coefficients in YBaCuO thin films". Modern Physics Letters B. Vol. 15, Nos. 28-29 (2001).

M. D. Ynsa, T. Pinheiro, F. J. Ager, L. C. Alves, J. C. Millán, M A. Gómez Zumbeldía M. A. Respaldiza. "PIXE studies of osteoporosis preventive treatments". Aceptado para publicación en Nuclear Instruments and Methods B (2001).

F. J. Ager, M. D. Ynsa, J. R. Domínguez-Solís, C. Gotor, M. A. Respaldiza, L. C. Romero. "Heavy metal localization and quantification in the plant Arabidosis Thaliana using μ -PIXE". Aceptado para publicación en Nuclear Instruments and Methods B (2001).

J. E. Martín, R. García-Tenorio, E. San Miguel, M. A. Respaldiza, J. P. Bolívar, L. Alves, M. F. Da Silva. "Historical impact in an estuary of some mining and industrial activities evaluated through the análisis by TTPIXE of a dated sediment core". Aceptado para publicación en Nuclear Instruments and Methods B (2001).

F. J. Ager, S. Elmrabet, A. Paúl, Á. Cea-Naharro, M.D. Ynsa, M.A. Respaldiza, J.A. Odriozola. "Determination of nitrogen in metallic phases using the $^{14}\text{N}(\text{d},\text{p}\gamma)^{15}\text{N}$ nuclear reaction". Aceptado para publicación en Nuclear Instruments and Methods B (2001).

J.E. Martín, M.A. Respaldiza, J. González-Labajo. "The State of the Guadiamar Riverbed After the Environmental Disaster of 1998 Analysed by TTPIXE". Aceptado para publicación en Nuclear Instruments and Methods B (2001).

A. Paúl, S. Elmrabet, F. J. Ager, J. A. Odriozola, M. A. Respaldiza, M. F. da Silva y J. C. Soares. "Influence of Preoxidation and Annealing Treatments on the Isothermal Oxidation in Air at 1173 K of Cerium Implanted EN-1.4301 Stainless Steel". Aceptado para su publicación en Oxidation of Metals (2001).

J. García López, M.A. Respaldiza, J. Siejka, E. Breelle, Y. Lemaitre, J.C. Mage and B. Marcilhac. "Use of nuclear microanalysis to study the oxygenation mechanisms of YBaCuO thin films: stimulation of the oxygen diffusion coefficients". Aceptado para su publicación en Nuclear Instruments and Methods B (2001).

E.G. San Miguel, J.P. Bolívar, R. García-Tenorio, J.E. Martín. "230/232 Th Activity Ratios as a Chronological Marker in an Estuarine System Affected by Industrial Releases" *Environmental Pollution* 112 (2001) 361-368.

ARTÍCULOS PUBLICADOS EN REVISTAS NACIONALES
PUBLISHED PAPERS ON NATIONAL JOURNALS

1998

J.C. Cheang Wong, J. García López, J. Siejka, L.M. Mercandalli y R. Bisaro. "Possibility of the existence of fully oxygenated superconducting YBaCuO films with a tetragonal structure". *Revista Mexicana de Física* 44 (2) (Abril 1998) 173-178.

M.A. Ontalba Salamanca, J. Miranda, J.L. Ruvalcaba-Sil y K. López "Límites de Detección en PIXE Aplicado a Sedimentos, Usando Iones ^1H , ^4He y ^{12}C " (suplemento del Bol. Soc. Mex. Fís, 12-3, 1998, ISSN: 0187-4713).

1999

G. Conde, M.D. Ynsa, B.M. Gómez-Tubío, M.A. Respaldiza y F. Fernández. "Análisis de monedas y vasijas romanas de plata realizados mediante EDXRF y Transmisión gamma". *Caesaraugusta* 73 (1999) 209-216.

M. Fernández, M.A. Respaldiza, M. Hunt, V. Hurtado, M.F. da Silva y B.M. Gómez-Tubío. "Análisis de muestras arqueometalúrgicas mediante técnicas nucleares". *Caesaraugusta* 73 (1999) 177-184.

F. Chaves Tristán, R. Pliego Vázquez, B.M. Gómez Tubío y M.A. Respaldiza. "Análisis metalográficos de monedas procedentes de cecas púnicas del norte de África y del sur de la Península Ibérica". *Revue belge de Numismatique* CXLV (1999) 199-214.

F. Chaves Tristán y B.M. Gómez-Tubío. "Nuevos datos acerca de la composición metálica de monedas hispanas: el caso de Gades". *Revue d'Études Antiques. Mélanges. C. Domergue, Pallas* 50 (1999) 313-326.

2000

J.L. Ruvalcaba Sil, C. Martínez, M.A. Ontalba Salamanca, L. Manzanilla. "Caracterización mediante haces de partículas: Estudios Interdisciplinarios de Pintura Mural Teotihuacana". XXIV Coloquio Internacional de Historia del Arte, Arte y Ciencia. Guadalajara, Jalisco, México (2000). Aceptado para publicación como capítulo de libro por el Instituto de Investigaciones Estéticas de la UNAM.

2001

J.E. Martín. "Análisis de Muestras de Sedimento Procedentes del Estuario de Huelva y del Río Odiel Mediante TTPIXE". Resúmenes de comunicaciones de la XXVIII Biental de la Real Sociedad Española de Física 2001, Sevilla (España).

J.E. Martín, J. González-Labajo, J.R. Ruiz, J.P. Bolívar. "Análisis de Materia en Suspensión en Muestras del Guadiamar y Acuífero Almonte-Marismas por EDXRF". Resúmenes de comunicaciones de la XXVIII Biental de la Real Sociedad Española de Física 2001, Sevilla (España).

LIBRO O CAPÍTULO DE LIBRO
BOOK OR BOOK CHAPTERS

1998

J. Siejka, J. García López y Y. Lemaitre. "Mechanism of oxygenation of YBaCuO thin films during in situ growth by cathodic sputtering: correlation between oxygenation and physical properties". En el libro: "Superconducting and related oxides: Physics and Nanoengineering III", edited by I. Bozovic and D. Payuna. (SPIE, Bellingham, 1998)

A. Paúl, C. Luna, F. J. Ager, M.A. San Miguel, J. Fernández Sanz, J.A. Odriozola. "Optimisation of the high temperature oxidation behaviour of conventional stainless steels by surface applied rare earth elements". Proceedings of the European Conference "Information day on Stainless Steel", ECSC, Sevilla 6 Octubre 1998. (D. Naylor ed.)

1999

F. Estrada, M.A. Ontalba Salamanca, M.A. Respaldiza, V. Hurtado. "Caracterización de materiales cerámicos del Suroeste Peninsular mediante Técnicas Nucleares". En el libro: "Arqueometría y Arqueología, ed. Josefa Capel, Editorial Universidad de Granada, Colección Monográfica Arte y Arqueología, Granada 1999, ISBN: 84-338-2586-0.

M. Fernández, J.E. Martín, M.A. Respaldiza, V. Hurtado y M.F. da Silva "Análisis Multielemental de escorias de sílice libre mediante Técnicas Nucleares". En el libro: "Arqueometría y Arqueología, ed. Josefa Capel, Editorial Universidad de Granada, Colección Monográfica Arte y Arqueología, Granada 1999, ISBN: 84-338-2586-0.

B.M. Gómez-Tubío, F. Fernández-Gómez, M.A. Respaldiza y F. Barranco. "Análisis no destructivo de asadores de la Edad del Bronce mediante fluorescencia de rayos x y transmisión gamma". En el libro: "Arqueometría y Arqueología, ed. Josefa Capel, Editorial Universidad de Granada, Colección Monográfica Arte y Arqueología, Granada (1999), 231-242, ISBN: 84-338-2586-0.

A. Paúl, C. Luna, F.J. Ager, M.A. San Miguel, J. Fernández Sanz, J.A. Odriozola, M.I. Ruiz, M.A. Heredia, J.F. Almagro, J. Botella, M.F. da Silva, J.C. Soares, M.J. Capitán, S. Lefebvre. "Optimisation of the high temperature oxidation behaviour of conventional stainless steels by surface applied rare earth elements". Stainless steels – new products and developments, D. Naylor and E. Nagele (Ed.). EUR 18922 EN (1999). ISBN 92-828-7106-1.

A. Paúl, J. A. Odriozola, S. El-Mrabet, F. J. Ager, M. F. da Silva and J. C. Soares. "High Temperature Oxidation of AISI-304 Stainless Steel After Cerium Ion Implantation". International Conference on Stainless Steel '99: Science & Market. Assoziacione Italiana di Matallurgia, Milano, Italy (1999) Vol 2, pag. 343. ISBN: 88-85298-34-6.

M. A. Respaldiza, F. J. Ager, M. Barbadillo-Rank, J. García López, F. J. Madrigal and M. D. Ynsa. "A 3 MV tandem accelerator at Seville: The first IBA facility in Spain". En el libro: "Ion and slow positron beam utilization", Nuclear Energy Agency. ISBN 92-64-17025-1 (1999), 187-192.

M. A. Respaldiza, F. J. Ager, M. Barbadillo-Rank, J. García López, F. J. Madrigal, M.A. Ontalba Salamanca and M. D. Ynsa. "Centro Nacional de Aceleradores: El primer acelerador Tandem instalado en España". En el libro: "Tendencias de la ciencia de los materiales", eds. M. Elizegi, I. Graus, F. Peñalba. ISBN 84-923445-7-1 (1999), 553-554.

M.A. Respaldiza, F.J. Ager, Ion Beam Analysis Techniques in Interdisciplinary Applications, "Experimental Nuclear Physics in Europe. ENPE 99: Facing the Next Millenium". Ed. B. Rubio, M. Lozano and W. Gelletly, The American Institute of Physics. ISBN 1-56396-907-6 (1999), 431-439.

A. Gómez Morón, A. Polvorinos, M.A. Ontalba Salamanca, M.A. Respaldiza, V. Hurtado, A.Z. Kiss, I. Borbéline-Kiss. “Estudio arqueométrico de cerámicas calcolíticas del yacimiento de La Pijotilla (Badajoz, España)”. *Estudis arqueològic i arqueomètric*, Andorra 1999. ISBN 99920-0-202-6, 159-167.

2000

B.M. Gómez-Tubío, M.A. Respaldiza y F. Barranco. “Non destructive analysis of archeological bronzes”. *Ion beam study of art and archaeological objects*, ed: G. Demortier and A. Adriaens, ISBN: 92-828-7652-7 (2000) 72-75.

E.G. San Miguel, J.P. Bolívar, R. García-Tenorio, J.E. Martín. “Historical Evaluation of Pollutant Concentrations in a Sediment Core Dated Through the Analysis of Th-isotopic Ratios and the ²¹⁰Pb Dating Method.” *Proceedings of 5th International Conference on Nuclear and Radiochemistry*, Volumen 2 (2000) 577-580

L. Rodríguez Fernández, O.G. de Lucio, J. Miranda, J.L. Ruvalcaba, M.A. Ontalba Salamanca. “Caracterización de un detector de Si(Li) para análisis de rayos X”. *Anales del VI Seminario Latinoamericano de análisis por técnicas de rayos X*, 2000, Huerta Grande, Córdoba, Argentina. Vol. X, 332-337 ISSN 1515.1565.

2001

A. Paúl, M.F. da Silva, L.C. Alves, S. Elmrabet, J.A. Odriozola, F.J. Ager, J.C. Soares. “Técnicas de haces de iones para el análisis y caracterización de metales y aleaciones”. “Avances en Ciencia y Tecnología del Acero Inoxidable”, Ed. J.A. Odriozola y J. Botella. Instituto Andaluz de Tecnología. ISBN 84-923464-3-4 (2001) 371-386

M.A. Ontalba Salamanca, M.A. Respaldiza, J. García López, G. Grime, M.L. de la Bandera y F. Fernández Gómez. “Estudio de joyas tartésicas mediante microhaces de partículas”. *Actas del III Congreso Nacional de Arqueometría*. B. Gómez Tubío, M.A. Respaldiza y M.L. Pardo (eds). Secretariado de Publicaciones, Universidad de Sevilla. ISBN 84-472-0552-5 (2001) 579-590.

4.2. PARTICIPACIÓN EN CONFERENCIAS / CONFERENCES PARTICIPATION 1998-2001

1998

VI Seminario Latinoamericano de análisis por técnicas de rayos X.

16-20 de Noviembre de 1998, Huerta Grande, Córdoba, Argentina.

Presentación oral. Carácter Internacional.

“Caracterización de un detector de Si(Li) para análisis de rayos X”.

O.G. de Lucio, L. Rodríguez Fernández, J. Miranda, J.L. Ruvalcaba, M.A. Ontalba Salamanca.

Congreso de la XXV Mesa Redonda de la Sociedad Mexicana de Antropología

12 al 18 de Julio de 1998, San Luis Potosí (México).

Presentación oral. Carácter Nacional.

“Los metales de la colección Pareyón”.

U. Méndez, J.L. Galván, J.A. López, J.L. Ruvalcaba, M.A. Ontalba Salamanca, D. Tenorio.

XLI Congreso Nacional de Física.

26 al 30 de Octubre de 1998, San Luis de Potosí (México).

Poster. Carácter nacional.

“Límites de Detección en PIXE Aplicado a Sedimentos, Usando Iones ^1H , ^4He y ^{12}C ”

M.A. Ontalba Salamanca, J. Miranda, J.L. Ruvalcaba-Sil y K. López, M.A. Ontalba Salamanca, J. Miranda, J.L. Ruvalcaba-Sil y K. López.

VIII Particle Induced X-ray Emission Conference.

Lund, Suecia (1998).

Poster. Carácter Internacional.

“Pollution of Benches of the Eagle Warriors Precinct of the Major Temple, Mexico”.

J. Miranda, M.L. Gallardo, D.M. Grimaldi, J.A. Román Bellereza, J.L. Ruvalcaba-Sil, M.A. Ontalba Salamanca, J.G. Morales.

VIII Particle Induced X-ray Emission Conference.

Lund, Suecia (1998).

Poster. Carácter Internacional.

“Characterization of Pre-Hispanic Pottery from Teotihuacán, Mexico, by a Combined PIXE-RBS, SEM and XRD analysis”.

J.L. Ruvalcaba-Sil, M.A. Ontalba Salamanca, L. Manzanilla, J. Miranda, J. Cañetas Ortega, C. López.

VIII Particle Induced X-ray Emission Conference.

Lund, Suecia (1998).

Poster. Carácter Internacional.

“IBA Analysis of Ancient Mexican Colored Teeth from Archaeological Sites in Mexico City”.

L. Rodríguez Fernández, J.L. Ruvalcaba-Sil, M.A. Ontalba Salamanca, J.A. Román Bellereza, M. L. Gallardo, D.M. Grimaldi, O.G. de Lucio, J. Miranda.

VI International Conference on Nuclear Microprobe Technology and Applications.

Stellenbosch, Sudáfrica (1998).

Poster. Carácter Internacional.

“PIXE in an external microbeam arrangement for the study of finely decorated tartesic gold jewellery items”.

G. Demortier, F. Fernández-Gómez, M.A. Ontalba Salamanca, P. Coquay.

1999

Ion Beam Analysis 14 / Accelerators in Applied Research and Technology 6 (IBA-14/ECAART-6)

Dresden (Alemania), 26-30 Julio, 1999.

Presentación oral. Carácter Internacional.

“High Temperature Oxidation Behaviour of Cerium Implanted AISI-304 Stainless Steel”.

F.J. Ager, A. Paúl, J.A. Odriozola, M. A. Respaldiza, M.F. da Silva, J.C. Soares.

Tercer Congreso Nacional de Arqueometría.

Sevilla del 28 de septiembre al 1 de octubre de 1999.

Presentación oral. Carácter Nacional.

“Determinación de la composición química de piezas metálicas históricas: aplicación a un bronce romano”.

J.M. Gallardo, B.M. Gómez-Tubío, A. Bouzas, F.G. Cuevas y R. Villegas.

Primer Coloquio Nacional de Arqueometría.

Mayo de 1999, México D.F. (México).

Presentación oral., Carácter nacional.

“Estudios contaminantes en el recinto de los Guerreros Águila del Templo Mayor”.

M.L. Gallardo, D.M. Grimaldi, J.A. Román, J. Miranda, J.L. Ruvalcaba-Sil, M.A. Ontalba Salamanca, J. Cañetas, J.G. Morales.

VI Reunión Nacional de Materiales.

Junio 1999. San Sebastián.

Presentación oral.. Carácter nacional.

“Centro Nacional de Aceleradores: el primer acelerador Tandem instalado en España”.

J. García López, M.A. Respaldiza, F.J. Ager, M. Barbadillo Rank, F.J. Madrigal, M.A. Ontalba, and M.D. Ynsa.

III Congreso Nacional de Arqueometría.

Sevilla 1999.

Presentación oral. Carácter nacional.

“Estudio de joyas tartésicas mediante microhaces de partículas”.

M.A. Ontalba Salamanca, M.A. Respaldiza, J. García López, G. Grime, M. L. de la Bandera y F. Fernández Gómez.

XXVII Reunión Bienal de Física.

20-24 de septiembre de 1999. Valencia.

Conferencia invitada.. Carácter nacional.

“Creación del Centro Nacional de Aceleradores en Sevilla”.

M.A. Respaldiza, F.J. Ager, M. Barbadillo Rank, J. García López, F.J. Madrigal, M.A. Ontalba Salamanca, M.D. Ynsa

Primer Coloquio Nacional de Arqueometría.

Mayo de 1999, México D.F. (México).

Presentación oral. Carácter nacional.

“Caracterización de cerámicas de Teotihuacán mediante análisis combinado PIXE-RBS y XRD”.

J.L. Ruvalcaba-Sil, L. Manzanilla, M.A. Ontalba Salamanca L. Bucio, J. Miranda, C. López.

Ion Beam Analysis 14 / Accelerators in Applied Research and Technology 6 (IBA-14/ECAART-6).

Dresden (Alemania), 26-30 Julio, 1999.

Poster. Carácter Internacional.

“IBA of pottery from Teotihuacán, México”.

M.A. Ontalba Salamanca, J.L. Ruvalcaba-Sil, L. Bucio, L. Manzanilla, J. Miranda.

Ion Beam Analysis 14 / Accelerators in Applied Research and Technology 6 (IBA-14/ECAART-6).

Dresden (Alemania), 26-30 Julio, 1999.

Poster. Carácter Internacional.

“TTPIXE analysis of Guadamar river sediments collected before the environmental disaster of 1998”.

J.E. Martín, R. García-Tenorio, M.A. Ontalba, M.A. Respaldiza y M. F. da Silva.

Ion Beam Analysis 14 / Accelerators in Applied Research and Technology 6 (IBA-14/ECAART-6).

Dresden (Alemania), 26-30 Julio, 1999.

Presentación oral Carácter Internacional.

“CNA: The first accelerator-based IBA facility in Spain”.

J. García López, F.J. Ager, M. Barbadillo Rank, F.J. Madrigal, M.A. Ontalba, M.A. Respaldiza and M.D. Ynsa.

Ion Beam Analysis 14 / Accelerators in Applied Research and Technology 6 (IBA-14/ECAART-6).

Dresden (Alemania), 26-30 Julio, 1999.

Poster., Carácter Internacional.

“The 3 MV Tandem Pelletron accelerator of the Centro Nacional de Aceleradores in Sevilla, Spain”.

M. Barbadillo Rank, F.J. Ager, J. García López, F.J. Madrigal, M.A. Ontalba, M.A. Respaldiza and M.D. Ynsa.

2000

5th International Conference on Nuclear and Radiochemistry.

NCR5, Pontresina, Suiza, 2000.

Presentación oral. Carácter Internacional.

“Historical evaluation of pollutant concentrations in a sediment core dated through the analysis of Th-isotopic ratios and the Pb-210 dating method”.

E.G. Sanmiguel, J.P. Bolivar, R. García-Tenorio y J.E. Martín.

III Simposium Franco-Polaco.

Marzo, 2000. Varsovia, Polonia.

Conferencia invitada. Carácter Internacional.

“Study of microwave properties of YBaCuO superconducting thin films: fundamental and applied aspects”.

J. García López.

VII Congreso Internacional de Electrocerámica.

3-6 Septiembre, 2000. Portoro, Eslovenia.

Poster. Carácter Internacional.

“Effect of the substrate heterostructure on the texture of lanthanum modified lead titanate thin films”.

J. García López.

VII Internacional Conference on Nuclear Microprobe Technology and Applications (ICNMTA 2000).

10-15 Septiembre, 2000. Burdeos, Francia.

Presentación oral, invitación técnica. Carácter Internacional.

“External microbeam setup at the CNA (Sevilla) and its applications to the study of Tartesic jewelry”.

M.A. Ontalba Salamanca, F.J. Ager, M.D. Ynsa, B. Gómez Tubío, J. García López, M.A. Respaldiza y G. Grime.

XXIV Coloquio Internacional de Historia del Arte, Arte y Ciencia.

Guadalajara, Jalisco, México (2000).

Presentación Oral. Carácter Internacional.

“Caracterización mediante haces de partículas. Estudios Interdisciplinarios de Pintura Mural Teotihuacana”.

J.L. Ruvalcaba Sil, C. Martínez, M.A. Ontalba Salamanca, L. Manzanilla:..

IV Reunión Ibérica del vacío y sus aplicaciones.

Ávila, España (2000).

Presentación oral Carácter Nacional.

“Aplicaciones interdisciplinarias de las técnicas de análisis basadas en haces de iones”.

M.A. Respaldiza, J. García López, F.J. Ager, M.A. Ontalba Salamanca, B.M. Gómez-Tubío y J.E. Martín.

2001

I International Symposium on Utilization of Accelerators, organizado por la IAEA.

25-30 Noviembre, 2001, Sao Paulo, Brasil,
Presentación oral.. Carácter Internacional.

“The Environmental Research Programme of the Centro Nacional de Aceleradores, Sevilla (Spain)”.

F. J. Ager, J.E. Martín, M.D. Ynsa, M.A. Ontalba-Salamanca, J.R. Ruiz-Lara, R. García-Tenorio, M.A. Respaldiza.

The Ninth International Conference on Particle-Induced X-ray Emission (PIXE) and its Analytical Applications.

8-12 de Junio de 2001, Guelph, Canada.

Presentación oral. Carácter Internacional.

“PIXE studies of osteoporosis preventive treatments”.

M. D. Ynsa, T. Pinheiro, F. J. Ager, L. C. Alves, J. C. Millán, M A. Gómez Zumbeldía M. A. Respaldiza.

The Ninth International Conference on Particle-Induced X-ray Emission (PIXE) and its Analytical Applications.

8-12 de Junio de 2001, Guelph, Canada.

Presentación oral. Carácter Internacional.

“Heavy metal localization and quantification in the plant Arabidosis Thaliana using μ -PIXE”.

F. J. Ager, M. D. Ynsa, J. R. Domínguez-Solís, C. Gotor, M. A. Respaldiza, L. C. Romero

The Ninth International Conference on Particle-Induced X-ray Emission (PIXE) and its Analytical Applications.

8-12 de Junio de 2001, Guelph, Canada.

Presentación oral. Carácter Internacional.

“Historical impact in an estuary of some mining and industrial activities evaluated through the análisis by TTPIXE of a dated sediment core”.

J. E. Martín, R. García-Tenorio, E. San Miguel, M. A. Respaldiza, J. P. Bolívar, L. Alves, M. F. Da Silva.

7th European Conference on Accelerators in Applied Research and Technology (ECAART-7).

21-25 de Agosto de 2001, Guildford, Reino Unido.

Presentación oral. Carácter Internacional.

“Determination of nitrogen in metallic phases using the $^{14}\text{N}(\text{d},\text{p}\gamma)^{15}\text{N}$ nuclear reaction”.

F. J. Ager, S. Elmrbet, A. Paúl, Á. Cea-Aharro, M.D. Ynsa, M.A. Respaldiza, J.A. Odriozola.

IV Congreso Nacional de Archeometría.

15-17 de Octubre de 2001, Valencia.

Presentación oral. Carácter Nacional.

“Estudio técnico y analítico de dos jarros tartésicos de bronce”

Perea, I. Montero, F. Ager, M.A. Ontalba, B.M. Gómez Tubío, M.A. Respaldiza.

IV Congreso Nacional de Archeometría.

15-17 de Octubre de 2001, Valencia.

Presentación oral. Carácter Nacional.

“Análisis del tesoro de "El Carambolo" mediante un equipo portátil de fluorescencia de rayos X”.

M.A. Ontalba, B.M. Gómez Tubío, F. Fernández Gómez, M.A. Respaldiza y M.L. Bandera.

IV Congreso Nacional de Arqueometría.

15-17 de Octubre de 2001, Valencia.

Presentación oral. Carácter Nacional.

“Caracterización de joyas del "Tesoro de Mairena" mediante microsonda de partículas”.

B.M. Gómez Tubío, M.A. Ontalba, M.A. Respaldiza, F. Fernández Gómez, M.L. de la Bandera.

15th International Conference on Ion Beam Analysis (IBA-15) incorporating the 12th AINSE Conference on Nuclear Techniques of Analysis.

15-20 Julio, 2001, Cairns, Australia.

Poster. Carácter Internacional.

“Application of 4.26 MeV carbon resonance method for studying ion implanted SiC”.

J. García López, G. Battistig, F.J. Ager, Y. Morilla, N.Q. Khanh, E. Szilágyi, M.A. Respaldiza.

15th International Conference on Ion Beam Analysis (IBA-15) incorporating the 12th AINSE Conference on Nuclear Techniques of Analysis.

15-20 Julio, 2001, Cairns, Australia.

Presentación oral. Carácter Internacional.

“Use of nuclear microanalysis to study the oxygenation mechanisms of YBaCuO thin films: estimation of the oxygen diffusion coefficients”.

J. García López.

Workshop on Advanced Materials Produced and Analyzed with Ion Beams.

10-12 Julio, 2001. Wellington, Nueva Zelanda.

Conferencia plenaria. Carácter Internacional.

“Ion beam analysis of ion implanted SiC”.

J. García López, G. Battistig, F.J. Ager, Y. Morilla.

Workshop on Advanced Materials Produced and Analyzed with Ion Beams.

10-12 Julio, 2001. Wellington, Nueva Zelanda.

Conferencia invitada. Carácter Internacional.

“Use of ion beam analysis to study in situ the oxygen diffusion and interfacial coefficients in YBaCuO thin films”.

J. García López.

XXVIII Bienal de la Real Sociedad Española de Física.

24 al 27 de Septiembre del 2001, Sevilla (España).

Poster. Carácter Nacional.

"Análisis de Muestras de Sedimento Procedentes del Estuario de Huelva y del Río Odiel Mediante TTPIXE".

J.E. Martín.

XXVIII Bienal de la Real Sociedad Española de Física.

24 al 27 de Septiembre del 2001, Sevilla (España).

Poster. Carácter Nacional.

"Análisis de Materia en Suspensión en Muestras del Guadiamar y Acuífero Almonte-Marismas por EDXRF".

J.E. Martín, J. González-Labajo, J.R. Ruiz, J.P. Bolívar.

European Conference on Accelerators in Applied Research and Technology - ECAART7.

21 al 25 de Agosto del 2001, Guilford (Reino Unido).

Poster. Carácter Internacional.

"The State of the Guadiamar Riverbed After the Environmental Disaster of 1998 Analysed by TTPIXE".

J.E. Martín, M.A. Respaldiza, J. González-Labajo.

XLI Congreso Nacional de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio.

20-23 Noviembre, 2001. Benalmádena (Málaga).

Conferencia invitada. Carácter Nacional.

"Caracterización de materiales mediante técnicas de análisis basadas en haces de iones".

J. García López, M.A. Respaldiza.

7th European Vacuum Conference and 3rd European Topical Conference on Hard Coatings.

17-20 Septiembre, 2001. Madrid.

Poster. Carácter Internacional.

"Compositional Characterization of Silicon Nitride thin films prepared by RF-sputtering".

M. Vila, J.A. Martín Gago, A. Muñoz-Martín, C. Prieto, P. Miranzo, M.I. Osendi, J. García López y M.A. Respaldiza.

4.3.ORGANIZACIÓN DE CONGRESOS / ORGANIZED CONGRESSES.

- I Seminario sobre Perspectivas de Desarrollo Científico y Tecnológico en el Centro Nacional de Aceleradores (CNA Sevilla). Sevilla del 1 al 2 de Junio de 1998.
- III Congreso Nacional de Arqueometría. Sevilla del 28 de Septiembre al 1 de Octubre de 1999.
- CERN Accelerator School, “*Accelerator Physics*”. Sevilla del 15 al 26 Octubre de 2001.

4.4.TESIS DOCTORALES / DOCTORAL THESIS.

“Caracterización y Modificación de Materiales de Interés Tecnológico e Industrial mediante Técnicas Nucleares”, presentada por F. J. Ager. *Tesis Doctoral*. Universidad de Sevilla. Fecha: 1999. Doctorado Europeo. Director: M. A. Respaldiza, J.A. Odriozola.

“Análisis de bronce de interés histórico mediante técnicas nucleares”, presentada por B.M. Gómez Tubío. *Tesis doctoral*. Universidad de Sevilla. Fecha: 1999. Director: M. A. Respaldiza, F. Barranco.

“Análisis de sedimentos de la ría de Huelva mediante TTPIXE”, presentada por José Enrique Martín Domínguez. *Tesis Doctoral*. Universidad de Sevilla. Fecha: 1999. Directores: R. García-Tenorio y M. A. Respaldiza.

“Estudios Arqueométricos mediante Técnicas Nucleares”, presentada por M.A. Ontalba Salamanca. *Tesis Doctoral*. Universidad de Sevilla. Fecha: 2001. Director: M.A. Respaldiza.

5. COOPERACIÓN CIENTÍFICA

SCIENTIFIC COOPERATION

5.1. ESTANCIAS DE INVESTIGADORES EXTRANJEROS EN EL CENTRO / PERSONNEL OF OTHER CENTERS AT THE CNA.

Nombre	Centro de procedencia	Duración Estancia
Georges Amsel	Groupe de Physique des Solides des Universités Paris 7 et 6, URA 17 du CNRS, Francia.	<ul style="list-style-type: none"> • 1998 (un mes) • 1999 (un mes) • 2001 (3 semanas)
Gabor Battistig	Research Institute for Technical Physics and Materials Science, MFA, Budapest, Hungría.	<ul style="list-style-type: none"> • 2000-2001 (un año)
Julius Siejka	Groupe de Physique des Solides des Universités Paris 7 et 6, URA 17 du CNRS, Francia.	<ul style="list-style-type: none"> • 2001 (un mes)
Teresa Pinheiro	Instituto Tecnológico e Nuclear. Sacavém – Portugal	<ul style="list-style-type: none"> • 2000 (una semana) • 2001 (una semana)
Armando M.J. Ferrero	Universidad Nacional General San Martín, Buenos Aires, Argentina.	<ul style="list-style-type: none"> • 2001 (3 meses)

**5.2. ESTANCIA DE INVESTIGADORES DEL CNA EN OTROS CENTROS
 / PERSONNEL OF THE CNA IN OTHER CENTERS.**

Nombre	Centro	Duración
M ^a Dolores Ynsa Alcalá	Instituto Tecnológico e Nuclear. Sacavém – Portugal	<ul style="list-style-type: none"> • 1999 (2 semanas) • 2001 (3 meses y 1 semana)
Fco. Javier García López	Oxford Microbeam Unit. Department of Materials. University of Oxford. Oxford – Reino Unido	<ul style="list-style-type: none"> • 1999 (1 semana)
M^a Ángeles Ontalba Salamanca	Oxford Microbeam Unit. Department of Materials. University of Oxford. Oxford – Reino Unido	<ul style="list-style-type: none"> • 1999 (1 semana)
Francisco José Ager Vázquez	Instituto Tecnológico e Nuclear. Sacavém – Portugal	<ul style="list-style-type: none"> • Período 1993-1999 (3 años) • 2001 (2 semanas)

5.3. COOPERACIÓN CON INVESTIGADORES DE OTROS CENTROS / COOPERATION WITH OTHER RESEARCHERS

- C. Afonso**, Instituto de Óptica “Daza de Valdés”, CSIC, Madrid.
L.C. Alves, Instituto Tecnológico e Nuclear, Portugal.
G. Amsel, Groupe de physique des solides, Universidad de Paris VI y VII.
T. Aznar, Dpto. Estomatología, Fac. Odontología, Univ. Sevilla.
M.L. de la Bandera, Dpto. Prehistoria y Arqueología, Univ. Sevilla.
A. Barrancos, Grupo de Superficies, Interfases y Capas Finas del ICMSE, Sevilla.
G. Battistig, Inst. de Investigación para las Técnicas Físicas de Budapest, Hungría.
J.P. Bolívar, Dpto. de Física Aplicada. Univ. Huelva.
L. Bucio, Instituto de Física, Univ. Nacional Autónoma de México.
L. Calzada, Instituto de Ciencias Materiales, CSIC, Madrid.
A. Cea-Naharro, Instituto de Ciencias Materiales de Sevilla, CSIC.
A. Climent Font, Dpto. Física Aplicada, Univ. Autónoma de Madrid.
L. Comeaux, Instituto de Ciencias Materiales de Sevilla, CSIC.
A. Domínguez, Dpto. Estomatología, Fac. Odontología, Univ. Sevilla.
A. Domínguez, Dpto. Física de la Materia Condensada, Univ. Sevilla.
J.R. Domínguez, Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis, CSIC Sevilla.
A. Durán, Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIC, Madrid.
S. Elmabet, Instituto de Ciencias Materiales de Sevilla, CSIC.
J. P. Espinós, Grupo de Superficies, Interfases y Capas Finas del ICMSE, Sevilla.
F. Fernández Gómez, Director Museo Arqueológico, Sevilla.
A. Fernández Ugalde, Museo Arqueológico Municipal, Écija.
A. Figueras, Instituto de Ciencias Materiales de Barcelona, CSIC.
J. Gallardo, Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIC, Madrid.
R. García-Tenorio, Dpto. Física Aplicada, E.T.S.A..Univ. Sevilla.
M.A. Gómez Zumbeldía, Fac. Medicina, Cátedra Obstetricia, Univ. Badajoz.
A. González, Grupo de Superficies, Interfases y Capas Finas del ICMSE, Sevilla.
J. González, Dpto. Física Aplicada, I. E., Univ. Huelva.
J. Gonzalo, Instituto de Óptica “Daza de Valdés”, CSIC, Madrid.
C. Gotor, Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis, CSIC Sevilla.
F. Gutierrez, Dpto. Física de la Materia Condensada, Univ. Sevilla.
I. Jiménez Ferrer, Dpto. Física de Materiales, Univ. Autónoma de Madrid.
I. Lemaitre, Laboratorio Central Thomson-CSF, Orsay, Francia.
L. Manzanilla, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Univ. Nacional Autónoma de México.
A. Martín, Grupo de Superficies, Interfases y Capas Finas del ICMSE, Sevilla.
C. Martínez, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Univ. Nacional Autónoma de México.
J.L. Martínez Bilbao, Coleccionista privado.
J.C. Millán, Fac. Medicina, Cátedra Obstetricia, Univ. Badajoz.
J. Miranda, Instituto de Física, Univ. Nacional Autónoma de México.
S.I. Molina, Dpto. de Ciencia de Materiales, Univ. Cádiz.
I. Montero, Dpto. de Prehistoria, Inst. de Historia, CSIC, Madrid.

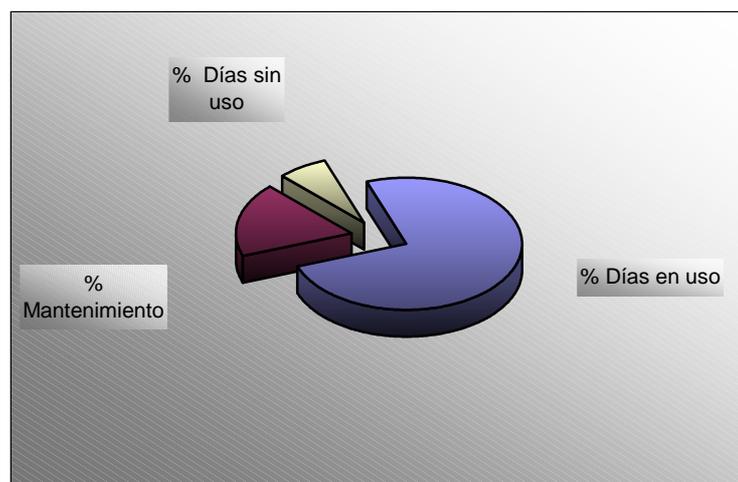
- A. Muñoz**, Dpto. Física de la Materia Condensada, Univ. Sevilla.
J.A. Odriozola Gordón, Instituto de Ciencias Materiales de Sevilla, CSIC.
A. Paúl, Instituto de Ciencias Materiales de Sevilla, CSIC.
C. Pascual, Dpto. Física Aplicada, Univ. Autónoma de Madrid.
A. Perea, Dpto. de Prehistoria, Inst. de Historia, CSIC, Madrid.
J. Pascual, Dpto. Ingeniería Civil y de Materiales, Univ. Málaga.
T. Pinheiro, Instituto Tecnológico e Nuclear, Portugal.
R. Poyatos, Instituto de Ciencias Materiales, CSIC, Madrid.
C. Prieto, Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIC, Madrid.
L.C. Romero González, Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis, CSIC Sevilla.
J.L. Ruvalcaba-Sil, Instituto de Física, Univ. Nacional Autónoma de México.
E.G. San Miguel, Dpto. Física Aplicada, Univ. Huelva.
J. Santiso, Instituto de Ciencias Materiales de Barcelona, CSIC.
J. Siejka, Univ. Paris 7, Francia.
M. Vila, Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIC, Madrid.
F. Yubero, Grupo de Superficies, Interfases y Capas Finas del ICMSE, Sevilla.

6.- ESTADÍSTICAS DE USO DEL ACELERADOR

ACCELERATOR'S USE STATISTICS

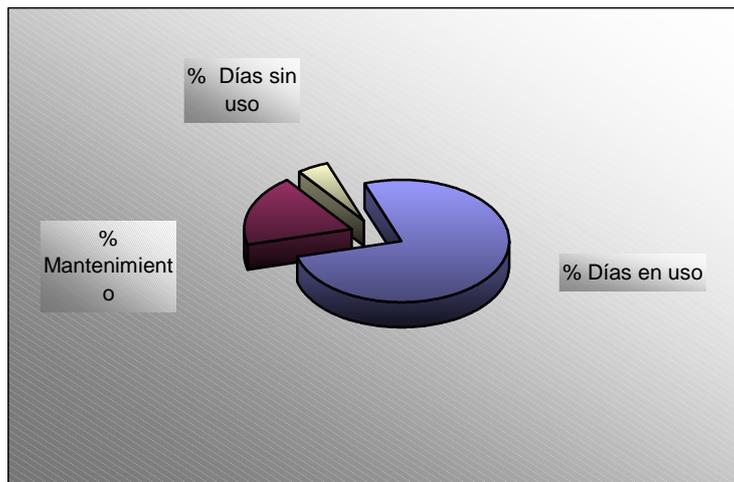
6.1. AÑO 2000

Mes	Días Laborables	Mantenimiento	Días en uso	Días sin uso	% Mantenimiento	% Días en uso	% Días sin uso
Ene-00	16.0	4.0	10.0	2.0	6.25	62.50	31.25
Feb-00	20.0	3.0	15.0	2.0	15.00	75.00	10.00
Mar-00	23.0	3.0	17.0	3.0	13.04	73.91	13.04
Abr-00	18.0	8.0	7.0	3.0	22.22	38.89	38.89
May-00	20.0	2.0	17.0	1.0	0.00	80.00	20.00
Jun-00	21.0	1.0	20.0	0.0	4.76	95.24	0.00
Jul-00	22.0	7.0	15.0	0.0	0.00	71.43	33.33
Sep-00	21.0	11.0	9.0	0.0	4.76	42.86	52.38
Oct-00	21.0	0.0	18.0	3.0	0.00	87.51	14.29
Nov-00	22.0	0.0	22.0	0.0	0.00	100.00	0.00
Dic-00	12.0	0.0	11.0	1.0	0.00	91.67	8.33
TOTAL	215.0	39.0	161.0	15.0	18.61	74.54	6.94



6.2. AÑO 2001

Mes	Días Laborables	Mantenimiento	Días en uso	Días sin uso	% Mantenimiento	% Días en uso	% Días sin uso
Ene-01	18.0	13.0	5.0	0.0	72.22	27.78	0.00
Feb-01	19.0	1.0	17.0	1.0	5.26	89.47	5.26
Mar-01	22.0	6.0	14.0	2.0	27.27	63.64	9.09
Abr-01	16.0	1.0	15.0	0.0	6.25	93.75	0.00
May-01	22.0	0.0	20.0	2.0	0.00	90.91	9.09
Jun-01	19.0	1.0	16.0	2.0	5.26	84.21	10.53
Jul-01	21.0	6.0	14.0	1.0	28.57	66.67	4.76
Sep-01	20.0	10.0	10.0	0.0	50.00	50.00	0.00
Oct-01	22.0	0.0	21.0	1.0	0.00	95.45	4.55
Nov-01	21.0	2.0	18.0	1.0	9.52	85.71	4.76
Dic-01	13.0	0.0	13.0	0.0	0.00	100.00	0.00
TOTAL	213.0	40.0	150.0	10.0	18.78	76.53	4.69



DIRECCIONES DE CORREO ELECTRÓNICO

E-MAIL ADDRESSES

Apellidos	Nombre	Correo electrónico
Ager Vázquez	Francisco J.	fjager@us.es
Borrallo del Castillo	Arcadio	arcadio@us.es
Castilla Guerra	Jerónimo	jcguerra@us.es
Fernández Matute	Francisco M.	fmanuel@us.es
Ferrer Fernández	Fco. Javier	fjferrer@us.es
Ferrero	Armando	ferrero@us.es
García López	Fco. Javier	fjgl@us.es
García Orellana	Isabel M ^a	iorellan@us.es
Gómez Marín	Álvaro	agmarin@deneb.us.es
Gómez Tubío	Blanca M ^a	tubio@esi.us.es
Labrador Bernal	Juan Ángel	labrador@us.es
Martín Domínguez	José Enrique	jemartin@uhu.es
Megías Álvarez	Juan José	jjmegias@us.es
Morilla García	Yolanda	ymorilla@us.es
Ontalba Salamanca	M ^a Ángeles	ontalba@us.es
Respaldiza Galisteo	Miguel Ángel	respaldiza@us.es
Rodríguez Arza	Carlos	crarza@us.es
Sánchez Angulo	Celestino I.	celesan@us.es
Ynsa Alcalá	M ^a Dolores	ynsa@us.es