



INFORME 2014 PROYECTO MAT2010-16815

1. Resumen de actividades realizadas

Se terminaron de caracterizar distintas composiciones del sistema ternario formado por polifluoruro de vinilideno, PVDF, partículas submicrométricas de titanato de bario, BaTiO₃, y nanotubos de carbono, CNT. Los códigos y composiciones de los distintos materiales preparados aparecen en la Tabla 1. En la Figura 1 se pueden ver los especímenes utilizados en función de las composiciones descritas en la Tabla 1.

Tabla 1.- Los códigos y composiciones de los distintos materiales compuestos basados en la mezcla de PVDF, BaTiO₃ y CNT.

Muestra	PVDF (% wt)	BaTiO ₃ (% wt)	CNTs (% wt)
PVDF	100	0.0	0.0
PVDF-1BT	99.0	1.0	0.0
PVDF-5BT	95.0	5.0	0.0
PVDF-10BT	90.0	10.0	0.0
PVDF-40BT	60.0	40.0	0.0
PVDF-0.1CNT	99.9	0.0	0.1
PVDF-0.5CNT	99.5	0.0	0.5
PVDF-1.0CNT	99.0	0.0	1.0
PVDF-3.0CNT	97.0	0.0	3.0
PVDF-10BT-1.0CNT	89.0	10.0	1.0
PVDF-40BT-0.1CNT	59.9	40.0	0.1
PVDF-40BT-0.5CNT	59.5	40.0	0.5
PVDF-40BT-1.0CNT	59.0	40.0	1.0
PVDF-40BT-3.0CNT	57.0	40.0	3.0

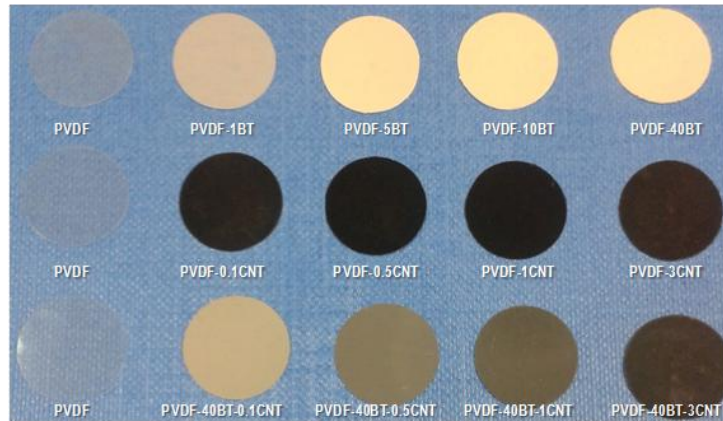


Figura 1. Especímenes utilizados para ensayos de propiedades eléctricas de todas las muestras bajo estudio.

En todos los casos se hizo una caracterización exhaustiva basada en:

- ✓ Análisis morfológico mediante microscopía electrónica de barrido.
- ✓ Análisis morfológico mediante microscopía de fuerza atómica.
- ✓ Análisis estructural por espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier, FTIR.
- ✓ Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido, DSC.
- ✓ Análisis mecánico a partir de resultados de ensayos de tracción.
- ✓ Análisis por espectroscopía de impedancia.
- ✓ Medidas de capacidad eléctrica.
- ✓ Ensayos de respuesta piezoeléctrica.

Se estudió la estructura y morfología del sistema ternario PVDF/BaTiO₃/CNT en función de la composición para finalmente correlacionarlo con las propiedades térmicas, mecánicas y eléctricas de los materiales nanocompuestos. En términos de la morfología cristalina se pudo comprobar que ésta depende tanto de la presencia de partículas como del procesado (Figura 2). En concreto al añadir partículas el tamaño de las esferulitas es menor (Figura 2). Por otro lado, el aspecto de las esferulitas puede cambiar en función del tipo de fase cristalina preponderante. También se comprobó que los cambios en las transiciones térmicas del PVDF eran más dependientes de las condiciones de procesado que de la propia presencia de nanopartículas. Las mejoras observadas en las propiedades mecánicas se adscribieron al efecto reforzante tanto de las partículas de BaTiO₃ como de las de MWCNT. Este efecto solo ocurrió por debajo de la fracción de percolación de MWCNT, señalando que los nanotubos de carbono refuerzan a través de una transferencia de carga óptima desde la matriz de PVDF a los MWCNT.

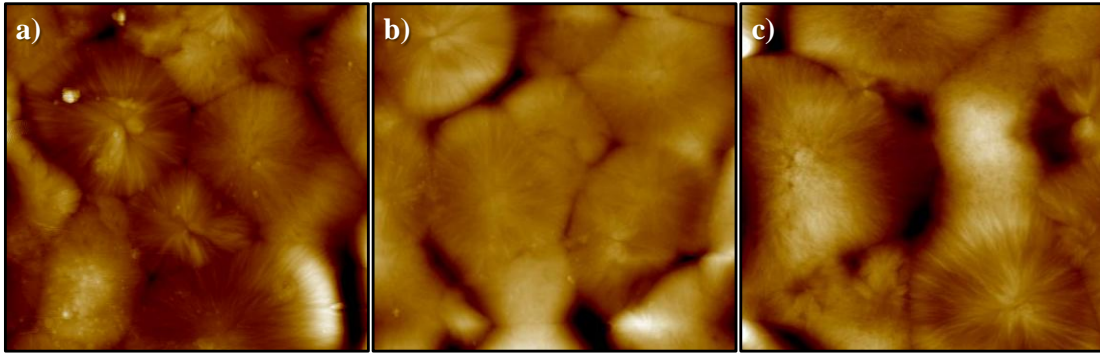


Figura 2.- Imágenes de alturas obtenidas con AFM de: a) PVDF y b) PVDF + 1% en peso de BaTiO₃ enfriados desde el fundido a 210°C a una velocidad de 10°C/min y c) PVDF cristalizado desde el fundido enfriado en estufa.

En este apartado cabe destacar el diseño de una célula de medida de propiedades eléctricas (véase Figura 3), así como un nuevo método para realizar medidas de respuesta piezoeléctrica de materiales bajo la acción mecánica ejercida por el impacto de un sólido sobre la superficie del material a estudiar (Figura 4).

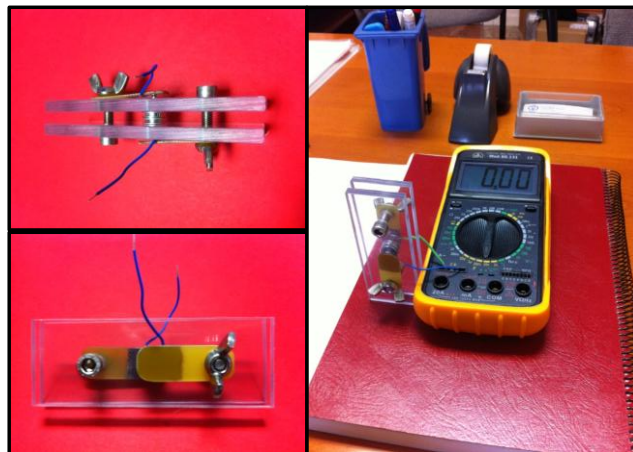


Figura 3.- Célula utilizada para realizar medidas eléctricas (izquierda) y célula conectada a multímetro para realizar medidas de capacidad.

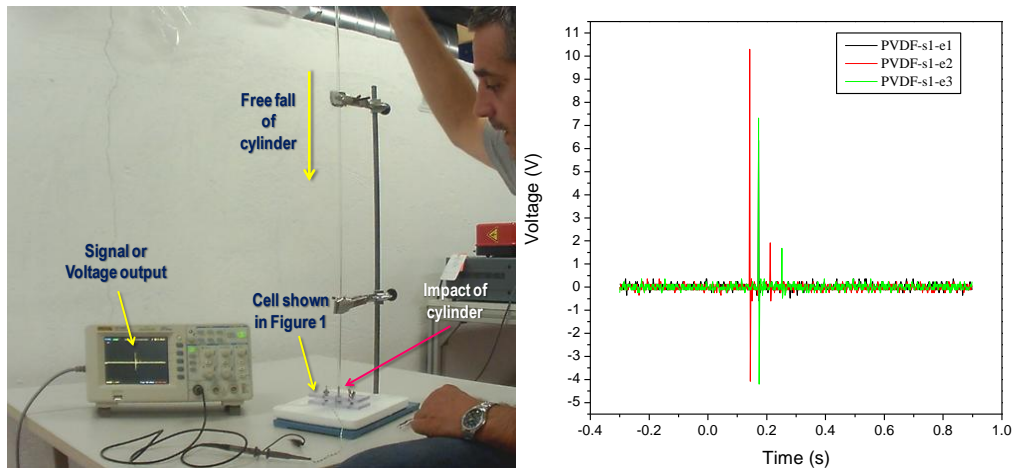


Figura 4.- Dispositivo experimental para medir el voltaje de salida como respuesta de los materiales estudiados a la perturbación ejercida por el impacto de un cilindro de acero inoxidable calibrado al caer libremente desde una altura fija (izquierda). Representaciones de señales obtenidas en tres muestras.

Se observó un ligero aumento de la permitividad de los materiales al aumentar la cantidad de BaTiO₃ en el interior del PVDF y un aumento más acusado al añadir MWCNT. Además, al pasar la fracción de percolación asociada a la cantidad de nanotubos de carbono dicho aumento fue extremadamente acusado. La acción de la presencia conjunta de ambos tipos de partículas fue aditiva en términos de permitividad eléctrica, es decir, la presencia de un tipo de partículas no enmascara la influencia de las otras sino que sus efectos se suman.

En relación al comportamiento piezoeléctrico se ha obtenido un resultado aparentemente contradictorio pues muestras con mayor proporción de fase beta y gamma en el PVDF que son las estructuras que dan lugar a mayor contribución dipolar son las que dan menor respuesta (voltaje de salida) ante un impacto. La razón puede atribuirse a que las muestras no estaban polarizadas. Es decir, lo anterior sería cierto si todos los dominios dipolares estuvieran previamente orientados por la acción de un campo eléctrico. En los experimentos realizados los materiales al no estar polarizados presentaban sus dominios dipolares orientados al azar de manera que los materiales que dieran mayor respuesta deberían ser aquellos que ante el impacto permitieran una deformación del PVDF más fácil y por tanto polarización o separación de cargas. Por tanto, los resultados parecen estar más influidos por las propias propiedades mecánicas de los materiales más que del tipo de fase cristalina preponderante.

Para confirmar los anteriores se prepararon muestras con diferentes métodos de procesamiento, molienda mecánica y casting. El tipo de procesamiento, más que la presencia de nanopartículas, parece ser el factor más importante en relación a la cantidad relativa de cada una de las distintas fases cristalinas presentes en el PVDF y por tanto a algunas de las propiedades finales de los materiales. De hecho, las muestras preparadas por casting daban lugar con claridad a mayor cantidad de fase beta en PVDF, sin embargo, su respuesta piezoeléctrica ante un impacto era menor.

Actividad 2

Con las muestras que aparecen recogidas en la Tabla 1 se realizaron medidas de lo que se ha denominado nano-piezo-deformación consistente en realizar un seguimiento mediante el empleo de un microscopio de fuerza atómica, AFM, en modo contacto de la deformación sufrida por los especímenes como los mostrados en la Figura 1 al aplicarles un voltaje con una fuente de alimentación externa.

Para ello se prepararon condensadores utilizando los materiales bajo estudio como dieléctricos de los mismos (Figura 5a). Posteriormente los condensadores se conectaron a fuente de alimentación externa y se situaron sobre el scanner del AFM para posteriormente realizar barridos de la punta en X-Y en el modo contacto (Figuras 5b y 5c). A lo largo del barrido de la punta del AFM se fue variando el voltaje aplicado desde la fuente de alimentación de manera controlada de manera que a lo largo de la obtención de una imagen de $50 \times 50 \text{ nm}$ el voltaje fuera de 0V a 60V y posteriormente a 0V.

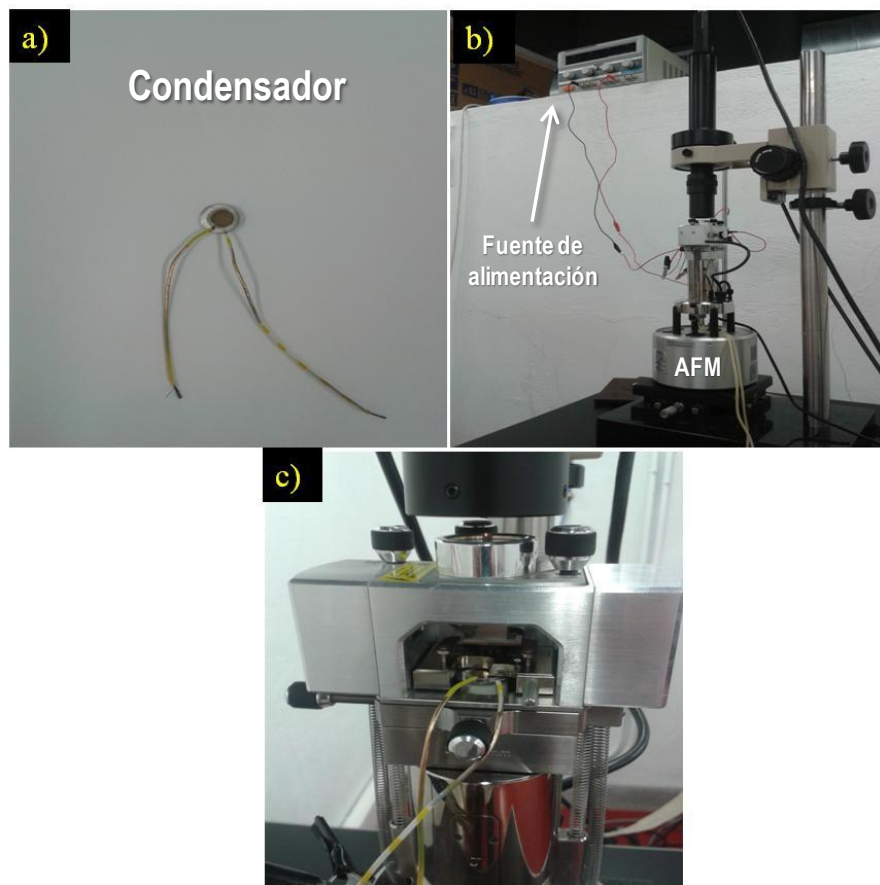


Figura 5.- Montaje de condensadores en el AFM para realizar medidas de nano-piezo-deformación.

De esta manera se obtuvieron imágenes topográficas como la que se muestra en la Figura 6a donde se observa que al aplicar voltaje existe una contracción del material como era de esperar para un material con efecto piezoeléctrico inverso como es el caso del PVDF. En la Figura 6b se muestra el perfil asociado a la topografía a lo largo de una línea de variación de voltaje aplicado.

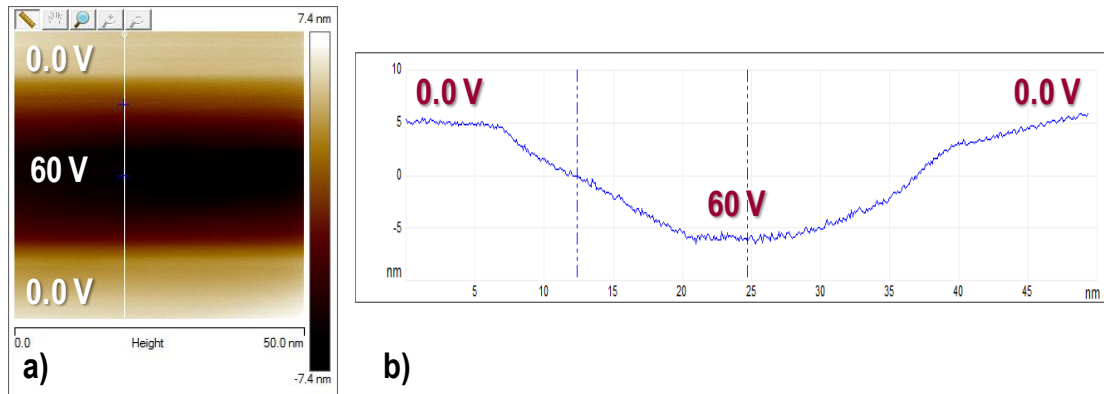


Figura 6.- Resultados de un experimento de nano-piezo-deformación (film de PVDF).

Se observó que, en general, al añadir partículas de titanato de bario la respuesta piezoeléctrica ante la aplicación de un voltaje es menor (menor contracción en el eje Z). Por otro lado al añadir MWCNT se observó para pequeñas cantidades (0.1 % en peso) un ligero aumento en la respuesta piezoeléctrica, sin embargo, a partir del 1% dicha respuesta disminuye mucho o incluso desaparece cuando el porcentaje es del 3%. Este resultado puede estar asociado simplemente a las grandes pérdidas eléctricas asociadas al paso del umbral de percolación en relación a la cantidad de partículas conductoras. En relación al efecto combinado de la presencia de los dos tipos de partículas se observa siempre una disminución de la respuesta piezoeléctrica.

Actividad 3

Para mejorar la estabilidad de nanopartículas de titanato de bario en medio acuoso se siguieron diferentes aproximaciones en términos de modificación o funcionalización superficial de las partículas.

Se consiguió una mejora en la estabilidad mediante: i) la generación en un primer paso de grupos -OH y posterior formación de complejos de inclusión entre oleato sódico y alfa ciclodextrina y también ii) con el anclaje directo de beta ciclodextrina en los grupos hidroxilo. Las dos vías de síntesis aparecen esquematizadas en la Figura 7. Estos materiales modificados fueron totalmente caracterizados mediante técnicas espectroscópicas y microscopía electrónica de transmisión, TEM. Finalmente, las muestras fueron suspendidas en disoluciones acuosas de diferentes polímeros (PEO, PEG y "Pluronic") para finalmente obtener films por "casting".

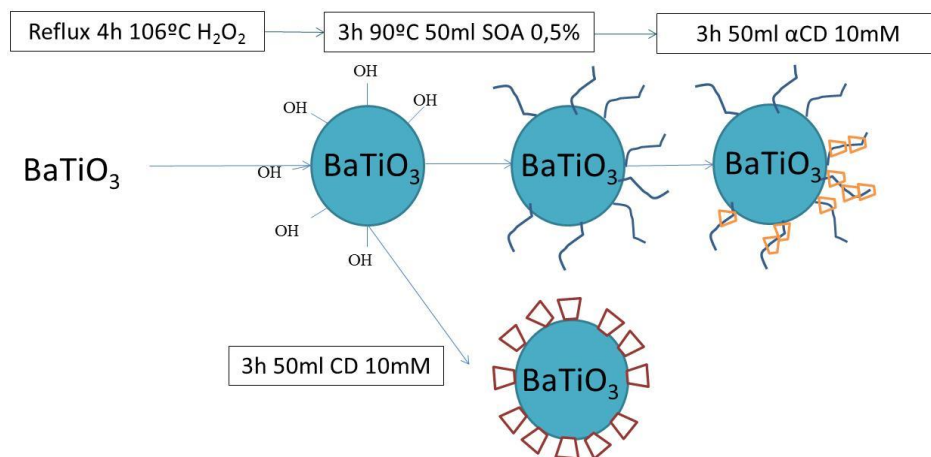


Figura 7.- Esquema para las vía de i) formación de complejos de inclusión entre oleato sódico y alfa ciclodextrina y ii) asociación sobre superficie de BaTiO₃ de moléculas de β-ciclodextrina.

Actividad 4

Se estudió el efecto de la presencia de nanopartículas de sílice en la estructura, estabilidad térmica y dinámica de polietileno de baja densidad, LDPE. Se dispersaron diferentes cantidades de nanopartículas de sílice en el interior de una matriz de LDPE (0, 1.8, 2.3, 3.3, 7.9 y 16.5 % en peso). Se utilizó molienda mecánica de bolas de alta energía, HEBM, como paso preliminar en relación al procesado de los materiales. Los materiales nanocompuestos finales se obtuvieron mediante presión en caliente. La caracterización estructural, morfológica y térmica no reveló grandes cambios en las propiedades generales de los materiales nanocompuestos. Sólo para la muestra con la mayor cantidad de nanopartículas de sílice se observó un aumento significativo en la temperatura de máxima velocidad de degradación térmica. Con la ayuda de espectroscopía FTIR-ATR y basándose en el estudio de cambios de absorbancias, relaciones de absorbancias y desplazamientos de bandas se pudo ofrecer una nueva visión de estos materiales en relación al análisis térmico de los nanocomposites. La realización del seguimiento de los espectros IR de los materiales en función de la temperatura permitió establecer un método sencillo para estudiar las interacciones a escala molecular entre las cadenas de polietileno (Figura 8). El desdoble de bandas observado en los modos de flexión y rotación del grupo etileno indicó la formación de fases cristalinas mientras que el análisis de relaciones de absorbancia a partir de los modos de tensión del polietileno permite obtener información sobre el comportamiento del polímero en volumen. No se encontraron evidencias claras de interacciones entre el nanorelleno y las cadenas poliméricas de LDPE excepto por el fenómeno de relajación observado a aproximadamente 55°C en las muestras rellenas con nanopartículas de sílice.

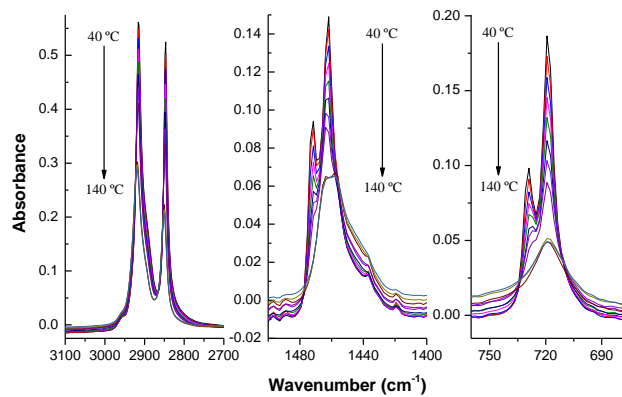


Figura 8.- Variación de bandas del LDPE en función de la temperatura.

Actividad 5

Se prepararon por casting y presión en caliente sistemas basados en EVA (25% de vinilacetato) con nanopartículas de TiO_2 . Para ellos se realizó una caracterización morfológica por microscopía electrónica de barrido, SEM, estudios de degradación térmica por análisis termogravimétrico, TGA, y análisis térmico por calorimetría diferencia de barrido, DSC.

Actividad 6

Se prepararon por molienda mecánica de bolas sistemas basados en LDPE con nanotubos de carbono. Para ellos se realizó una caracterización mecánica mediante ensayos de tracción y análisis térmico por calorimetría diferencia de barrido.

Actividad 7

Se estudió el comportamiento térmico de poli(metilmacrilato) y Poli(etilen-co-vinilacetato) en función de la composición en materiales compuestos basados en dichas matrices poliméricas rellenas de partículas submicrométricas de BaTiO_3 . Para ello, los polímeros se modificaron introduciendo una especie fluorescente (dansil cadaverina) con objeto de realizar un seguimiento de la fluorescencia de dicha especie (fluorescencia extrínseca) en función de la temperatura. De esta manera y realizando seguimientos paralelos con calorimetría diferencial de barrido se detectaron y estudiaron diferentes transiciones térmicas asociadas a distintos procesos de relajación de los polímeros en función de la presencia de las partículas de BaTiO_3 . Por otro lado se realizaron estudios morfológicos por SEM y de termodegradación (TGA) para finalmente discutir la posible correlación existente entre las interacciones existentes entre los polímeros y las partículas y las relajaciones térmicas tanto a escala nanoscópica (estudio de respuesta fluorescente) como a escala macroscópica (estudio calorimétrico). En la Figura 9 se presentan algunos de los films de materiales nanocompuestos PMMA/ BaTiO_3 modificados con dansil

cadaverina. Por otro lado, a modo de ejemplo, en la Figura 10 se muestra el resultado de un experimento de seguimiento de la banda fluorescente asociada a la dansil cadaverina inmersa en la matriz de PMMA de un material compuesto de PMMA/BaTiO₃ con un 1% en peso de BaTiO₃.

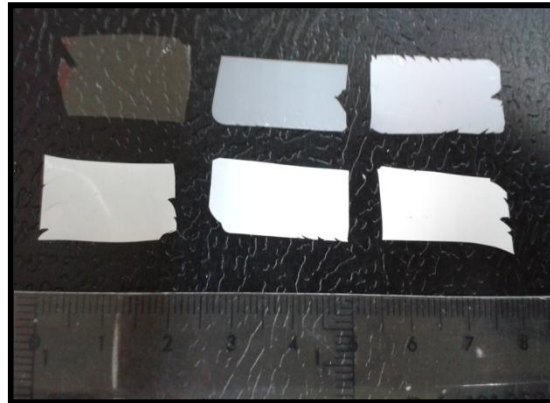


Figura 9.- Films de materiales nanocompuestos PMMA/BaTiO₃ modificados con dansil cadaverina.

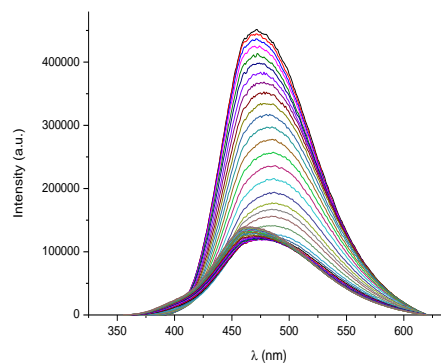


Figura 10.- seguimiento de la banda fluorescente asociada a la dansil cadaverina inmersa en la matriz de PMMA de un material compuesto de PMMA/BaTiO₃ con un 1% en peso de BaTiO₃.

Actividad 8

Después de modificar el PVDF con una sonda fluorescente (dansil cadaverina) se prepararon por casting films de materiales compuestos con las mismas composiciones que las que aparecen en la Tabla 1. La única diferencia entre los materiales de la Tabla 1 y los preparados por casting es que estos últimos emiten fluorescencia. Esta propiedad es la que se empleó para estudiar el comportamiento piezoeléctrico así como la dinámica molecular del PVDF ante la presencia de las nanopartículas empleadas como relleno en los materiales nanocompuestos. Los estudios realizados consistieron en realizar el seguimiento de la fluorescencia de la dansil cadaverina en el interior de los materiales bajo estudio en función de la temperatura a un determinado voltaje aplicado. Para ello los films preparados se colocaron entre dos portas de ITO (óxido de indio dopado con estaño) transparentes y conductores para obtener condensadores que a través de cables se conectaron a una fuente de alimentación (Figura 11). Los

condensadores así preparados se introducen en un horno abierto en el que se puede introducir una fibra óptica para excitar y recoger la fluorescencia emitida por los materiales en función de la temperatura (Figura 11).

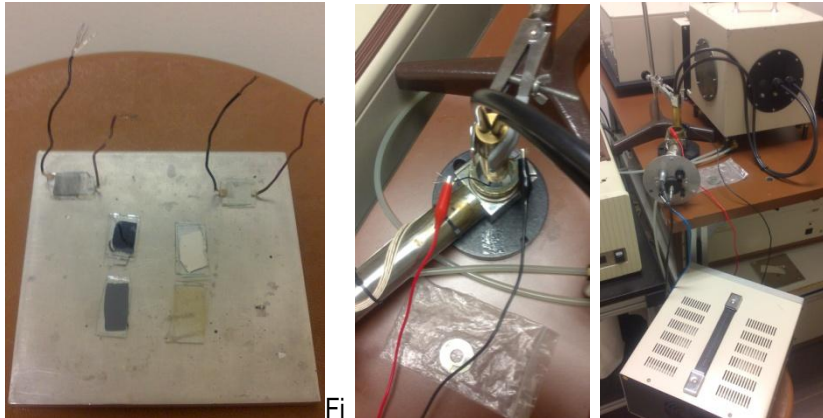


Figura 11.- Secuencia de preparación de los materiales para realizar los seguimientos de fluorescencia en función de la temperatura a un valor de voltaje aplicado constante. a) condensadores; b) fibra óptica colocada en horno y conexiones y c) dispositivo de medidas completo en el que se observa horno, fibra óptica, fuente de alimentación y fluorímetro.

Después de obtener espectros similares a los de la Figura 9 se analizaron en términos de varios parámetros fotofísicos, valor de intensidad máximo, intensidad integrada, anchura a media altura, longitud de onda asociada al máximo de emisión y longitud de onda promedio de la banda de fluorescencia. En todos los casos sus variaciones fueron discutidas en función de la temperatura y del voltaje aplicado. A modo de ejemplo en la Figura 12 se representa para el film de PVDF puro el valor de la intensidad de fluorescencia integrada en función de la temperatura cuando el experimento se lleva a cabo a un potencial de 0 V y de 60 V respectivamente.

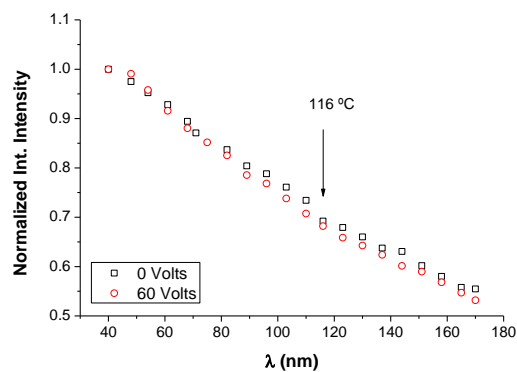


Figura 12.- Intensidad de fluorescencia normalizada del PVDF puro dopado con dansil cadaverina en función de la temperatura cuando el experimento se lleva a cabo a un potencial de cero y de 60 voltios respectivamente.

Actividad 9

Se modificaron las partículas submicrométricas de BaTiO₃ con una especie fluorescente para en un futuro poder obtener información a escala nanométrica en la interfase de los materiales compuestos.

El proceso de modificación fue el siguiente:

- ✓ Activación superficial. Generación de grupos hidroxilo mediante tratamiento con peróxido de hidrógeno a 80°C.
- ✓ Silanización. Funcionalización de la superficie con grupos amina tras el anclaje de 3-aminopropylmethyltriethoxysilane (APTES).
- ✓ Marcaje con especie fluorescente, cloruro de piren-1-sulfonilo (PSC). Las partículas silanizadas se trataron con una disolución de cloruro de piren-1-sulfonilo en dimetilsulfóxido con objeto de formar enlaces sulfonamida.

Se realizaron en cada etapa del proceso de marcaje diversos estudios de caracterización, entre otros, espectroscopía infrarroja, termogravimetría y espectroscopía de fluorescencia de estado estacionario. A modo de ejemplo en la Figura 13 se presentan espectros de fluorescencia de emisión y excitación de partículas de BaTiO₃ marcadas con PSC.

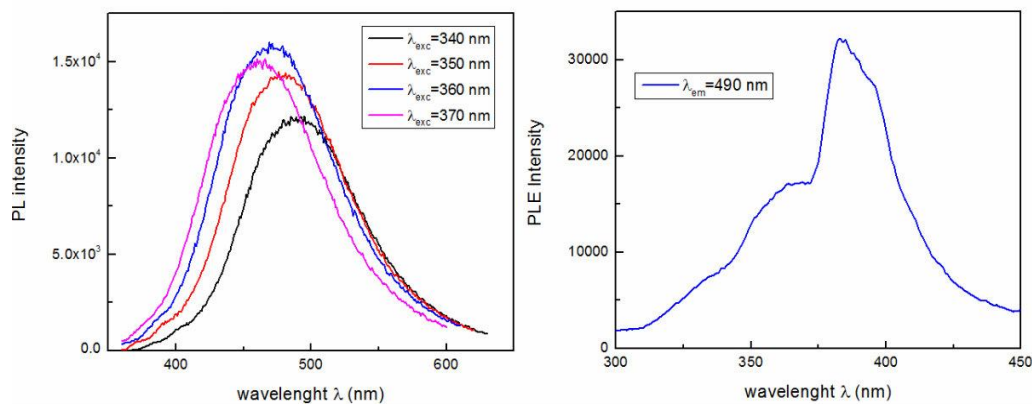


Figure 13.- Espectros de fluorescencia de emisión y excitación de partículas de BaTiO₃ marcadas con PSC.

2.Colaboraciones con otros grupos de investigación directamente relacionadas con el proyecto

1. Se sigue colaborando con el grupo liderado por la Doctora Carmen San José del Departamento de Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid. Se sigue trabajando en el marco materiales nanocompuestos de matriz polimérica con una dispersión homogénea y uniforme de las nanopartículas antimicrobianas. Se han caracterizado y se ha estudiado su efecto bactericida.
2. En este sentido se ha comenzado una nueva colaboración con el grupo Tissue Engineering and Regenerative Medicine del Departamento de Bioingeniería e Ingeniería aeroespacial de la Universidad Carlos III de Madrid. En concreto se está inspeccionando la posible utilidad de los materiales preparados en el proyecto como soportes para tejidos y como materiales antibacterianos.
3. Se colabora con el grupo de Diagnóstico de Máquinas Eléctricas y Materiales Aislantes (DIAMAT) del Departamento de Ingeniería eléctrica de la Universidad Carlos III de Madrid. Junto con algún miembro de este grupo, en concreto el Dr. Juan Manuel Martínez Tarifa se están realizando todas las medidas de espectroscopía de impedancia y se están analizando los resultados mediante el empleo de circuitos equivalentes.
4. Se ha establecido una colaboración con el Dipartimento di Ingegneria dell'Energia Elettrica de la Universidad de Bolonia. En concreto se ha dirigido conjuntamente un proyecto fin de carrera (Dña.: Giorgia Galetti) cuya parte experimental se ha llevado a cabo bajo la supervisión del grupo de Materiales Compuesto Poliméricos e Interfases de la UC3M. Dicho trabajo se centró en la preparación de materiales compuestos de matriz de PVDF. A parte de que algunas medidas estaban contempladas dentro de las tareas a realizar en el proyecto se realizó un pequeño estudio en el que se demuestra que el aspecto más importante a la hora de obtener uno u otra fase cristalina en el PVDF es el procesado. En particular, al preparar películas de PVDF por casting la proporción de fase beta es mucho mayor que cuando los materiales se cristalizan a partir del fundido independientemente de que haya partículas o no.
5. Se han comenzado conversaciones y establecido primeros objetivos de colaboración con el Optoelectronics and Laser Technology Group del Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad Carlos III de Madrid. Los materiales preparados en el marco del presente proyecto se estudiarán mediante dispositivos diseñados y fabricados por el grupo de optoelectrónica con la posterior obtención y procesado de señales que permitan caracterizarlos como sensores de presión y potenciales dispositivos de recolección de energía ("harvesting energy").

3. Difusión de los resultados del proyecto

1. Autores: J. Gonzalez-Benito, J.M. Arroyo, D. Olmos, G. Gonzalez-Gaitano
Título: Effect of PMMA Molecular Weight on the Interfacial Morphology of GF/PMMA Modified Epoxy Matrix Composites.
Tipo de participación: Póster

Congreso: 11th European Symposium on Polymer Blends

Entidad Organizadora: Universidad del País Vasco

Lugar de Celebración: San Sebastián (España)

Fecha: 25-28 Marzo (2012)
2. Autores: Gustavo González Gaitano, María Jesús Martínez, Gloria Tardajos, Javier González-Benito
Título: Synthesis and Characterization of Supramolecular Monomers of Diglycidyl Ether of Bisphenol A and Cyclodextrins for the Production of Epoxy Thermosets
Tipo de participación: Presentación Oral

Congreso: The 16th International Cyclodextrin Symposium (ICS16)

Entidad Organizadora: Nankai University

Lugar de Celebración: Tianjin, P.R. China

Fecha: 6-10 Mayo (2012)
3. Autores: D. Olmos, G. González Gaitano, Javier González-Benito
Título: Flexible PVDF-BaTiO₃ Nanocomposites for Pressure sensors
Tipo de participación: Póster

Congreso: 21st International symposium on Applications on Ferroelectrics. 11th European Conference on Applications on Polar Dielectrics. 4th Conference Piezoresponse Force Microscopy and Nanoscale Phenomena in Polar Materials.

Entidad Organizadora: Aveiro University

Lugar de Celebración: Aveiro, Portugal

Fecha: 9-13 Julio (2012)
4. Autores: G. González Gaitano, G. Tardajos, J.C. Flores, Javier González-Benito
Título: Supramolecular Epoxy Thermosets Based on Cyclodextrin Complexes
Tipo de participación: Póster

Congreso: Third International Symposium Frontiers in Polymer Science.

Entidad Organizadora: Elsevier

Lugar de Celebración: Sitges, España

Fecha: 21-23 Mayo (2013)

5. Autores: E.A. Segura, D. Olmos, Javier González-Benito
Título: Effect of Processing Conditions on the Structure and Morphology of Polylactic acid-Kaolin Composites
Tipo de participación: Póster

Congreso: Third International Symposium Frontiers in Polymer Science.

Entidad Organizadora: Elsevier

Lugar de Celebración: Sitges, España

Fecha: 21-23 Mayo (2013)

6. Autores: D. Olmos, Javier González-Benito
Título: Effect of Silica Nanoparticles on Thermal Properties of Polysulfone Based Nanocomposites. Analysis of the Morphological and Mechanical Factors Affecting Thermal Behavior of the Composites
Tipo de participación: Póster

Congreso: Third International Symposium Frontiers in Polymer Science.

Entidad Organizadora: Elsevier

Lugar de Celebración: Sitges, España

Fecha: 21-23 Mayo (2013)

7. Autores: D. Olmos, A. García-López, Javier González-Benito
Título: Thermal Transitions of the Constituents in PS/BaTiO₃ Composites. Use of Fluorescence Spectroscopy to obtain Information at Nanoscale
Tipo de participación: Póster

Congreso: Third International Symposium Frontiers in Polymer Science.

Entidad Organizadora: Elsevier

Lugar de Celebración: Sitges, España

Fecha: 21-23 Mayo (2013)

8. Autores: G. González-Gaitano, R. Serra-Gómez, Javier González-Benito
Título: Bionanocomposites from Cyclodextrin-modified BaTiO₃ and Block Copolymers PEO and PPO
Tipo de participación: Póster

Congreso: Third International Symposium Frontiers in Polymer Science.

Entidad Organizadora: Elsevier

Lugar de Celebración: Sitges, España

Fecha: 21-23 Mayo (2013)

9. Autores: M. Redondo, F.A. Sánchez, D. Olmos, Javier González-Benito
Título: Near Infrared spectroscopy to study thermal transitions of PMMA and PMMA/SiO₂ nanocomposites
Tipo de participación: Póster

Congreso: 19th European Symposium on Polymer Spectroscopy-ESOPS19.

Entidad Organizadora: IUPAC-Academy of Sciences of the Czech Republic

Lugar de Celebración: Praga, República Checa

Fecha: 07-11 Julio (2013)

10. Autores: D. Olmos, E.V. Martín, Javier González-Benito
Título: Understanding Thermal transitions in Polystyrene-Barium titanate nanocomposites using Fourier Transform Infrared Spectroscopy
Tipo de participación: Presentación Oral

Congreso: 19th European Symposium on Polymer Spectroscopy-ESOPS19.

Entidad Organizadora: IUPAC-Academy of Sciences of the Czech Republic

Lugar de Celebración: Praga, República Checa

Fecha: 07-11 Julio (2013)

11. Autores: Javier Gonzalez-Benito, E. Castillo, J.F. Caldito
Título: Nanothermal Expansion of Polymer and Polymer Composites Films. Effect of Composition in EVA Copolymers and the Presence of TiO₂ Nanoparticles
Tipo de participación: Poster

Congreso: 8th ECNP International Conference on Nanostructured Polymers and Nanocomposites.

Entidad Organizadora: Leibniz-Institute für Polymerforschung Dresden e.V.

Lugar de Celebración: Dresden, Alemania

Fecha: 16-19 Septiembre (2014)

12. Autores: R. Serra-Gomez, Marta Redondo, Dania Olmos, Javier Gonzalez-Benito
Título: PMMA-BaTiO₃ Nanocomposites: Thermal Characterization by Fluorimetry
Tipo de participación: Poster

Congreso: 8th ECNP International Conference on Nanostructured Polymers and Nanocomposites.

Entidad Organizadora: Leibniz-Institute für Polymerforschung Dresden e.V.

Lugar de Celebración: Dresden, Alemania

Fecha: 16-19 Septiembre (2014)

13. Autores: P.D. Castrillo, D. Olmos, Javier Gonzalez-Benito
Título: Caracterización Mecánica y Análisis Fractográfico de Materiales Compuestos Epoxi-Caolín
Tipo de participación: Poster

Congreso: 3º Encontro Português de Materiais e Estruturas Compósitas.

Entidad Organizadora: Universidade do Porto

Lugar de Celebración: Lisboa

Fecha: 24-25 octubre (2014)

