



# EL PAPEL DE LAS POLIOLEFINAS EN EL ECODISEÑO DE FILME MULTICAPA RECICLADO MECÁNICAMENTE



IEM

M.T. Expósito<sup>a</sup>, J. Ramos<sup>b</sup>, J.F. Vega<sup>b</sup>, V. Souza-Egipsy<sup>b</sup>, B. Paredes<sup>a</sup>, V. Cruz<sup>b</sup>

Universidad Rey Juan Carlos

CSIC

<sup>a</sup>Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, ESCET, Universidad Rey Juan Carlos,

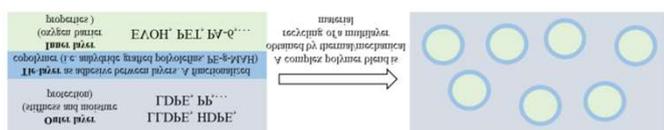
<sup>b</sup>BYOPHYM, Departamento de Física Macromolecular, Instituto de Estructura de la Materia, IEM-CSIC

## 1. INTRODUCCIÓN

Entre las diferentes aplicaciones de los materiales plásticos, la del **embalaje multicapa** es la que ha tenido un mayor impacto por el alto grado de conservación conseguido tanto en bebidas como en alimentos.

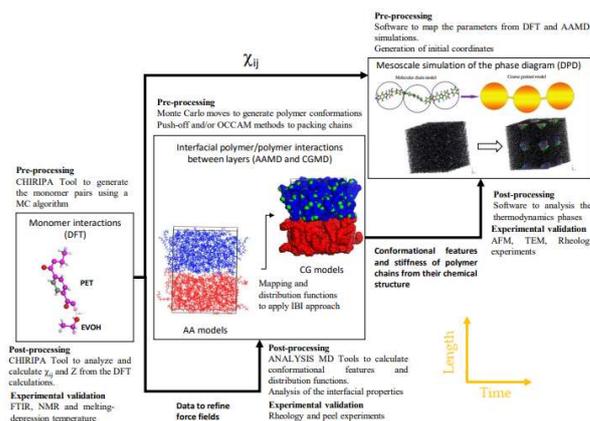
Los **filmes multicapa están compuestos por distintos polímeros commodities apilados en capas para formar una película con unas propiedades mejoradas**. En envasado, un film multicapa típico está compuesto por 3 capas de polímeros que proporcionan estabilidad mecánica, adherencia y propiedades barrera (al oxígeno o a la humedad), respectivamente.

Para disminuir el impacto ambiental, el reciclado mecánico de los film plásticos se está consolidando como una ruta alternativa. Sin embargo, para el caso de los film multicapa, se ha demostrado que su **posibilidad de reciclado solo puede ser viable económicamente si se tiene en cuenta el reciclaje durante el diseño de los materiales de embalaje**, mediante **Ecodiseño**.



## 2. OBJETIVO DEL PROYECTO

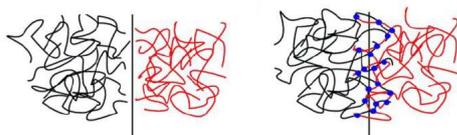
**Comprender las interacciones** entre los componentes poliméricos que se encuentran en los film multicapa utilizados en envases por medio del **modelado multiescala** a diferentes escalas de tiempo-longitud [1,2,3]. Paralelamente, se llevarán a cabo **experimentos específicos para lograr la verificación y validación de los modelos computacionales**.



## 3. ESTRATEGIAS

↳ **PARA MEJORAR LA SEPARACIÓN Y RECICLABILIDAD EN SISTEMAS MULTICAPA:**

- **Selección de polímeros que actúen como capas interconectantes** o adhesivas.
- **Buscar una interacción física entre capas adhesivas y los polímeros de las otras capas** por enlaces iónicos, entrelazamientos y/o fuerzas intermoleculares (i.e. Van der Waals, puente de hidrógeno o dipolo-dipolo inducido).
- **Todos los componentes** del sistema multicapa tienen que ser **polímeros reciclables/reutilizables**.



↳ **MODELADO MULTIESCALA PARA AYUDAR EN:**

- **El diseño de los componentes** del film multicapa.
- **El diseño** de los polímeros **compatibilizadores** o interconectantes.

### BIBLIOGRAFÍA:

[1] D.N. Theodorou. Chemical Engineering Science (2007) 62 (21), 5697  
 [2] J. Ramos, Juan F. Vega, J. Martínez-Salazar. Eur. Polym. J. (2018) 99, 298  
 [3] T. E. Gartner, A. Jayaraman. Macromolecules (2019) 52, 755  
 [4] G. Goldbeck, C. Court "The Economic Impact of Materials Modelling Indicators, Metrics, and Industry Survey" (2022). <https://documents.pub/document/the-economic-impact-of-materials-modelling-emmcinfo-the-economic-impact-of.html?page=1>.  
 [5] Juan F. Vega, V. Souza-Egipsy, M. T. Expósito and J. Ramos. Polymers (2022) 14, 1622.  
 [6] Juan F. Vega, J. Ramos, V. Souza-Egipsy, J. Martínez-Salazar. Polymer (2022) 256:125256

## 4. ACCIONES y RESULTADOS

La primera parte del proyecto se ha centrado en **3 sistemas multicapa** formados por **polietileno (PE)**, **copolímero etileno/alcohol vinílico (EVOH)** y una capa adhesiva funcional (**copolímeros de etileno/vinil acetato -EVA-** y **de etileno/acrilato de etilo -EEA-**, y un **ionómero sódico de etileno/ácido metilacrílico -EMANA-**) que compatibilizará mediante interacción física.

Para **explorar las interacciones físicas entre los diferentes componentes** en los sistemas multicapa se han empleado diferentes técnicas como microscopías (**TEM y AFM**), **calorimetría**, **ATR-FTIR** y **reología lineal**.

Para estudiar la **compatibilidad** entre los componentes en los 3 sistemas multicapa se ha aplicado la **aproximación Nishi-Wang a la depresión de la temperatura de fusión**. Donde al menos uno de los componentes debe ser cristalino. Para evitar efectos indeseables, los monocristales (PE) o los agregados microcristalinos (EVOH) se han embebido en los agentes adhesivos (EVA, EEA y EMANA).

Se han estudiado los **aspectos morfológicos** de los monocristales y los agregados; y posteriormente, se ha determinado la **compatibilidad a nivel segmental de los agentes adhesivos tanto con el PE como con el EVOH**. Así, es posible definir el sistema más efectivo para estudiar el efecto de la compatibilidad en una etapa ulterior de reciclado. Para finalizar, las mezclas seleccionadas se estudiaron en estado fundido por reología.

Los **resultados obtenidos** apuntan a que la **arquitectura molecular de estos materiales desempeña un papel crucial y limitante, y que será decisivo en el ecodiseño de sistemas multicapa para lograr un sistema multicapa reciclable mecánicamente** [5]. Además, los resultados experimentales **validan** los obtenidos por **cálculos computacionales** [6]

