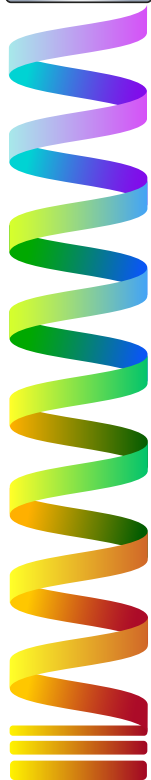
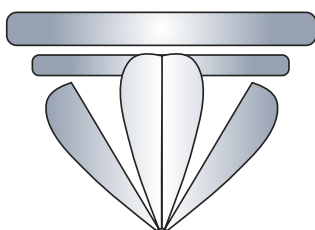
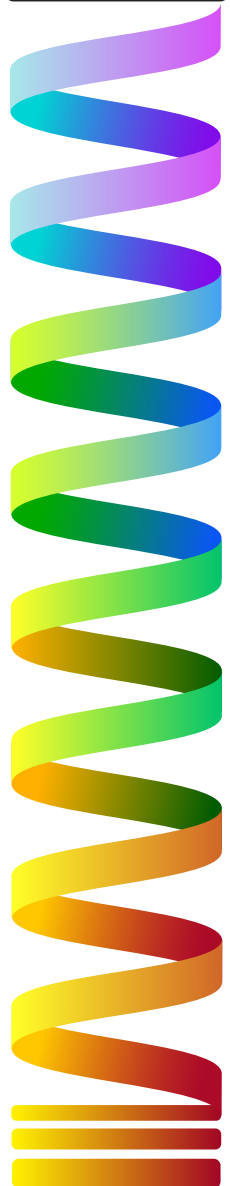
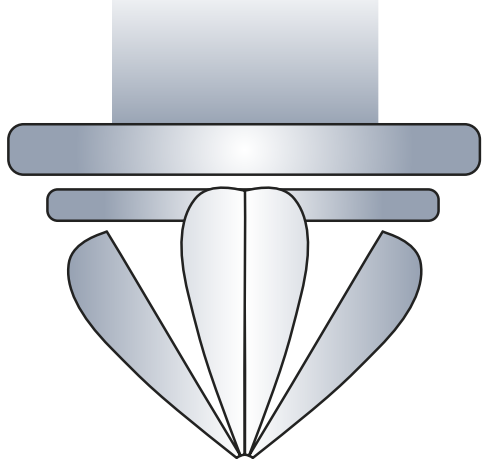


# VIII Congresso I+D+i

Campus d'Alcoi

Creando Sinergias





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

## **VIII CONGRESO I+D+i CAMPUS DE ALCOY. CREANDO SINERGIAS**

---

**LIBRO DE RESÚMENES**

---

**Escuela Politécnica Superior de Alcoy**

**Alcoy, 14 y 15 de julio de 2021**

Edita: Compobell, S.L.

ISBN: 978-84-121868-7-1

DEPÓSITO LEGAL: MU 1062-2021

IMPRESIÓN: Compobell, S.L.

**Nota editorial:** Este libro de resúmenes se ha realizado con las contribuciones de cada autor. Las modificaciones realizadas no han supuesto ningún cambio del contenido científico de las aportaciones.

## **Comité organizador**

---

María Ángeles Bonet Aracil

Eva Bou Belda

Salvador C. Cardona Navarrete

Begoña Cantó Colomina

Jorge Jordán Núñez

Miguel Ángel Satorre Aznar

Rafael Cantó Colomina

María Fernanda López Pérez

Vicent Fombuena Borrás

Octavio Fenollar Gimeno

## **Comité Científico**

---

Amparo Jordá Vilaplana

Jaime Masiá Vañó

Juan Ignacio Torregrosa López

Rosa Vercher Pérez

Juan Francisco Picó Silvestre

Miguel Ángel Sellés Cantó

Elena Pérez Bernabeu

Lucía Agud Albesa

José Ángel Maestro Cano

Bárbara Micó Vicent

Manuel Díaz-Madroñero Boluda

Modesto Pérez Sánchez

Raquel Sanchis Gisbert

Daniel García García

Antonio Molina Picó

David Hervás Marín

María Dolores Samper Madrigal.

<b>CO20. Estudio del proceso de maleinización del aceite de nuez de Brasil.</b> <i>Perez-Nakai, Aina, Lerma-Canto, Alejandro, Ferri, Jose Miguel,</i> <i>Garcia-Garcia, Daniel, Fombuena, Vicent</i> .....	89
<b>CO21. Estudio de eficiencia energética en los edificios Carbonell y Georgina Blanes bajo las medidas de seguridad ante el Covid-19.</b> Penalete López, Eduardo Andrés, Satorre Aznar, Miguel Ángel .....	93
<b>CO22. Elección de membranas para recuperación de polifenoles procedentes de los residuos de las vinazas.</b> López Borrell, Alexis, López Pérez, María Fernanda, Lora García, Jaime, Cardona Navarrete, Salvador Cayetano, Fombuena Borrás, Vicent .....	97
<b>CO23. Estudio de fabricación por inversión de fase y caracterización de una membrana de acetato de celulosa.</b> Vallés, I., Barandarian, A., Antón, F. J., Ariza, R., Bacete, L., Fernández, G., Pérez-Nakai, A., Sempere, J., Valencia, Y. ....	101
<b>CO24. Desarrollo y optimización de formulaciones de compuestos basados en PLA y aceite de chía epoxidado.</b> Domínguez Candela, Iván, Pérez Nakai, Aina, López Pérez, María Fernanda, Lora García, Jaime, Fombuena Borrás, Vicent .....	105
<b>CO25. Empleo del aceite de cáñamo maleinizado como compatibilizante en blends de PLA+TPS.</b> Lerma-Canto, Alejandro, Domínguez-Candela, Ivan, Cardona-Navarrete, Salvador C., García-García, Daniel, Fombuena, Vicent .....	109
<b>CO26. Desarrollo de nanofibras biocompatibles de almidón de arroz y almidón de hueso de mango mediante electrospinning.</b> Gomez-Caturla, Jaume, Ivorra-Martinez, Juan, Balart, Rafael, Garcia-Garcia, Daniel.....	113
<b>CO27. Efectos de los procesos de esterilización de calor húmedo y calor seco sobre el PLA Smartfill.</b> Fuentes, Jorge Mauricio, Arrieta, Marina Patricia, Ferrándiz, Santiago .....	117
<b>CO28. Mejora de la resistencia al impacto de formulaciones de ácido poliláctico mediante la mezcla y compatibilización con elastómeros termoplásticos.</b> Tejada, Ramón, Marset, David, Montañés, Néstor, Quiles, Luis .....	121
<b>CO29. Caracterización morfológica y mecánica de mezclas de biopolietileno (bioPE) con polibutileno succinato (PBS).</b> Rojas-Lema, Sandra, Cerdá Gandía, Raúl; Balart, Rafael, Garcia-Garcia, Daniel.....	125
<b>CO30. Adsorción y desorción de colorante reactivo mediante Halloisita.</b> López-Rodríguez, Daniel, Micó-Vicent, Bàrbara, Bou-Belda, Eva, Jordán-Núñez, Jorge .....	129

## Caracterización morfológica y mecánica de mezclas de biopolietileno (bioPE) con polibutileno succinato (PBS)

Rojas-Lema, Sandra<sup>(1)</sup>; Cerdá Gandía, Raúl<sup>(1)</sup>; Balart, Rafael<sup>(1)</sup>; Garcia-Garcia, Daniel<sup>(1)</sup>

(1) Instituto de Tecnología de Materiales, Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801, Alcoy, Alicante

### RESUMEN

La siguiente investigación se enfoca en analizar el efecto que tienen tres tipos de agentes compatibilizantes: polietileno injertado con anhídrido maleico (PE-*g*-MA), nanotubos de halloysita (NH) sin modificar y nanotubos de halloysita tratados (NH-T) con (3-glicidiloxipropil) trimetoxisilano (GLYMO) que es un tipo de silano, todos fueron añadidos en proporción de (3phr) en una mezcla de dos polímeros: biopolietileno (bioPE) y polibutileno succinato (PBS) que se estudiaron en porcentaje en peso (70/30) respectivamente. El estudio se realizó mediante el análisis de las propiedades morfológicas utilizando para ello microscopía electrónica de emisión de campo (FESEM) y mediante el estudio de propiedades mecánicas en las mezclas resultantes.

**Palabras clave:** compatibilidad, mezclas, nanotubos de halloysita, PE-*g*-MA, dispersión, biopolietileno, polibutileno succinato.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años la producción y consumo de plásticos ha incrementado drásticamente, debido en parte al bajo precio de estos materiales, lo cual ha generado un incremento en la contaminación por la emisión de gases de efecto invernadero, además que la gran parte de estos no es biodegradable lo cual genera una importante cantidad de desperdicio [1]. Es por ello que hoy en día se busca desarrollar materiales que sean más amigables con el medio ambiente, pero que a la par cuenten con buenas propiedades para que se pueda extender su uso. Uno de estos materiales es el biopolietileno o polietileno biobasado (bioPE) es un polímero de origen natural que se obtiene a través de la síntesis de etileno derivado de la deshidratación de bioetanol que proviene de materiales como la caña de azúcar, maíz, trigo, entre otros [2]. En los últimos años ha suscitado gran interés su uso en el ámbito de materiales procedentes de fuentes renovables debido a que se considera de fácil procesamiento, bajo costo comparado con otros biopolímeros y principalmente porque presenta propiedades muy similares al polietileno obtenido a través de procesos petroquímicos [3]. Sin embargo, la desventaja que presenta este material es que no es biodegradable, lo que conduce a que tenga problemas medio ambientales, por lo que, en la actualidad se busca fomentar su mezcla con otros biopolímeros que si presenten propiedades biodegradables y se pueda lograr con ello un balance de propiedades en el material resultante, los materiales más usados para su combinación con bioPE son PLA [4], TPS [5], entre otros. Por otro lado, estas mezclas en la mayoría de los casos no son miscibles, lo que empobrece las propiedades del material, con el fin de contrarrestar este resultado se pueden utilizar diferentes mecanismos, uno de ellos el uso de compatibilizantes, entre los más comúnmente usados se encuentran los copolímeros injertados como el PE-*g*-MA, PP-*g*-MA, entre otros, estos permiten la interacción con los componentes de la mezcla, lo cual permite mejorar la compatibilidad y con ello se puede mejorar sus propiedades [6].

Otro tipo de materiales que también son usados con este fin son los nanomateriales, entre ellos se tiene nanotubos de carbono [7], nanopartículas de carbonato de calcio [8], nanotubos de halloysita, entre otros. Sin embargo, en algunos casos estos presentan hidrofiliidad lo que contribuye con su agregación, motivo por el cual se busca modificarlos superficialmente para que tengan mejor interacción con la matriz polimérica, uno de estos métodos es el tratamiento con silanos [9].

## OBJETIVOS

Este trabajo tiene como objetivo obtener materiales mediante la mezcla de biopolietileno y polibutileno succinato y estudiar la influencia de diferentes compatibilizantes en las propiedades morfológicas y mecánicas de la mezcla binaria.

## METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

### Materiales

Se utilizó biopolietileno de grado SHA7260 que fue suministrado por Braskem (São Paulo, Brasil), polibutileno succinato suministrado por Show Denko Europe (Munich, Alemania), adicionalmente como compatibilizantes se usaron GLYMO, nanotubos de halloysita que fueron proporcionados por Sigma Aldrich (Madrid, España). Por otro lado, para tratar los nanotubos de halloysita se utilizó etanol de 96 %v/v suministrado por Scharlau (Barcelona, España) y ácido acético al 99.7% que fue proporcionado por PanReac Applichem (Barcelona, España).

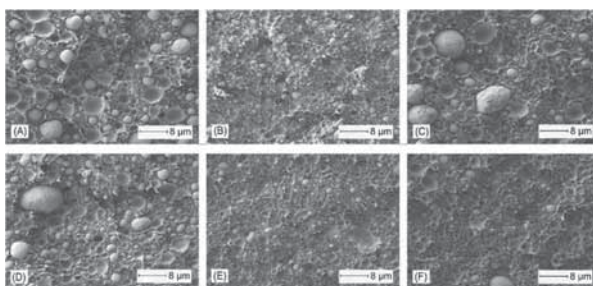
### Preparación de las muestras y ensayos realizados

El bioPE y el PBS fueron mezclados en proporción (70/30) y luego con cada uno de los compatibilizantes en proporción (3 phr), posteriormente se los llevó a extrusión e inyección. Adicionalmente, los nanotubos de halloysita fueron silanizados mediante el uso de una disolución de GLYMO en etanol al 2.4 %w/v y pH 5. Los ensayos mecánicos fueron llevados a cabo en una máquina universal Elib 30 S.A.E. Ibertest, (Madrid, España) siguiendo la norma ISO 527-1:2012, utilizando una carga de 5 kN y con una velocidad de 5 mm min<sup>-1</sup>. Por otro lado, los ensayos de morfología se realizaron mediante microscopía electrónica de barrido de emisión de campo, con sus siglas en inglés (FESEM), utilizando para ello las muestras obtenidas luego de los ensayos de impacto para analizar la superficie fracturada.

## RESULTADOS

Las imágenes de FESEM muestran las superficies de fractura de las mezclas de bioPE\_PBS, en la Figura 1(A) se observa claramente la inmiscibilidad de los dos polímeros, se tiene una primera fase que es la matriz de bioPE y una segunda fase que corresponde al PBS donde se identifican unas pequeñas partículas esféricas ubicadas a lo largo de toda la matriz. En la imagen Figura 1(B) se evidencia una mejora ligera en la compatibilización entre el bioPE y el PBS al usar PE-g-MA. Por otro lado, al agregar los nanotubos de halloysita sin modificar se aprecia aglomeraciones a lo largo de la superficie como se observa en la Figura 1(C), esto en parte debido a que estas estructuras presentan hidrofiliidad y son más propensas a unirse entre ellas. Mientras que en la Figura 1(D) los nanotubos se encuentran menos aglomerados y mejor

dispersos en la superficie, esto debido a que el tratamiento con silanos les otorga a las partículas hidrofobicidad y esto contribuye a la mejora en la dispersión, además que permite una mejor interacción entre las partículas de PBS con la matriz de bioPE. Por otro lado, en las muestras que utilizan dos compatibilizantes Figura 1(E) que contiene PE-g-MA y NH y la Figura 1(F) que presenta PE-g-MA y nanotubos de halloysita tratados con silanos se evidencia una disminución en el tamaño de las partículas de PBS esto debido a la posible interacción de PE-g-MA con los enlaces éster del PBS, lo que a su vez pudo contribuir con la mejora en la interacción entre los dos polímeros [7].



**Figura 1.** Imágenes FESEM de las superficie fracturadas de las mezclas de bioPE con PBS sin compatibilizar y compatibilizadas: (A) bioPE\_PBS, (B) bioPE\_PBS\_PE-g-MA, (C) bioPE\_PBS\_NH, (D) bioPE\_PBS\_NH-T, (E) bioPE\_PBS\_PE-g-MA\_NH, (F) bioPE\_PBS\_PE-g-MA\_NH-T. Las imágenes presentan un aumento de 2000x con escala de 8  $\mu\text{m}$ .

Según los resultados obtenidos en la Tabla 1 se puede observar que las muestras de bioPE\_PBS sufren variaciones al incluir en su estructura los diferentes compatibilizantes, cuando se añade PE-g-MA se evidencia una disminución en las propiedades analizadas que son módulo de Young, resistencia a la tensión y alargamiento a la rotura. Por otro lado, cuando se incorpora nanotubos de halloysita sin modificar se observa que las propiedades no disminuyen de la misma manera que con PE-g-MA, sin embargo siguen siendo menores en relación a la mezcla de bioPE\_PBS, mientras que en las muestras que tienen en su estructura nanotubos de halloysita modificados se observa un incremento en el módulo de Young y en la alargamiento a la rotura de 8% y 13%, respectivamente, lo cual indica que su agregación afecta positivamente a la mezcla de bioPE\_PBS, este incremento en las propiedades se podría deber al incremento en la hidrofobicidad que proporciona el tratamiento con silanos a los nanotubos de halloysita, lo cual podría contribuir a que las partículas se aglomeren menos, se dispersen más y se logre una mejor interacción. El incremento logrado en el módulo de Young posiblemente pudo ocurrir debido a los enlaces químicos que se pudieron producir entre los nanotubos y la mezcla durante la etapa de procesamiento, lo cual permite una mejora en la transferencia de tensiones [10].

**Tabla 1.** Resumen de las propiedades mecánicas analizadas para las mezclas de bioPE\_PBS sin compatibilizar y compatibilizadas en términos de módulo de Young (E), resistencia a la tensión ( $\sigma_y$ ) y alargamiento a la rotura ( $\epsilon_b$ )

Muestra	E (MPa)	$\sigma_y$ (MPa)	$\epsilon_b$ (%)
bioPE_PBS	734.9 $\pm$ 34.9	15.2 $\pm$ 0.3	6.7 $\pm$ 0.2
bioPE_PBS_PE-g-MA	644.8 $\pm$ 67.9	13.9 $\pm$ 0.2	4.7 $\pm$ 0.8
bioPE_PBS_NH	705.3 $\pm$ 86.9	14.4 $\pm$ 0.2	5.7 $\pm$ 0.7
bioPE_PBS_NH-T	796.2 $\pm$ 71.6	14.4 $\pm$ 0.3	7.6 $\pm$ 0.9



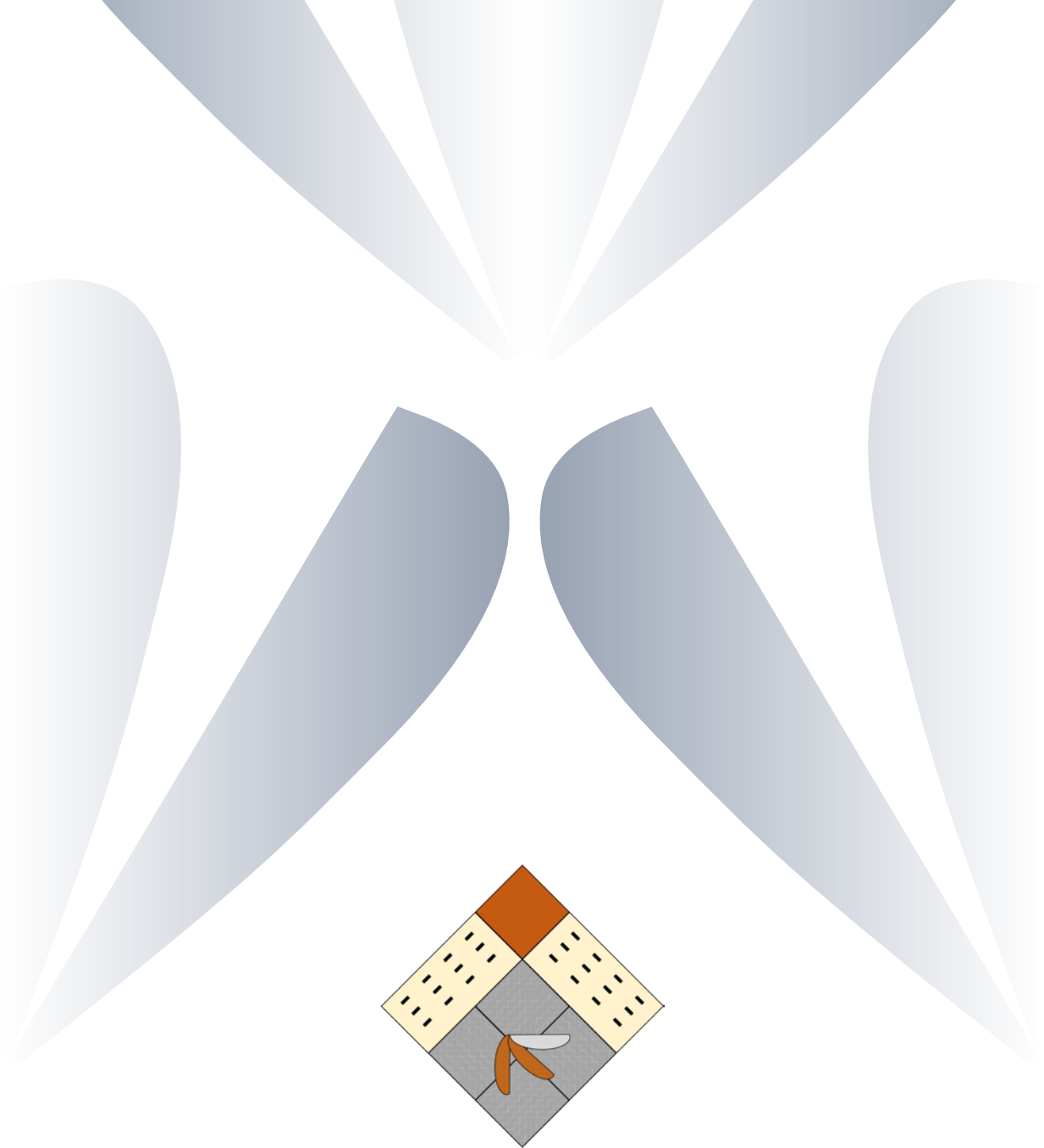
bioPE_PBS_PE-g-MA_NH	624.3 ± 79.4	14.4 ± 0.5	5.4 ± 0.5
bioPE_PBS_PE-g-MA_NH-T	651.9 ± 63.4	14.3 ± 0.1	5.1 ± 0.4

## CONCLUSIONES

Mediante la elaboración de este estudio se pudo evidenciar el efecto que tienen diferentes compatibilizantes en una mezcla binaria de bioPE con PBS. Se pudo constatar que el tratamiento con silanos realizado a los nanotubos de halloysita les proporcionó una modificación en su superficie que impidió que se aglomeraran y produjeran concentración de tensiones a lo largo de la superficie ya que su dispersión mejoró, y con ello se logró una mejora en el alargamiento a la rotura respecto a la mezcla de bioPE\_PBS lo que sugiere que hubo una mejora en la interacción entre los nanotubos tratados con silano y la mezcla binaria.

## REFERENCIAS

- [1] Lochab;Varma;Bijwe. (2012). "Sustainable polymers derived from naturally occurring materials". *Advances in Materials Physics and Chemistry*, v.2, n. 04, pp. 221-225.
- [2] Tsiropoulos;Faaij;Lundquist;Schenker;Briois;Patel. (2015). "Life cycle impact assessment of bio-based plastics from sugarcane ethanol". *Journal of Cleaner Production*, v.90, n., pp. 114-127.
- [3] Rojas-Lema;Torres-Giner;Quiles-Carrillo;Gomez-Caturla;Garcia-Garcia;Balart. (2021). "On the Use of Phenolic Compounds Present in Citrus Fruits and Grapes as Natural Antioxidants for Thermo-Compressed Bio-Based High-Density Polyethylene Films". *Antioxidants*, v.10, n. 1, pp. 14.
- [4] Quiles-Carrillo;Montanes;Jorda-Vilaplana;Balart;Torres-Giner. (2019). "A comparative study on the effect of different reactive compatibilizers on injection-molded pieces of bio-based high-density polyethylene/polylactide blends". *Journal of Applied Polymer Science*, v.136, n. 16, pp. 47396.
- [5] Rodriguez-Gonzalez;Ramsay;Favis. (2003). "High performance LDPE/thermoplastic starch blends: a sustainable alternative to pure polyethylene". *Polymer*, v.44, n. 5, pp. 1517-1526.
- [6] Ferri;Garcia-Garcia;Rayón;Samper;Balart. (2020). "Compatibilization and characterization of polylactide and biopolyethylene binary blends by non-reactive and reactive compatibilization approaches". *Polymers*, v.12, n. 6, pp. 1344.
- [7] Darshan;Veluri;Kartik;Yen-Hsiang;Fang-Chyou. (2019). "Poly (butylene succinate)/high density polyethylene blend-based nanocomposites with enhanced physical properties– Selectively localized carbon nanotube in pseudo-double percolated structure". *Polymer Degradation and Stability*, v.163, n., pp. 185-194.
- [8] de Oliveira;Moreno;de Sousa;Escócio;Guimarães;da Silva. (2020). "Composites based on high-density polyethylene, polylactide and calcium carbonate: effect of calcium carbonate nanoparticles as co-compatibilizers". *Polymer Bulletin*, v.77, n. 6, pp. 2889-2904.
- [9] Yang;Chen;Leng;Huang;Wang;Tian. (2017). "Recent advances on surface modification of halloysite nanotubes for multifunctional applications". *Applied Sciences*, v.7, n. 12, pp. 1215.
- [10] Frankland;Caglar;Brenner;Griebel. (2002). "Molecular simulation of the influence of chemical cross-links on the shear strength of carbon nanotube– polymer interfaces". *The Journal of Physical Chemistry B*, v.106, n. 12, pp. 3046-3048.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI