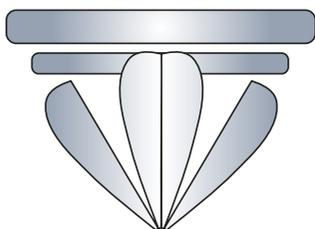
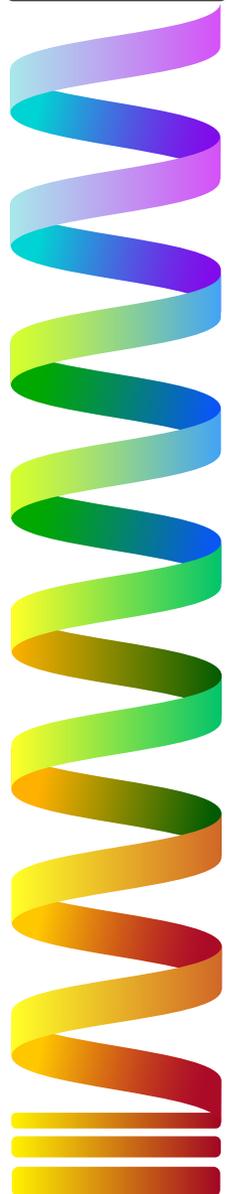
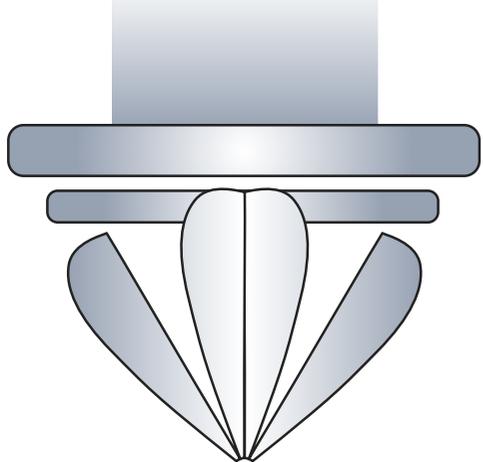


VIII Congresso I+D+i

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.

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

Mejora de la resistencia al impacto de formulaciones de ácido poliláctico mediante la mezcla y compatibilización con elastómeros termoplásticos

Tejada, Ramón ⁽¹⁾, Marset, David ⁽²⁾, Montañés, Néstor ⁽¹⁾, Quiles, Luis ⁽¹⁾

(1) Instituto de tecnología de materiales, departamento de ingeniería mecánica y de materiales, Universitat Politècnica de València (UPV), Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801 Alcoy, España: rateol@epsa.upv.es; nesmonmu@upvnet.upv.es; luquic1@epsa.upv.es

(2) Asociación de investigación de la Industria Textil (AITEX), Plaza Emilio Sala, 1, 03801 Alcoy, España: damargi4@alumni.upv.es

RESUMEN

En este trabajo de investigación se ha estudiado el efecto del aceite de linaza maleinizado (MLO) como compatibilizador de origen natural en mezclas binarias de ácido poliláctico (PLA) y un elastómero termoplástico denominado estireno-etileno-butileno-estireno (SEBS), con el fin de mejorar la resistencia al impacto y fragilidad del PLA para ampliar el uso de este biopolímero en la industria del envasado. Los efectos del MLO en dicha mezcla binaria se comparan con otro compatibilizador de origen petroquímico ampliamente usado en estas mezclas, el estireno-etileno-butileno-estireno con injerto de anhídrido maleico (SEBS-g-MA). Estas mezclas se realizaron en primera instancia mediante extrusión, posteriormente las diferentes mezclas fueron conformadas mediante moldeo por inyección en muestras estándar para su posterior caracterización mecánica y análisis de mojabilidad. Los resultados obtenidos muestran como la incorporación de MLO a la mezcla PLA/SEBS mejora la resistencia al impacto, con un valor de 6.1 kJ/m² respecto al PLA/SEBS sin compatibilizar, con un valor de 4.8 kJ/m², lo que demuestra la capacidad del MLO de ser una solución rentable y sostenible capaz de competir con los compatibilizadores convencionales derivados del petróleo.

Palabras clave: Ácido poliláctico; elastómero termoplástico; resistencia al impacto; biocompatibilizadores; aceite de linaza maleinizado.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, los desechos plásticos son una preocupación ambiental muy grave, la producción anual de plásticos supera las 300 toneladas métricas, de los que la mayoría proceden de fuentes fósiles no renovables y además la mayoría de ellos no son biodegradables, lo que genera una gran cantidad de residuos plásticos [1]. Debido a esta situación, en los últimos años se ha promovido y concienciado a la sociedad sobre este gran problema medioambiental, que ha orientado a la industria hacia el desarrollo de nuevos materiales poliméricos a partir de recursos naturales y que sean fácilmente reciclables o biodegradables, en concreto se ha incrementado notablemente el uso de estos materiales en la industria del envase [2], donde el ácido poliláctico (PLA) destaca entre otros, debido a su gran equilibrio de propiedades térmicas y mecánicas además de un precio competitivo y fácil procesamiento. No obstante, el PLA es un material frágil y quebradizo lo que supone un impedimento en ciertas aplicaciones que requieran de cierta resistencia, tales como bolsas, piezas impresas en 3D o envases rígidos [3].

Para mitigar este inconveniente, se recurre generalmente a mezclas binarias o ternarias con otros polímeros para mejorar el material base, en este sentido, el estireno-etileno-

butileno-estireno (SEBS) es un elastómero termoplástico que podría actuar como modificador en la energía de impacto en mezclas con PLA, mejorando su tenacidad y ductilidad, además el SEBS posee una excelente resistencia térmica y a los rayos UV [4], unido a su rango de elasticidad y dureza (fácilmente modificables según su finalidad) y a su relativamente baja temperatura de procesamiento hacen factible su uso en diversos sectores, tales como el sector del embalaje, automoción y médico [5].

No obstante, la mezcla de PLA/SEBS presenta una pobre miscibilidad entre ambos elementos, lo que puede acarrear un rendimiento inferior al esperado en dicha mezcla. Para mejorar dicha miscibilidad es indispensable agregar un agente compatibilizador a la mezcla con el fin de proporcionar un puente o efecto de acoplamiento entre los dos polímeros que constituyen la mezcla mejorando así su desempeño [6].

Existen una gran variedad de agentes compatibilizadores, que pueden dividirse según su origen, ya sea de origen petroquímico o de origen natural. En este primer grupo se encuentra SEBS-g-MA compuesto por el polímero SEBS injertado con anhídrido maleico, este compatibilizador se caracteriza por su doble funcionalidad ya que, mientras que el SEBS no es polar, el anhídrido maleico cuenta con una alta polaridad haciendo factible su uso en mezclas polares/no polares, además de mejorar la resistencia al impacto y el alargamiento a la rotura de mezclas binarias basadas en SEBS [7]. Por otro lado, el aceite de linaza maleinizado (MLO), un aceite vegetal químicamente modificado, se ha usado como compatibilizador, informando de las excepcionales propiedades que puede proporcionar a las formulaciones basadas en PLA en cuanto a resistencia a impacto y ductilidad.

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es la mejora de las propiedades de resistencia al impacto y elongación a la rotura de formulaciones de PLA/SEBS mediante el uso de compatibilizantes de origen petroquímico: SEBS-g-MA y de origen natural: aceite de linaza maleinizado (MLO). Se estudiarán los efectos de estos compatibilizadores en las características mecánicas y de mojabilidad, evaluando el potencial del MLO como posible sustituto de otros compatibilizadores derivados del petróleo en la industria del envasado.

RESULTADOS

La tabla 1 muestra los resultados de la caracterización mecánica de las mezclas PLA/SEBS con los diferentes compatibilizadores, indicando la efectividad de cada uno de ellos en la obtención de mejoras en la resistencia al impacto y elongación a la rotura. Como se puede observar, el módulo de tracción (E) y la resistencia a la tracción (σ máx.) del PLA son de 2977 y 35,8 MPa, respectivamente. Estas propiedades mecánicas son interesantes y superiores a las de la mayoría de los denominados polímeros *commodities*, por contraparte, el alargamiento a la rotura del PLA es sólo del 7,4% lo que es representativo de unas propiedades dúctiles muy bajas, característica de un polímero rígido y quebradizo [8]. La adición de SEBS (20% en peso) conlleva una disminución tanto en el módulo de tracción como de la tensión máxima, debido a la naturaleza similar al caucho que posee el SEBS, sin embargo, el alargamiento a la rotura se mantiene en valores muy próximos al PLA puro. Estos resultados pueden ser atribuidos a la inmiscibilidad existente entre el PLA y el SEBS [9].

Tabla 1 . Listado de las propiedades mecánicas de las muestras. Módulo de tracción (E), tensión máxima (σ máx.), alargamiento a la rotura (ϵb) y resistencia al impacto (Charpy)

Muestras	Composición				E (MPa)	σ máx. (MPa)	ϵb (%)	Resistencia impacto (kJ/m ²)
	PLA (wt %)	SEBS (wt %)	SEBS-g-MA (wt %)	MLO (phr)				
PLA	100	0	0	0	2977 ± 27	35.8 ± 2.6	7.4 ± 0.8	1.3 ± 0.1
PLA/SEBS	80	20	0	0	1419 ± 32	6.3 ± 0.7	7.8 ± 1.0	4.8 ± 0.5
PLA/SEBS/SEBS-g-MA	80	18	2	0	802 ± 39	4.7 ± 0.6	10.1 ± 1.1	4.0 ± 0.1
PLA/SEBS/MLO	80	20	0	5	1275 ± 61	5.2 ± 0.6	50.2 ± 4.3	6.1 ± 0.6

Las mezclas compatibilizadas de PLA/SEBS con SEBS-g-MA mejora la miscibilidad de la mezcla ya que las cadenas de SEBS presentes tanto en el polímero como en el compatibilizante se agrupan entre sí y por otro lado el anhídrido maleico interactúa con los grupos hidroxilos del PLA, haciendo el efecto de puente entre las interfases de la mezcla. Esto conlleva una caída en los valores del módulo de tracción y tensión máxima (al igual que la mezcla sin compatibilizar) pero con una mejora en el alargamiento a la rotura, llegando a un valor total del 10%. Con respecto a la mezcla PLA/SEBS compatibilizada con MLO se puede observar el comportamiento flexible que adquiere la mezcla al utilizar dicho compatibilizador, esto es debido a la mayor movilidad que se confiere a las cadenas poliméricas permitiendo una mejor interacción entre ellas, obteniéndose unos valores de resistencia a la tracción y tensión máxima de 1275 MPa y 5.2 MPa respectivamente, con un incremento sustancial en la elongación a la rotura, siendo esta del 50.2%, es decir, unas 7 veces mayor a la del PLA puro y 5 veces mayor a la conseguida con el SEBS-g-MA.

La Tabla 1. También muestra los valores obtenidos en relación con la resistencia al impacto, mostrando como el PLA tiene un comportamiento frágil, con un resultado de 1.3 kJ/m². Con la adición del SEBS se incrementó notablemente dicha resistencia, alcanzando valores de 4.8 kJ/m², este resultado es interesante puesto que superó a los 4.0 kJ/m² obtenidos de la mezcla compatibilizada con SEBS-g-MA, siendo la mezcla con MLO la que mejores resultados arrojó con 6.1 kJ/m², una mejora 4.5 veces mayor al del PLA puro y 1.5 veces a la mezcla PLA/SEBS/SEBS-g-MA.

El ángulo de contacto con agua es especialmente relevante en la industria del envasado de alimentos puesto que estos resultados están relacionados con la impermeabilidad que presentará el envase. En la figura 1 se puede observar los valores obtenidos en cuanto al ángulo de contacto con el agua con el fin de analizar sus propiedades de mojabilidad. El umbral de hidrofobicidad se considera cuando el ángulo de contacto entre el agua y la muestra es igual o mayor a 65° [10], en este ámbito, todas las muestras analizadas sobrepasan dicho valor. La mezcla compatibilizada con SEBS-g-MA presenta la mayor hidrofobicidad, alcanzado los 93°, seguido de la mezcla sin compatibilizar con un valor de 89°, es interesante ver como al agregar MLO el resultado baja hasta los 86°, un valor prácticamente igual al PLA puro con 85°.

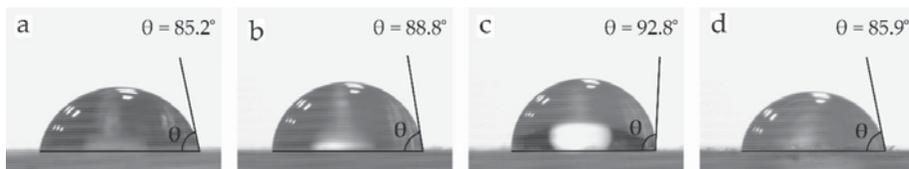


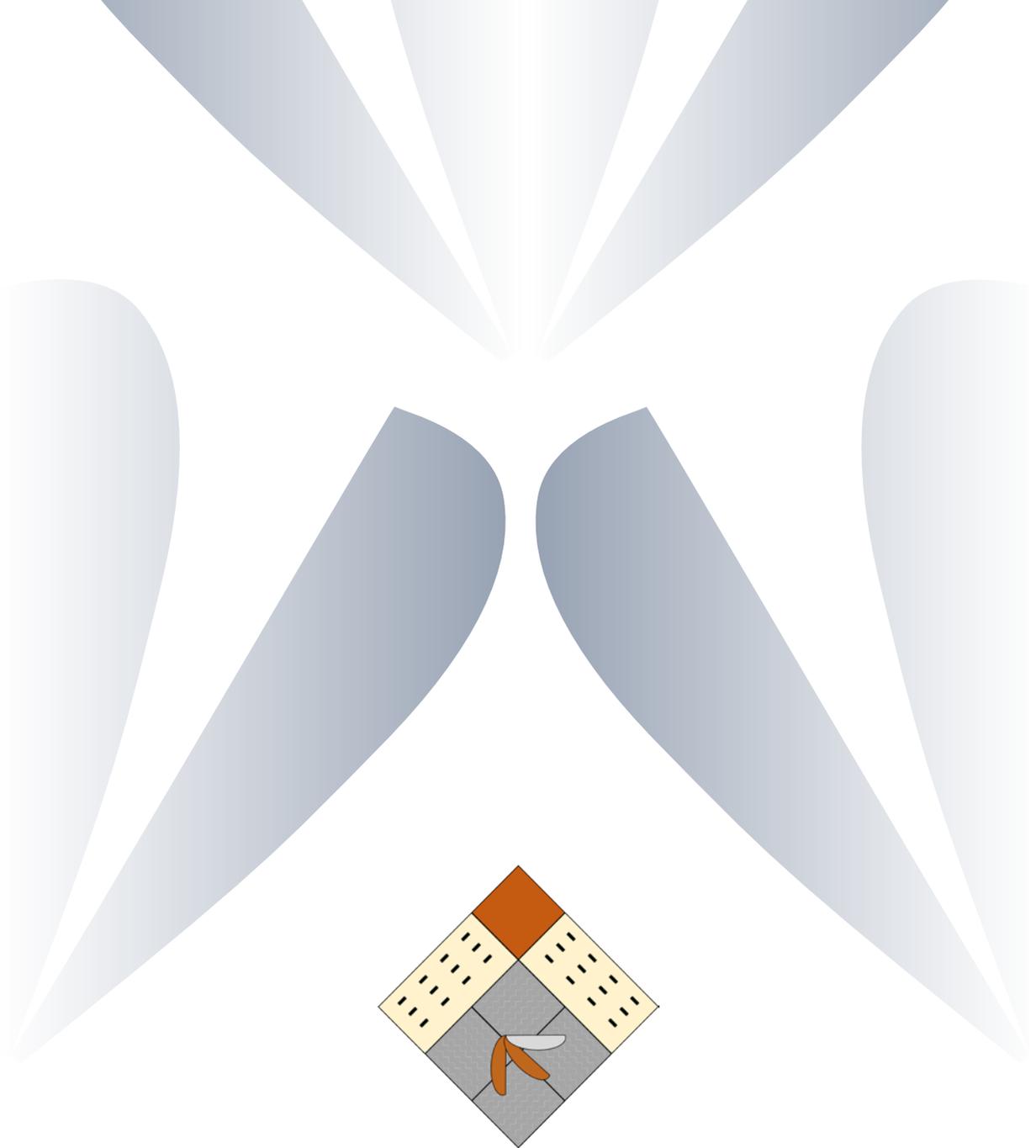
Figura 1. Ángulo de contacto de las muestras. **a)** PLA puro; **b)** PLA/SEBS sin compatibilizar; **c)** PLA/SEBS/SEBS-g-MA; **d)** PLA/SEBS/M

CONCLUSIONES

En función a los resultados anteriormente mostrados, mediante la utilización del MLO como agente compatibilizador se obtiene una mejora sustancial en las propiedades de alargamiento a la rotura y la resistencia al impacto de la mezcla PLA/SEBS, mientras que con el uso del SEBS-g-MA se mejora el alargamiento, pero no supera en resistencia al impacto a la mezcla sin compatibilizar. En cuanto al ángulo de contacto, en todos los casos se sobrepasa el umbral de hidrofobicidad, por lo que se demuestra el potencial del MLO como una solución rentable y sostenible al uso de compatibilizadores de origen petroquímico en la industria del envasado.

REFERENCIAS

- [1] Chen;Yan. (2020). "A brief overview of renewable plastics". *Materials Today Sustainability*, v.7, n., pp. 100031.
- [2] Barlow;Morgan. (2013). "Polymer film packaging for food: An environmental assessment". *Resources, Conservation Recycling*, v.78, n., pp. 74-80.
- [3] Tsouknidas;Pantazopoulos;Katsoulis;Fasnakis;Maropoulos;Michailidis. (2016). "Impact absorption capacity of 3D-printed components fabricated by fused deposition modelling". *Materials Design*, v.102, n., pp. 41-44.
- [4] Garcia-Garcia;Crespo-Amorós;Parres;Samper. (2020). "Influence of Ultraviolet Radiation Exposure Time on Styrene-Ethylene-Butadiene-Styrene (SEBS) Copolymer". *Polymers*, v.12, n. 4, pp. 862.
- [5] Parameswaranpillai;Joseph;Shinu;Jose;Salim;Hameed. (2015). "Development of hybrid composites for automotive applications: Effect of addition of SEBS on the morphology, mechanical, viscoelastic, crystallization and thermal degradation properties of PP/PS-x GnP composites". *RSC advances*, v.5, n. 33, pp. 25634-25641.
- [6] Wang;Ying;Wang. (2018). "The reactive compatibilization effect of copolymer macroactivator for immiscible anionic polyamide 6/polystyrene blends via in situ polymerization". *Journal of Applied Polymer Science*, v.135, n. 21, pp. 46302
- [7] Mengual;Juárez;Balart;Ferrándiz. (2017). "PE-g-MA, PP-g-MA and SEBS-g-MA compatibilizers used in material blends". *Procedia Manufacturing*, v.13, n., pp. 321-326.
- [8] Farah;Anderson;Langer. (2016). "Physical and mechanical properties of PLA, and their functions in widespread applications—A comprehensive review". *Advanced drug delivery reviews*, v.107, n., pp. 367-392.
- [9] Lima;Araújo;Agrawal;Mélo. (2019). "PLA/SEBS bioblends: Influence of SEBS content and of thermal treatment on the impact strength and morphology". En: *Macromolecular Symposia*, pp. 1700072
- [10] Fang;Ye;Yang. (2019). "Influence of hydrolysis of polyvinyl alcohol on its lubrication for styrene-ethylene-butylene-styrene block copolymer". *Tribology International*, v.134, n., pp. 408-416.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI