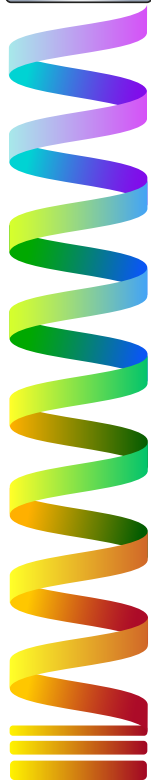
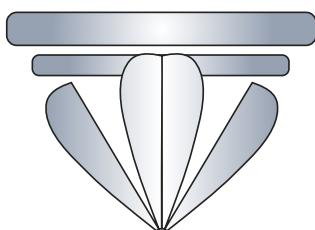
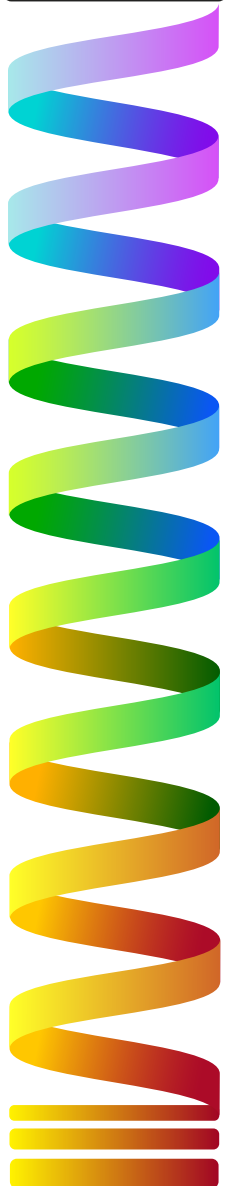
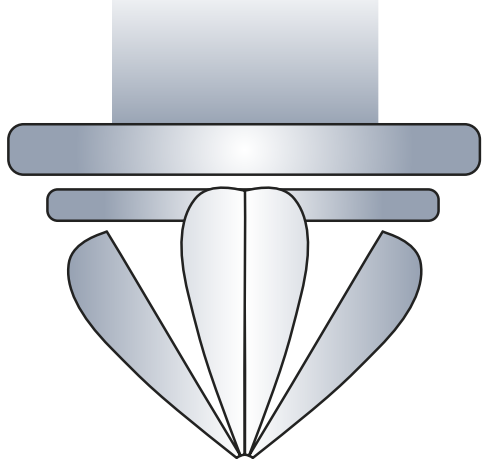


# VIII Congresso I+D+i

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.

**CO9. Previsión de demanda eléctrica en días festivos. Utilización de DIMS para la mejora de la previsión.**

*Trull, Oscar, García-Díaz, J. Carlos, Peiró-Signes, Ángel.....45*

**CO10. Sobre las Matrices Totalmente No Positivas.**

*Cantó, Begoña, Cantó, Rafael, Urbano, Ana M. ....49*

**CO11. Revalorización y aprovechamiento integral de los residuos de la industria del café para el desarrollo de materiales compuestos de matriz polimérica de alto rendimiento medioambiental.**

*Terroba Delicado, Enrique, Jordá Reolid, María, Sánchez Nácher, Lourdes, Montañés Muñoz, Néstor .....53*

**CO12 Estudio de compuestos formados por bio-HDPE con fibras naturales de residuos agroforestales de pino y PE-g-MA.**

*Morcillo, M.C.. J. Gómez-Caturla, J., García-SanogueraD., García-García, D. ....57*

**CO13. Efecto de Nanotubos de Halloysita en las propiedades Retardantes a la llama en Biopoliamida 610.**

*Marsel, David, Morcillo, Maria Del Carmen, Sanchez-Nacher,Lourdes, Quiles-Carrillo, Luis.....61*

**CO14. Estudio de compatibilidad entre la cascara de argán y el bioPE.**

*Jordá Reolid, María, Rojas Lema, Sandra Paola, Balart Gimeno, Rafael, Quiles Carrillo, Luis .....65*

**CO15. Caracterización mecánica de compuestos plásticos de madera (WPC) ecológicos a partir de BioHDPE y fibras naturales cortas.**

*Dolçà, Celia, Tejada, Ramón, Terroba, Enrique, Quiles-Carrillo, Luis .....69*

**CO16. Nexo Agua-Energía, visión a recursos disponibles en Ecuador. El desafío de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.**

*Macias-Ávila, Carlos, López-Jiménez, P. Amparo, Pérez-Sánchez, Modesto .....73*

**CO17. Modificación de operatividad en un sistema de distribución de agua en busca del aumento en la sostenibilidad (Las Bahamas).**

*Mercedes García, Angel Valentín, López-Jiménez, P. Amparo, Pérez-Sánchez, Modesto.....77*

**CO18. Aproximación de la demanda energética mediante clústeres para la evaluación de distritos de energía casi nula. Ventajas e inconvenientes.**

*Mendiguchia Fontes, Fernando Aitor, Quintana Gallardo, Alberto, Guillén Guillamón, Ignacio.....81*

**CO19. Raíces de avena como material de construcción: Estudio ambiental a través de un Análisis de Ciclo de Vida Comparativo.**

*Quintana-Gallardo, Alberto, Del Valle Rubio, Fernando, Guillén Guillamón, Ignacio, Mendiguchia Fontes, Fernando .....85*

## Estudio de compuestos formados por bio-HDPE con fibras naturales de residuos agroforestales de pino y PE-g-MA

M.C. Morcillo<sup>(1)</sup> J. Gómez-Caturla<sup>(1)</sup> D. García-Sanoguera<sup>(1)</sup> D. García-García<sup>(1)</sup>

*(1) Instituto de Tecnología de Materiales, Universidad Politécnica de Valencia, Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801, Alcoy, Alicante*

### RESUMEN

En este trabajo de investigación, se han obtenido y analizado materiales compuestos respetuosos con el medio ambiente a partir de una matriz polimérica (bioHDPE) y diferentes fibras vegetales de residuos agroforestales de pino, concretamente la pinocha. Para mejorar la interacción entre las fibras y la matriz se introdujo un copolímero como el PE-g-MA para mejorar las propiedades finales de los compuestos verdes. A partir de las muestras obtenidas, estas fueron sometidas a ensayos mecánicos y morfológicos. El primero de ellos mediante esfuerzos axiales a tracción, impacto y dureza; y el segundo para observar la superficie y comportamiento del material.

### INTRODUCCIÓN

La producción mundial de plásticos actualmente es de alrededor de 300 millones de toneladas al año; verificando la gran cantidad de desechos que genera la industria del plástico. En este contexto, los polímeros de base biológica pueden reducir con éxito el uso de recursos fósiles mediante el uso de biomasa o recursos renovables, reduciendo en gran medida la cantidad de huella de carbono. [1] El polietileno de alta densidad (HDPE) es uno de los plásticos comerciales más utilizados del mundo, siendo el bio-HDPE una buena solución para reducir al máximo los problemas derivados de la utilización de recursos fósiles, ya que se produce por polimerización de adición de etileno obtenido por deshidratación catalítica de bioetanol. El bio-HDPE tiene las mismas propiedades físicas que su homólogo petroquímico, es decir, el polietileno de alta densidad (HDPE), que muestra buena resistencia mecánica, alta ductilidad y resistencia al agua. En 2018, los polietilenos de base biológica representaron aproximadamente el 9,5% de la capacidad de producción mundial de bioplásticos, alcanzando cerca de 200.000 toneladas / año. Normalmente, las piezas moldeadas por inyección de bio-HDPE pueden destinarse a la fabricación tanto de piezas de plástico rígido, como embalajes y films flexibles. Por otro lado, las cargas naturales se han utilizado desde hace mucho con el objeto de disminuir el coste del material, en la mayoría de los casos en porcentajes limitados sin afectar de forma significativa a las prestaciones del material compuesto. Es habitual el intentar introducir el máximo porcentaje de carga para reducir su coste al máximo.

### MÉTODOS EXPERIMENTALES

#### Toma, análisis y preparación de las muestras

Se parte de bio-HDPE de calidad SHA7260, suministrado en forma de gránulos por FkuR Kunststoff GmbH (Willich, Alemania) y fabricado por Braskem (Sao Paulo, Brasil).

Este material conseguido mediante la conversión de etanol a etileno por un proceso de deshidratación, tiene una densidad de  $0,955 \text{ g cm}^{-3}$  y un índice de fluidez de  $20 \text{ g} / 10 \text{ min}$  ( $190 \text{ }^\circ\text{C} / 21,2 \text{ N}$ ). Se añadió el anhídrido maleico PE-g-MA con número CAS 9006-26-2 y valores de fluidez de  $5 \text{ g} / 10 \text{ min}$  ( $190 \text{ }^\circ\text{C} / 21,2 \text{ N}$ ). Se trata un compuesto orgánico obtenido por oxidación de benceno u otros compuestos aromáticos. Este fue suministrado por Sigma-Aldrich SA (Madrid, España). Finalmente, la pinocha se obtuvo de *Pinus Halepensis*, una especie arbórea de la región mediterránea. Como uso predominante, su madera se usa para la producción de celulosa.

El bio-HDPE y las fibras se secaron a  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  durante 48 horas para eliminar cualquier humedad residual y se introdujeron en la tolva principal de una extrusora de doble husillo co-giratorias de  $25 \text{ mm}$  de diámetro con una relación longitud / diámetro de 24. El proceso se llevó a cabo a  $20 \text{ rpm}$  con un perfil de temperaturas de  $140\text{-}145\text{-}150\text{-}155 \text{ }^\circ\text{C}$ . Los diferentes composites se extruyeron a través de una matriz redonda para producir hebras y, posteriormente, se granularon usando una unidad de cuchilla de aire. La tabla siguiente muestra las composiciones.

**Tabla 1.** Resumen de compuestos de contenido en peso (%) de bio-HDPE y polvo de piña.

Code	BioHDPE (wt.%)	Pine Cone (wt.%)	PE-g-MA (phr)
BioHDPE	100	0	0
BioHDPE/5PC	95	5	0
BioHDPE/5PC /PE-g-MA	95	5	2
BioHDPE/10PC /PE-g-MA	90	10	2
BioHDPE/20PC /PE-g-MA	80	20	2

Posteriormente, los gránulos se inyectaron mediante un equipo Meteor 270/75 de Mateu & Solé (Barcelona, España). El perfil de temperaturas fue de  $140 \text{ }^\circ\text{C}$  en tolva,  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $155 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $160 \text{ }^\circ\text{C}$  en boquilla de inyección.

### Ensayos mecánicos

Para obtener las propiedades mecánicas se realizaron ensayos de tracción en una máquina de ensayo universal ELIB 50 de S.A.E. Ibertest (Madrid, España) utilizando muestras moldeadas por inyección de medidas  $150 \times 10 \times 4 \text{ mm}^3$ , según indica la norma ISO 527-1: 2012. Se utilizó una celda de carga de  $5 \text{ kN}$  a una velocidad de  $5 \text{ mm} / \text{min}$ . La dureza Shore se midió en un durómetro 676-D de J. Bot Instruments (Barcelona, España), utilizando la escala D, sobre muestras moldeadas por inyección de tamaño  $80 \times 10 \times 4 \text{ mm}^3$ , según ISO 868: 2003. También se estudió la tenacidad en muestras rectangulares moldeadas por inyección con dimensiones de  $80 \times 10 \times 4 \text{ mm}^3$  mediante el ensayo de impacto Charpy con péndulo  $1 \text{ J}$  de Metrotec SA (San Sebastián, España) en muestras con entalla, siguiendo las especificaciones detalladas en la norma ISO 179-1: 2010. Todas las pruebas se realizaron a temperatura ambiente, es decir,  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , y se analizaron al menos 6 muestras de cada material y promediando sus valores.

### Ensayos morfológicos

La morfología de las superficies de fractura de los compuestos obtenida de las pruebas de impacto, se observó mediante microscopía electrónica de barrido (FESEM) en un microscopio ZEISS ULTRA 55 de Oxford Instruments (Abingdon, Reino Unido). Antes

de colocar las muestras en la cámara de vacío, las muestras se pulverizaron con una aleación de oro y paladio en un modelo SC7620 de revestimiento por pulverización catódica EMITECH de Quorum Technologies, Ltd. (East Sussex, Reino Unido). Se aplicó un voltaje de aceleración de 2 kV. [2]

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Ensayos mecánicos

La caracterización mecánica de los compuestos moldeados por inyección de bio-HDPE y fibras de residuos agroforestales proporcionan información relevante en cuanto a las propiedades y las posibles aplicaciones de estos compuestos. Las propiedades mecánicas obtenidas de los ensayos realizados se muestran en la Figura 1. En particular, se pueden apreciar los valores de resistencia máxima y alargamiento hasta conseguir llegar a la rotura de los compuestos de BioHDPE con fibras de pinocha, compatibilizadas con el copolímero PE-g-MA.

Las propiedades obtenidas muestran la capacidad de resistencia que tiene cada compuesto para soportar un esfuerzo axial a tracción hasta conseguir la rotura y su elongación de las probetas de los distintos compuestos verdes de bio-HDPE con fibras naturales compatibilizadas con el copolímero PE-g-MA. Los compuestos están formados por BioHDPE virgen, BioHDPE +5% pinocha, BioHDPE + 5% pinocha + 2% PegMA, BioHDPE + 10% pinocha + 2% PegMA y BioHDPE + 20% pinocha + 2% PegMA.

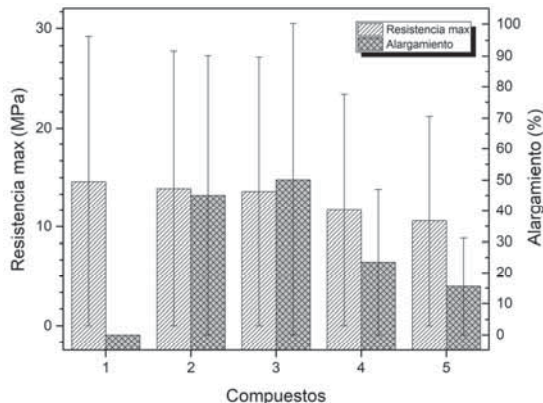


Figura 1. Resultados de ensayo a tracción.

En el gráfico anterior se observa una leve tendencia a la pérdida de alargamiento en proporción al aumento porcentual de fibras naturales de pinocha. Esto se traduce a conseguir ser menos dúctil y más rígido. Este concepto de rigidez se encuentra relacionado con la capacidad que presenta el material en absorber energía, siendo el bio-HDPE virgen el material más resistente y con mayor capacidad absorbente de energía dentro de la gama de compuestos estudiados. Cabe destacar un pico de alargamiento en el tercer compuesto. Esto es debido a la aparición porcentual de anhídrido maleico, consiguiendo una mayor relación entre la matriz y las fibras, y obtener así un comportamiento más elástico a tracción. Las muestras tienen menor capacidad de resistencia ante la fuerza ejercida a tracción. Y con esto, una pérdida de elasticidad a medida que se aumenta el % de fibras de pinocha, lo cual se observa reflejado con una tendencia ascendente del módulo de Young.



## Ensayos morfológicos

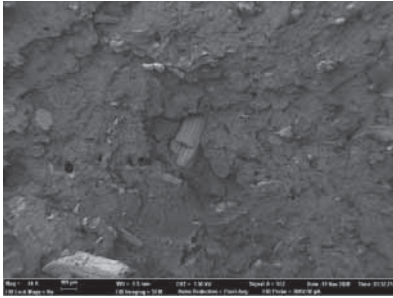


Figura 2. Resultados morfológicos.

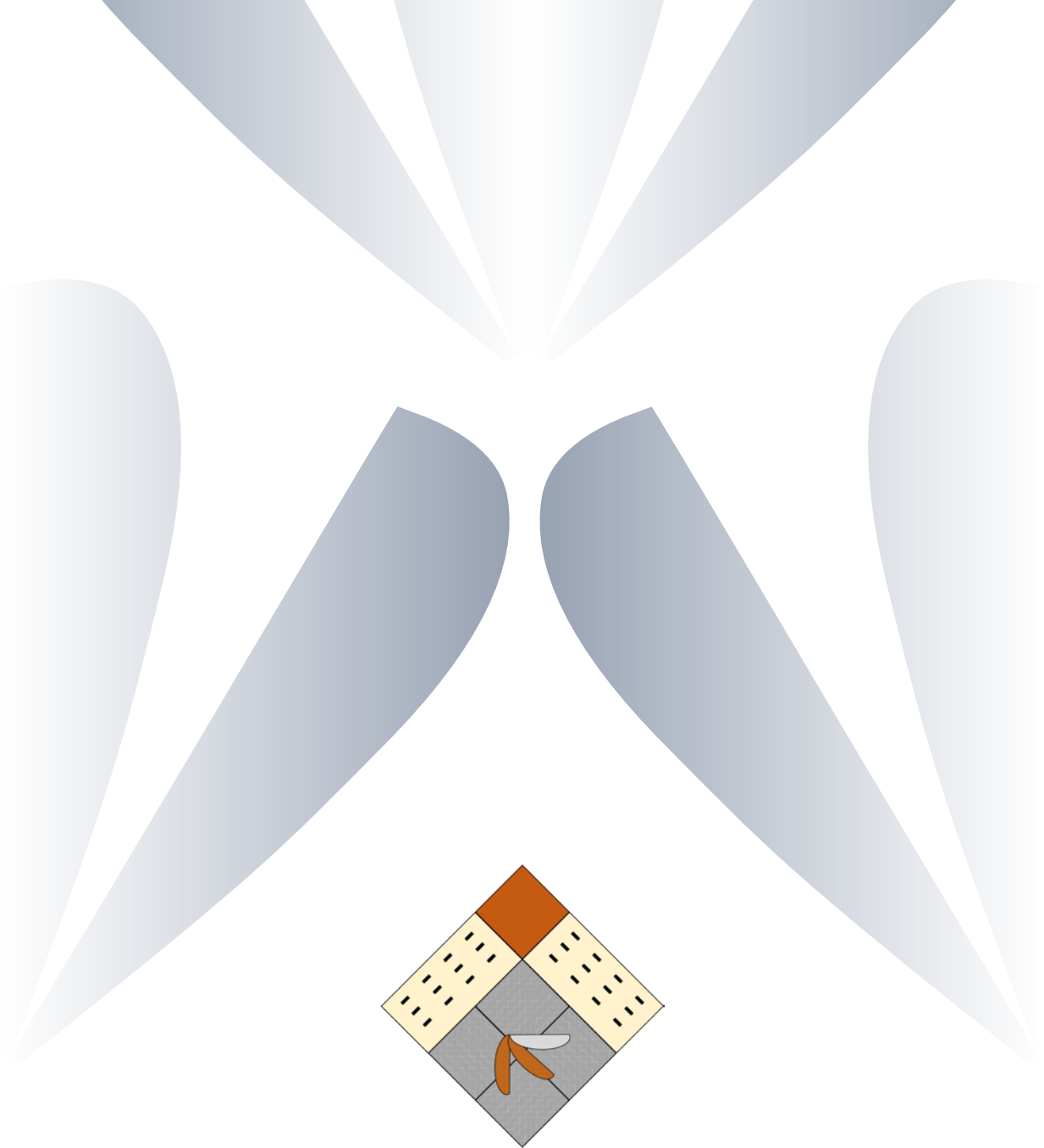
El análisis morfológico de las superficies de fractura por impacto de las muestras ensayadas a 100 aumentos, véase la Figura 2, pone de manifiesto una dispersión homogénea de partículas fibrosas. Este tipo de estructura es debido a la falta de miscibilidad entre el bio-HDPE, que actúa como fase matriz y en las fibras de pinocha que actúa como fase dispersa [3]. En varios puntos de la superficie, se pueden apreciar huecos correspondientes al arranque de las fibras durante la rotura de la muestra por impacto, justificando la disminución de propiedades mecánicas con el aumento porcentual de fibras en la muestra.

## CONCLUSIONES

Este trabajo de investigación se centra en compuestos a base de materiales amigables con el medio ambiente, de matriz polimérica bio-HDPE con fibras naturales de pinocha. Fueron fabricados mediante extrusión e inyección hasta obtener las muestras a analizar. Para mejorar la relación e interacción entre ambos materiales, se añadió un compatibilizador, concretamente el anhídrido maleico, variado su porcentaje en peso entre los distintos compuestos. Se ha comprobado que los distintos compuestos producen una disminución de resistencia y elasticidad de forma proporcional al aumento de fibras naturales. Esto queda representado en el gráfico correspondiente a la Figura 1. El material virgen difiere de los compuestos por ser más resistente a cualquier fuerza ejercida sobre él, y por ello, pérdida de propiedades mecánicas. El material pasa a ser más frágil, formando grietas y por tanto, la rotura más temprana a menores tensiones del mismo. Debido a la falta de miscibilidad entre los materiales, se consigue mejorar las propiedades dúctiles, pero no las resistentes. Esto proporciona la aparición de una estructura bifásica, siendo el bio-HDPE la fase matriz y las fibras la fase dispersa.

## REFERENCIAS

- [1] Liminana, P., Quiles-Carrillo, L., Boronat, T., Balart, R., & Montanes, N. (2018). "The effect of varying almond shell flour (ASF) loading in composites with poly(butylene succinate (PBS) matrix compatibilized with maleinized linseed oil (MLO)". *Materials*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/ma11112179>
- [2] Marset, D., Dolza, C., Boronat, T., Montanes, N., Balart, R., Sanchez-Nacher, L., & Quiles-Carrillo, L. (2020). "Injection-Molded parts of partially biobased polyamide 610 and biobased halloysite nanotubes". *Polymers*, 12(7), 1–15. <https://doi.org/10.3390/polym12071503>
- [3] Quiles-Carrillo, L., Montanes, N., Garcia-Garcia, D., Carbonell-Verdu, A., Balart, R., & Torres-Giner, S. (2018). "Effect of different compatibilizers on injection-molded green composite pieces based on polylactide filled with almond shell flour". *Composites Part B: Engineering*, 147(February), 76–85. [tps://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.04.017](https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.04.017)



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI