

CAPÍTULO 17

BIOPOLÍMEROS FÚNGICOS: REVALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE CARTÓN Y PAPEL CON APLICACIONES CONSTRUCTIVAS EN EL MARCO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

Fernández, Natalia¹; Gaggino, Rosana²; Kreiker, Jerónimo³; Positieri, Maria Josefina⁴

¹Centro Experimental de la Vivienda Económica, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina, Igualdad 3585, Argentina, nfernandez@ceve.org.ar

² Centro Experimental de la Vivienda Económica, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina, Igualdad 3585, Argentina, rgaggino@ceve.org.ar

³ Centro Experimental de la Vivienda Económica, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina, Igualdad 3585, Argentina, jkreiker@ceve.org.ar

⁴ Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Materiales y Calidad, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, Maestro Marcelo López esq, Cruz Roja, Argentina, mpositieri@gmail.com

RESUMEN: Ante el inminente agotamiento de recursos fósiles provocado por el ritmo de consumo que conlleva el modelo actual predominante, basado en la economía lineal, es necesario generar alternativas para los materiales utilizados en la construcción derivados del petróleo. Además, la creciente contaminación ambiental coloca en agenda el reciclaje de residuos. Una de las posibilidades para reemplazar los materiales plásticos son los biopolímeros fúngicos obtenidos mediante el cultivo de micelio de hongos. Un recurso abundante en Argentina son los residuos lignocelulósicos, entre los que se encuentran aquellos provenientes de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) como así también los producidos por la agroindustria. Entre los primeros, los desechos orgánicos y los de cartón y papel representan un 49% y un 14% de la composición total de residuos, que habitualmente son quemados o terminan en rellenos sanitarios sin considerar que podrían ser revalorizados en diferentes procesos productivos. En este trabajo se propone reciclar la lignocelulosa para el cultivo de materiales fúngicos a partir de la cepa *Ganoderma lucidum*, que una vez deshidratado conforma un material compuesto. Se evalúa el desempeño de residuos de cartón y de poda urbana como sustrato en el crecimiento del micelio para la determinación de propiedades físicas de caracterización en comparación con aislantes comerciales. Los métodos de producción que se utilizan pueden contribuir a reducir el consumo de materias primas vírgenes y aumentar la reutilización de recursos, en concordancia con los postulados de la Economía Circular, reemplazando el paradigma de extraer materiales por el de cultivarlos.

ABSTRACT: In view of the imminent depletion of fossil resources caused by the consumption rate of the current predominant model, based on the linear economy, it is necessary to generate alternatives for the materials used in construction derived from petroleum. In addition, the growing environmental pollution places the recycling of waste in agenda. One of the possibilities to replace plastic materials are fungal biopolymers obtained through the cultivation of fungal mycelium. An abundant resource in Argentina is lignocellulosic waste, among which are those from Urban Solid

Waste (USW) as well as those produced by agro-industry. Among the former, organic waste and cardboard and paper waste represent 49% and 14% of the total waste composition, which are usually burned or end up in landfills without considering that they could be revalued in different productive processes. This work proposes the recycling of lignocellulose for the cultivation of fungal materials from the *Ganoderma lucidum* strain, which once dehydrated forms a composite material. The performance of cardboard and urban pruning waste as a substrate for mycelial growth is evaluated for the determination of physical characterization properties in comparison with commercial insulators. The production methods used can contribute to reduce the consumption of virgin raw materials and increase the reuse of resources, in accordance with the postulates of the Circular Economy, replacing the paradigm of extracting materials by growing them.

PALABRAS CLAVE/KEYWORDS: Residuos de cartón y papel; Biopolímeros; Economía Circular; Micelio, Construcción; Cardboard and paper waste; Biopolymers; Circular Economy; Mycelium, Building.

1. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos en el último siglo han generado un costo ambiental muy alto para la sociedad y la naturaleza, provocando que esta última esté llegando al límite de su capacidad de abastecimiento regular de recursos renovables y de absorber los desechos resultantes del consumo de la sociedad (Sotelo *et al.*, 2013). En este sentido, el Banco Mundial advierte que la generación de residuos urbanos se ubica, a nivel global, en 1,3 billones de toneladas anuales, proyectándose un crecimiento para el año 2025 a 2,2 billones. Esto representa un aumento significativo en las tasas de generación globales que se elevarían de 1,2 kg/cápita/día a 1,42 kg/cápita/día. América Latina y el Caribe registran una generación de residuos sólidos urbanos (RSU) de 160 millones de toneladas, con valores que oscilan entre 0,1 y 14 kg/cápita/día, con una cifra promedio de 1,1 kg/cápita/día. Para el año 2025 se proyecta un aumento de la población de 399 a 466 millones de habitantes en la región, con el consiguiente aumento de RSU que ascendería a 728.392 t/día, elevando el promedio de generación a 1,6 kg/cápita/día (Hoornweg *et al.*, 2012).

Los residuos sólidos urbanos comprenden la totalidad de desechos generados de manera domiciliaria. Entre ellos, un gran volumen se caracteriza por contener lignocelulosa en su composición. En suma, los restos orgánicos junto con los de papel y cartón, en promedio representan el 63% de la composición total de residuos en Argentina, en el que los recicladores informales cumplen un rol fundamental en el proceso de separación. Además, también las actividades agrícolas producen residuos lignocelulósicos, que suman, según la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 107 millones de toneladas anuales (Gallino *et al.*, 2015).

La naturaleza es cíclica. Los residuos de un proceso son insumos de otro. Son procesos metabólicos que implican tiempo, pero que pueden ser acelerados por la acción humana. Realizar el circuito de retorno de los materiales es el oficio de quienes separan los residuos sólidos. La actividad de recuperar residuos de los desechos surge en nuestro país a fines del siglo XIX, como una práctica de cirujeo, llevada a cabo por personas y familias que vivían alrededor de los primeros vaciaderos municipales. Con el correr de los años la actividad de recuperación informal se fue modificando, acompañada de cambios en la gestión de residuos sólidos urbanos, configurando lo que algunos autores consideran un nuevo sujeto social: el cartonero

o recuperador urbano (Schettini, 2017).

Cuando se habla de productos de papel y cartón, hay que diferenciar la producción de celulosa de la producción de papel. La celulosa es la fibra que se utiliza como materia prima para hacer papel y puede ser de origen forestal o vegetal. En Argentina se consumen anualmente 2.500.000 toneladas de productos de papel (promedio del año 2015). La producción argentina de papel no alcanza para cubrir el consumo. Por lo tanto, todos los años se importan aproximadamente 819.000 toneladas y se exportan 165.000 toneladas de otros papeles (Asociación de fabricantes de celulosa y papel, 2016). Según la Federación Argentina de Cartoneros, Carreros y Recicladores - UTEP, en Argentina alrededor de 200.000 recicladores recuperan 10.000 Tn de residuos diariamente (Lazarte, 2017).

Por otro lado, una alternativa que se está desarrollando en las últimas décadas, es el desarrollo de materiales constructivos a base de reutilización de residuos orgánicos (Valero *et al.*, 2013; Moreno Guzmán, 2018), como lo es el caso de materiales obtenidos por bio-fabricación con micelio de hongos filamentosos (Elsacker *et al.*, 2020). Los hongos forman una red de células filamentosas denominadas hifas que en conjunto se denomina micelio, el cual se desarrolla sobre los sustratos de los que se alimenta y degrada. En este sentido, los materiales bio-basados creados mediante el cultivo de microorganismos fúngicos que forman micelio como aglomerante pueden constituir una alternativa superadora de los plásticos utilizados en aislantes térmicos y embalajes.

En este proceso los flujos de residuos orgánicos, se valorizan, mientras que el material biodegradable se crea al final de su ciclo de vida; un proceso que encaja con el espíritu de la economía circular. La Economía Ecológica (EE) pone la atención en el crecimiento del ingreso de materiales y en el consumo de energía, a la vez que se interesa por la salida de residuos (Martínez Alier, 2008) y surge como crítica al modelo económico clásico y neoclásico. Bajo los postulados teóricos de esta disciplina se han desarrollado estudios que tienen por finalidad “medir” en términos biofísicos la apropiación que la humanidad realiza de la materia y la energía (Gareis *et al.*, 2016). Sustentado en los principios de la EE surge el concepto de Economía Circular (EC), en el que la economía es visualizada desde la circularidad, con el objetivo de reducir el consumo de materias primas vírgenes y aumentar la reutilización de recursos. Al respecto, “Una economía circular es un sistema industrial restaurado o regenerativo por intención y por diseño”. El concepto de economía circular se apoya en los

fundamentos de la escuela ecologista, y propone un cambio hacia el paradigma “reducir, reutilizar y reciclar” por una transformación más profunda y duradera, que permita disminuir el impacto causado por las actividades humanas sobre el medio ambiente. Este modelo otorga al residuo un papel dominante y se sustenta en la reutilización inteligente del desperdicio, sea este de naturaleza orgánica o de origen tecnológico, en un modelo cíclico que imita a la naturaleza y se conecta con ella. Bajo este enfoque, el residuo pierde su condición de tal y se convierte en la materia prima “alimentaria” de los ciclos naturales o se transforma para formar parte de nuevos productos tecnológicos, con un mínimo gasto energético (Lett, 2014).

Se presenta un procedimiento de cultivo de micelio a partir del reciclaje de restos de poda, cartón y papel triturados para la obtención de biopolímeros fúngicos. Las propiedades finales están en estrecha relación con la cepa de hongo utilizada, de la cual dependerá el desempeño de las hifas al degradar los sustratos mediante enzimas selectivas, de la granulometría de los residuos y de la compactación en el moldeo. Estas cualidades permitirían identificar qué residuo local es adecuado al medio en el cual se realiza el proceso de bio-fabricación para reducir la huella de carbono producida por el transporte de materias primas. En definitiva, se propone un material sustituto de los aislantes plásticos constructivos desde la mirada de la EC., a partir de la analogía del rol de los hongos en los ecosistemas como grandes recicladores de la biomasa vegetal presente en la naturaleza.

2. METODOLOGÍA

2.1 Materiales y métodos

Se realizó una investigación exploratoria para el cultivo de muestras del material orgánico para ser utilizado como aislante en el desarrollo de un panel multicapa. Para la obtención del biomaterial, se inocularon en recipientes cilíndricos de plástico acrílico de 5 cm de alto por 6 cm de diámetro 12 muestras para las 4 formulaciones M0, M1, M2 y M3 (ver Tabla 1) por triplicado. Se colocó papel de aluminio en la superficie con agujeros y cinta microporosa para facilitar el intercambio gaseoso. Se utilizó el hongo filamentoso *Ganoderma Lucidum* (ver Figura 1), utilizando la cepa canadiense E47 descrita por (Curtis) P. Karst., ya que su capacidad lignocelulolítica hace que sea posible cultivarlo en desechos de la industria maderera tales como el aserrín y los chips (Kuhar *et al.*, 2011), similares a los residuos utilizados

en esta investigación.

Se utilizó como sustrato patrón chips de poda de maderas mixtas provenientes del arbolado urbano en forma de fibras de un tamaño entre 0-5 mm producidas por una cooperativa de trabajo local (Proyecto Hormiga). Se incorporó en diferentes proporciones residuos de cartón triturado en molino de un tamaño de 0-10 mm para verificar la factibilidad de este residuo como fuente de carbono del hongo y la biotransformación más eficiente para las diferentes mezclas. Ambos sustratos (ver Figura 2) se sometieron a tratamiento térmico en autoclave a 126° durante 15 minutos. Se dejó incubar las 12 probetas por un período de 15 a 21 días a 25° C y con humedad constante del 80%. Se evaluó el desempeño de las diferentes mezclas según el tiempo que el micelio tardó en colonizar por completo los recipientes hasta lograr el aspecto de la Figura 3. Una vez culminado el proceso de incubación se secaron las muestras en estufa a una temperatura de 80° hasta retirar por completo la humedad. Se midieron las densidades antes y después del secado. Para el cálculo de la densidad de las probetas obtenidas, se realizó una medición geométrica y un masado (ecuaciones 1 y 2). Las variables se midieron; Volumen (V) en cm³, distancia (d) en cm, masa (m) en g y densidad (ρ) en Kg/m³. Para el cálculo de Contracción por secado (CPS) se utilizaron las siguientes ecuaciones y variables; Volumen inicial (Vi) es el volumen de la probeta obtenido luego del incubado; Volumen final (Vf) es el volumen de la probeta luego de ser secado en estufa. Se determinó la diferencia de volúmenes (ecuación 3) y, por último, se calculó su relación porcentual con el volumen inicial (ecuación 4).

$$\text{Volumen (V)} = \pi \cdot h \cdot r^2 \quad (1)$$

$$\text{Densidad } (\rho) = m / V \quad (2)$$

$$\text{Diferencia (V)} = V_i - V_f \quad (3)$$

$$\text{CPS (\%)} = (V / V_i) \cdot 100 \quad (4)$$

Finalmente se realizó un primer prototipo del material con dimensiones de 0,30 x 0,30 x 0,05 m utilizando un molde de madera, aluminio y vidrio (ver Figura 4), luego se cultivaron por duplicado las 4 formulaciones mencionadas en este trabajo inicial para realizar el ensayo para la determinación de la conductividad térmica en una etapa posterior.

2.2. Figuras y tablas

Tabla 1. Formulación de las muestras en porcentaje de componentes

Denominación	Restos de poda urbana (%)	Residuos de Papel y cartón (%)	Inóculo E47 (%)
M0	90%	0%	10%
M1	60%	30%	10%
M2	30%	60%	10%
M3	0%	90%	10%

Tabla 2. Masa, volumen, densidades y % de contracción por secado obtenidas

Denominación	Masa obtenida antes del secado (g)	Masa obtenida después del secado (g)	V / cm ³ antes del secado	V / cm ³ después del secado	Densidad obtenida δ m/V (g/cm ³)	CPS[%]
M0	30,0	22,1	141,3	81,95	0,27	30%
M1	30,9	19,8	141,3	89,01	0,22	37%
M2	30,0	19,5	141,3	91,84	0,21	35%
M3	30,2	17,4	141,3	98,91	0,17	30%

Figura 1. Foto del fruto del hongo filamentososo *Ganoderma lucidum*



Figura 2. a. Poda urbana: mulch triturado en chipeadora en forma de fibras de un tamaño entre 10-30 mm de longitud /**b.** Cartón: Se tritura en molino de 4,5 hp hasta lograr partículas de tamaño entre 0-10 mm



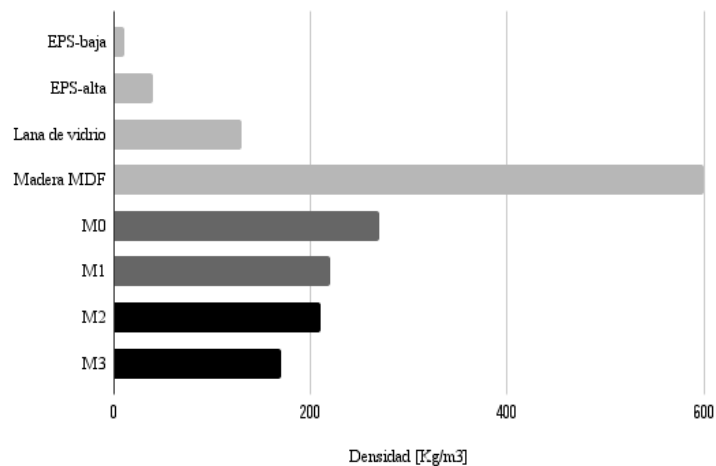
Figura 3. Muestra de micelio obtenida a partir de residuos de cartón y papel (M3)



Figura 4. Prototipo de panel de micelio deshidratado



Figura 5. Comparación del biopolímero fúngico con densidad de productos aislantes comerciales



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación al cultivo de las muestras, las formulaciones que obtuvieron mejor desempeño fueron las denominadas M2 y M3, logrando un tiempo de colonización completa en 15 días sin aparición de contaminaciones. Las demás formulaciones alcanzaron un avance del micelio sobre los sustratos posteriormente a los 15 días propuestos para este ensayo. Las muestras M0, demostraron un crecimiento rápido

del micelio los primeros 5 días de incubación, pero luego desarrollaron contaminaciones en un 66% de los casos (2 de 3). Esto sugiere que los chips necesitan utilizarse en un tiempo breve luego de la poda urbana, o bien realizar una esterilización química como pretratamiento, ya que al permanecer las ramas de poda acopiadas durante algún tiempo comienzan un proceso de compostaje que favorece otras formas de vida que compiten con el micelio del hongo seleccionado. Las muestras M1 presentaron un crecimiento más lento en comparación con el resto de formulaciones, pero lograron buenos resultados a los 21 días.

Por otro lado, si bien las muestras evidencian diferencias en el tiempo de avance completo del micelio (entre 15 y 21 días), con el tratamiento adecuado todos los sustratos pueden ser digeridos por la cepa E47 de *Ganoderma Lúcidum*. Por ende, las formulaciones propuestas en este trabajo son válidas para la producción de biomateriales con medios alternativos a los residuos agrícolas utilizados en estudios anteriores en donde se utilizaron cáscara de arroz y semilla de trigo (Arifin *et al.*, 2013) o residuos de fibras de lino, cáñamo, viruta de pino y paja (Elsacker *et al.*, 2019).

Se obtuvo un primer prototipo con M3 de biopolímero fúngico para utilizar como material aislante en forma de placa con las siguientes dimensiones: 0,30 x 0,30 x 0,05 m, a partir del residuo cartón y papel, sin uso de aditivos. Este panel se bio-fabricó con una cantidad mucho mayor de sustrato para el molde confeccionado (3 kg en total la suma de los componentes), lo cual extendió el tiempo de colonización a 30 días aplicando las mismas condiciones ambientales en la incubadora. Se observó que la utilización de vidrio para las tapas de los moldes es beneficiosa para identificar contaminaciones de otros microorganismos en etapas tempranas, y además colabora generando condensación en la superficie interna y con ello el mantenimiento de la humedad del sustrato, lo cual resulta favorable para evitar que el crecimiento del micelio se presente de manera heterogénea.

En cuanto a las propiedades físicas, para el análisis de la densidad de este nuevo material, se lo comparó con el material *Telpor* (marca comercial), el cual es un plástico poroso fabricado a base de poliestireno expandido (EPS según sus siglas en inglés). El EPS es hasta el presente un material muy utilizado por su excelente aislación térmica, liviandad, durabilidad y bajo costo. Se utiliza principalmente para placas constructivas y para embalajes de alimentos, además de otras aplicaciones. Sin embargo, su forma de producción es cuestionable porque usa recursos naturales no renovables, y emite gran cantidad de clorofluorocarbonos (CFC) a la atmósfera,

con alta huella ecológica. Se encuentra en el mercado en versiones de planchas y bloques con densidades aparentes nominales de; 10, 15, 20, 25, 30 y 40 Kg/m³, ordenadas de baja a alta densidad (Telpor, sf.) Las densidades finales de todas las formulaciones probadas y obtenidas en este trabajo de investigación han sido menores a 270 Kg/m³ (Figura 5). Esta densidad es de un orden de magnitud mayor que los EPS-alta densidad por lo cual se esperaría que sea menor su capacidad de aislación térmica y mayor resistencia mecánica, presentando una ventaja considerable ya que este material es biodegradable y no tiene las desventajas para el ambiente que presenta el poliestireno expandido. Por otro lado, las densidades obtenidas del micelio basado en cartón, son similares a las de la lana de vidrio, que presenta la desventaja de ser un material derivado del petróleo, y altamente inflamable sin el uso de aditivos ignífugos.

En cuanto a la contracción por secado, las probetas pierden entre un 30 y un 42% de su volumen, siendo mayor la pérdida de volumen para las formulaciones con mayor porcentaje de restos de poda. Esta característica debe ser tenida en cuenta para el diseño de componentes constructivos y su respectiva moldería. Queda pendiente, la determinación de las propiedades térmicas, etapa próxima para la cual se cultivaron las 4 formulaciones por duplicado según norma de la placa prototipo con el fin de determinar si la conductividad térmica es variable según las formulaciones de residuos y las diferentes formas y granulometrías de los sustratos.

4. CONCLUSIONES

Los residuos de cartón y papel, tanto aquellos que no pueden ser reciclados para la venta desde municipios u organizaciones por no encontrarse en buen estado, como así también los que ya tienen una valorización para reciclaje, pueden resultar una materia prima adecuada para el crecimiento del micelio. También se concluye que con estos materiales bio-basados se pueden fabricar placas que de forma preliminar se puede afirmar que son resistentes, livianas y de buena aislación térmica.

En comparación con otros elementos constructivos tradicionales que cumplen una función similar, los biopolímeros fúngicos a partir de las formulaciones estudiadas presentan densidades cercanas a las densidades comerciales de lana de vidrio, mientras resultan entre 5 y 20 veces mayor al EPS comercial de baja y alta densidad.

Actualmente, se están realizando los ensayos según normas para determinar

las propiedades mecánicas de resistencia a la flexión, resistencia a la compresión, conductividad térmica y resistencia al fuego.

Desde la mirada de la EC, se cumplen los postulados de reciclar residuos para conformar materias primas, como así también la premisa de desarrollar materiales que se incorporen a la tierra mediante un corto proceso de compostaje. No obstante, el proceso requiere el control de los parámetros de asepsia, temperatura y humedad para el desarrollo fúngico. Esto conlleva un proceso de alta intensidad energética para lograr un escalamiento en la producción, lo cual es un aspecto negativo que debe ser analizado mediante un Análisis de Ciclo de Vida y eventualmente mejorado.

En concordancia con los postulados de la EC, el proceso reduce el consumo energético necesario para la producción de materiales convencionales, provenientes de residuos fósiles. Una línea de investigación para mejorar el proceso de obtención de materiales fúngicos, puede ser la aplicación de energías renovables para el pretratamiento necesario de los residuos orgánicos para ser utilizados como sustrato, como así también para el mantenimiento de los parámetros que requiere el desarrollo de biopolímeros fúngicos.

REFERENCIAS

- Arifin, Y. H. & Yusuf, Y. (2013). Mycelium Fibers as New Resource For Environmental Sustainability. *Procedia Engineering*, 53, 504–508. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.02.065>
- Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel. (2016). Sobre la fabricación del papel. Obtenido desde: <http://proyungas.org.ar/wp-content/uploads/2017/03/brochure-afcp-sobre-la-fabricacion-de-papel-1.pdf>
- Elsacker, E., Vandelook, S., Brancart, J., Peeters, E. & De Laet, L. (2019). Mechanical, physical and chemical characterisation of mycelium-based composites with different types of lignocellulosic substrates. *PLoS ONE* 14(7): e0213954. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213954>
- Elsacker, E., Vandelook, S., Van Wylick, A., Ruytinx, J., De Laet, L., & Peeters, E. (2020). A comprehensive framework for the production of mycelium-based lignocellulosic composites. *Science of The Total Environment*, 725, 138431.
- Gallino, A., Castro, A.B., Bernaus, M. & Gaioli, F. (2015). Estudio de Potencial de Mitigación. Biomasa y Biocombustibles de 2° y 3° generación Volumen 1 – Energía. *Informe de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Argentina*. Obtenido desde: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/4.-biocombustible-y-biomasa.pdf>
- Gareis, M. C., González Insúa, M. & Ferraro, R. F. (2016). Incidencia de los recuperadores en las subhuellas de RSU y papel y cartón. El caso de Mar del Plata, Argentina. *Revista de Geografía N° 19 p. 63-77*. ISSN 1853-4392
- Hoornweg D. & Bhada-Tata, P. (2012). What a waste. A Global Review of Solid Waste Management. *Urban Development Series – Knowledge Papers. World Bank document No. 15*. Obtenido desde: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>
- Kuhar, F. et al. (2011). Madera de Pino y Álamo como Sustrato para la Producción de Ganoderma Lucidum. *Revista Huayllu-Bios. N° 5. 67–68*.
- Lazarte, J. (2017) “Nuestra central: La CTEP” Modelo sindical argentino y la emergencia de nuevas organizaciones de trabajadores informales a partir del estudio de la Federación Argentina de Cartoneros, Carreros y Recicladores. *Tesis Lic. En Sociología, Universidad de La Plata, Argentina*. Obtenido desde: <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/library?a=d&c=tesis&d=Jte1398>
- Lett, L. A. (2014). Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular. *Revista Argentina de Microbiología* 46, 1–2. [https://doi.org/10.1016/S0325-7541\(14\)70039-2](https://doi.org/10.1016/S0325-7541(14)70039-2)
- Martínez Alier, J. (1992). De la economía ecológica al ecologismo popular. *Barcelona, España. ICARIA Editorial S.A. ISBN 9788571140653*

Moreno Guzmán, J. (2018). Reutilización de residuos agrícolas para la fabricación de materiales de construcción: caracterización física y mecánica.

Sotelo, S. E. C., & Benítez, S. O. (2013). Gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(3), 7-8.

Schettini, P. (2017). Cartoneros y recuperadores urbanos de residuos como trabajadores informales organizados. Algunas reflexiones a partir de un estudio en la Ciudad de La Plata. 0–21. Obtenido desde: <http://seminariosms.fahce.unlp.edu.ar/>
Telpor (s.f.) ¿Cómo comprar EPS (telgopor)? Disponible en: <http://telpor.com.ar/comprar-eps/> Último acceso: 29 de Octubre de 2021.

Valero-Valdivieso, M. F., Ortegón, Y., & Uscategui, Y. (2013). Biopolímeros: avances y perspectivas. *Dyna*, 80(181), 171-180.