

Flujos residuales de vidrios de seguridad con polivinil butiral como externalidad ambiental. Vacíos legales para su potencial circularidad

Residual flows of safety glass with polyvinyl butyral as an environmental externality. Shortcomings of legal framework for its potential circularity

Elisabeth Ruth Herrería ⁽¹⁾, Lucía Irene Servidio ⁽²⁾, Vanina Gabriela Jurado ⁽³⁾

⁽¹⁾ Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
eherreria@unlam.edu.ar

⁽²⁾ Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
lservidio@unlam.edu.ar

⁽³⁾ Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
vjurado@alumno.unlam.edu.ar

Resumen:

Este artículo tiene como objetivo analizar el estado de situación del marco legal actual para la circularidad de los flujos residuales de polivinil (PBV) y cómo el alcance de los vacíos legales en la materia genera externalidades ambientales. En primer lugar, se examinan los vacíos legales para la circularidad de los residuos industriales no especiales (RINEs). De esta forma, se identifican las consecuencias de estos vacíos en términos de gestión sustentable de los RINEs como externalidades ambientales. En segundo lugar, se analiza cómo el marco legal actual genera que los referidos flujos residuales se dispongan de manera tal que privan al medio natural de la exergía necesaria para sostener sus ciclos. Por ende, se plantea por qué la introducción de una responsabilidad extendida del productor (REP) para la circularidad de estos flujos residuales internalizaría hasta cierto punto las externalidades ambientales de su no circularidad. Finalmente, se presentan una serie de consideraciones finales sobre los desafíos para la potencial circularidad de estos flujos residuales.

Abstract:

This article aims to analyse the current legal framework for the circularity of post-production and post-consumer PBV waste flows within the industrial sector. Furthermore, it aims to assess to what extent the scope of legal gaps generates environmental externalities. First, it examines the legal gaps for the circularity of non-hazardous industrial waste. Therefore, the main consequences of these gaps are identified in terms of environmental externalities. Secondly, it is analysed how the current legal framework generates that these waste flows are disposed in a way that deprives the natural environment of the exergy necessary to sustain its cycles. Thus, it is raised why the introduction of extended producer responsibility (EPR) would internalise at some extent the current environmental externalities of their non-circularity. Finally, a series of final considerations are presented related to the potential circularity of these waste flows.

Palabras Clave: *externalidades ambientales, marco legal de residuos industriales no especiales, residuos con polivinil butiral, vidrio laminado, potencial de circularidad*

Key Words: *environmental externalities, legal framework of non-hazardous industrial waste, waste laminated glass, polyvinyl butyral, potential circularity*

Colaboradores: *Juan Carucci, Mauro Hernán Ricardo Vidal.*

I. CONTEXTO

El presente artículo se basa en analizar las implicaciones legales de los flujos residuales en cuestión para su reinserción industrial y en evaluar la situación del marco legal para la circularidad de los referidos flujos en el marco del proyecto de investigación titulado “Validación del análisis de ciclo de vida exergético en flujos residuales de Polivinil Butiral (PVB) derivados de la industria de fabricación de vidrios de seguridad y potencialidad de economía circular” (C2-ING-131) acreditado en el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza (DIIT-UNLaM).

Asimismo, este artículo es abordado desde una visión interdisciplinaria de las ciencias sociales y jurídicas y de la ingeniería industrial, con el propósito de generar claves de análisis para una mejor comprensión de las diferentes dimensiones de la problemática en cuestión.

II. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se propone abordar desde el campo interdisciplinar de la economía ecológica (EE) las interrelaciones entre el marco legal para los residuos industriales no especiales (RINEs) y las externalidades ambientales generadas por su no circularidad, basándose en el caso de los flujos residuales de los vidrios de seguridad con polivinil butiral (PVB). A diferencia de la Economía Ambiental (EA), la EE parte de la premisa de que las externalidades ambientales no pueden ser compensadas mediante la corrección de los desequilibrios en el mercado de bienes ambientales, dada la naturaleza

entrópica en que se desarrolla el proceso económico (producción y consumo). Por lo tanto, la internalización de las externalidades ambientales no puede ser planteada como solución quimérica a los efectos negativos sobre el ambiente. En tal caso, la internalización de la afectación al medio ambiente y a los servicios ecosistémicos tan sólo viene a mitigar, en parte, dichas afectaciones. De igual manera, la circularidad de residuos y/o subproductos originados tanto en la producción como en la etapa posconsumo no se encuentra exenta de incurrir en costos exergéticos requeridos para su reutilización y/o reintroducción en el sistema productivo. Aun en el caso de que algún residuo no requiera un elevado costo exergético para su reinserción, su cualidad original se verá degradada por efecto de las transformaciones entrópicas.

De ahí que en este trabajo se escrudiña el alcance del marco legal actual para los flujos residuales con PVB, caracterizados como industriales no especiales y cómo la ausencia de mecanismos que compensen las externalidades generadas por ausencia o inadecuada gestión sostenible de estos residuos adiciona mayor entropía, al no poder de alguna manera mitigarse la irreversibilidad a la que se encuentra sujeta toda actividad de producción y consumo.

Por lo tanto, el presente trabajo contribuye a avanzar interdisciplinariamente en el entendimiento de las complejas relaciones entre la normatividad ambiental, las externalidades, y el orden cualitativo de las transformaciones entrópicas en base al caso de los flujos residuales de vidrio de seguridad con PVB.

Por otra parte, este trabajo se basa en una investigación no experimental y, por ende, fundamentado en el análisis hermenéutico mediante prueba argumentativa.

III. ANÁLISIS DEL MARCO LEGAL DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES NO ESPECIALES Y SUS CONSECUENCIAS PARA SU POTENCIAL CIRCULARIDAD

III. I. IDENTIFICACIÓN DE VACÍOS LEGALES PARA LA CIRCULARIDAD DE LOS RINEs

Los vacíos legales tienen su punto de partida en la actual clasificación de los residuos. Según la Legislación Nacional, los residuos se clasifican, en primera instancia, en urbanos, industriales, patogénicos y especiales. Dentro de los industriales, no existe una categorización que permita discriminar aquellos que están alcanzados en Ley de Residuos Industriales – Ley 25.612 (BO 29/07/2002) o que, si bien se generan en el ámbito industrial, pueden ser dispuestos como residuo industrial asimilable a urbano. Además, cabe mencionar que el Derecho Ambiental se fundamenta tanto en el principio preventivo del daño a producirse como en el principio precautorio del daño susceptible de producirse. Al respecto, el daño de acuerdo con este principio no se limita a la nocividad, sino que considera el mismo en un sentido indefinido porque no es posible conocer de antemano la potencial afectación al medioambiente. Por ende, y ante la inexistencia de una clasificación exclusiva y su correspondiente regulación, todo agente público como privado que gestione o trate residuos especiales no

industriales (RINEs) tiende inexorablemente a ocasionar daños que afectan al medio ambiente y a los servicios ecosistémicos, sin repararlos o indemnizar por ellos. No obstante, si bien existen en algunas áreas del país, como en la Provincia de Buenos Aires mecanismos de gestión para los RINEs, estos no se encuadran dentro del marco de una responsabilidad legal tanto para quienes los producen como para quienes los gestionan.

Por otro lado, al momento de establecer normativas sobre el tema, debe tenerse en cuenta las consideraciones mencionadas por Ignatenko et al. [1], quienes analizan la eficiencia de los procesos de recuperación de materiales de desecho industriales y la normativa europea. En su estudio, se basan en las exigencias de la Unión Europea (UE) en cuanto a los porcentajes de recuperación requeridos, observando que no siempre los estrictos objetivos de reciclaje resultan ser eficientes en cuanto a la carga que estos realizan sobre el medio ambiente, violando la termodinámica fundamental.

En consecuencia, al no existir una clasificación para estos residuos, no existe regulación alguna. No obstante, lo expuesto no denota que la gestión de estos no exista. De hecho, ocurre en la práctica, pero sin encuadrarse dentro del marco de una responsabilidad extendida del productor (REP).

En definitiva, estos vacíos y grises en la normativa vigente no sólo no asignan responsabilidad, sino que no permiten una clasificación adecuada de los RINEs y, por lo tanto, una vía legal y sustentable para su reciclado, reintroducción o disposición final, según corresponda. Esta situación resalta la necesidad de una legislación

adecuada dentro de una REP que enmarque la circularidad de los flujos residuales con su potencialidad, y a la vez, que garantice un mejor aprovechamiento de materia y energía, como asimismo la minimización de externalidades ambientales tales como ocupación del suelo por su disposición final e impactos ambientales por la exergía no recuperada [2].

III. II. IMPLICACIONES PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DE LOS RINEs

Habiéndose identificado los vacíos legales señalados en la sección anterior, cabe preguntarse cuáles resultan ser dichas implicaciones para la gestión sustentable de los RINEs.

En este sentido y considerando que las externalidades ambientales refieren a los impactos de las actividades de producción y de consumo sobre el medio ambiente, cuyos efectos no son incluidos ni en el costo de producción ni en el precio de bienes y servicios, la primera implicación resulta ser que estos vacíos legales se constituyen en externalidades ambientales negativas, dado por los costos sociales no compensados ni al medio ambiente ni a los servicios ecosistémicos. Por ende, las externalidades ambientales son generadas por la inexistencia de obligaciones legales de minimización, reducción en origen, recuperación y valorización de este tipo de residuos por parte de los generadores de RINEs.

Si bien los RINEs presentan una heterogeneidad en cuanto a su composición (orgánicos, inorgánicos e inertes), pueden ser al menos susceptibles de gestionarse sustentablemente mediante prácticas que minimicen

principalmente su generación, a fin de compensar los costos sociales de disponerlos en el ambiente, tanto de manera formal en rellenos sanitarios como de manera informal en basurales a cielo abierto, dependiendo del nivel de formalidad del sector productivo generador de RINEs.

Por lo tanto, es esperable que a mayor nivel de informalidad del sector, como por ejemplo calzado, textiles y plásticos a nivel local, los RINEs sean dispuestos en basurales a cielo abierto, por lo cual los costos sociales no compensados al ambiente y a los servicios ecosistémicos resultarían más significativos en términos de potencial degradación.

Ahora bien, e independientemente del grado de formalización de la disposición final de los RINEs, es plausible considerar que las externalidades ambientales negativas, originadas por la inexistencia de obligaciones legales para gestionar sustentablemente los RINEs, generen costos marginales crecientes de los daños ambientales a los servicios ecosistémicos. Por ende y en contraposición a la muy controversial valoración económica de los mismos, debatida por Absen y Termansen [3], Chee [4], Gowdy y Erickson, [5] y Norgaard [6], el costo del daño ambiental causado por una unidad de RINEs no gestionada sustentablemente aumenta progresivamente. Consecuentemente, el costo de este daño resultará ser una función creciente con efectos acumulativos no lineales de degradación ambiental de los servicios ecosistémicos.

La segunda implicación y asociada a la anterior, resulta ser que estos vacíos legales aumentan la entropía de por

sí, originada en los flujos de salida de diversos procesos productivos. Así pues, la existencia de estas externalidades ambientales, causadas por los vacíos legales existentes, genera en alto nivel de entropía. Por lo cual, a mayor ausencia de obligaciones legales para una gestión sustentable de los RINEs, mayor resulta ser el gradiente de degradación entrópica y menor posibilidad de alejarse de la entropía. Si bien como destacan Ignatenko et al. [1] no todos los procesos de recuperación de materiales para su re inserción productiva resultan ser eficientes en cuanto a la carga que estos realizan sobre el medio ambiente, la búsqueda de obligaciones legales que al menos contrarresten la entropía generada por una gestión no sustentable de RINEs aumentaría la probabilidad de mitigar ciertos efectos acumulativos no lineales de degradación ambiental. Aun cuando no es posible prescindir de la tendencia hacia la entropía, la carencia de un marco legal orientado hacia una menor degradación entrópica seguirá generando externalidades ambientales con sus progresivos costos sociales no compensados al ambiente. Así pues, las obligaciones legales estarían dirigidas a replantear la gestión sustentable de los RINEs en términos de menor desorden termodinámico y reconociendo el orden unidireccional de las transformaciones entrópicas.

IV. LA NO CIRCULARIDAD DE LOS FLUJOS RESIDUALES DE VIDRIOS DE SEGURIDAD CON PVB COMO EXTERNALIDADES AMBIENTALES

Para ilustrar cómo los vacíos legales asociados a los RINEs generan externalidades y aumentan el nivel de entropía, se presenta en esta sección el caso de estudio de los flujos residuales de vidrios de seguridad con PVB, tanto originados como *scrap* de producción como en la etapa de posconsumo analizado por Carucci y Herrería [2].

IV. I. MARCO LEGAL Y GENERACIÓN DE EXTERNALIDADES

Los flujos residuales de vidrios de seguridad con PVB provienen de dos fuentes: como rezagos y *scrap* de producción, y al final de la vida útil de productos que los contienen, en la etapa de posconsumo. El PVB es ampliamente utilizado en la fabricación de vidrios laminados, tanto para la industria automotriz como para la arquitectura, y plantea un desafío particular debido a la dificultad de separar el vidrio del PVB durante el reciclaje [2].

Estos flujos residuales suponen un problema relevante al generar externalidades ambientales sobre el uso del suelo, ya que la ausencia de normativas claras lleva a que grandes cantidades de PVB se acumulen en establecimientos industriales o se dispongan en rellenos sanitarios Nikitakos et al., Królikowski y Guner [7], [8], [9] y en basurales a cielo abierto, tal como señalan Carucci y Herrería [2].

Asimismo, cabe señalar que la ocupación del suelo para la disposición de flujos residuales afecta a este recurso en su doble condición; como servicio ecosistémico de soporte, e intrínsecamente vinculado a la polinización,

como a la privación al medio ambiente de la exergía necesaria para sostener el ciclo natural basado en la fotosíntesis. De tal importancia resulta mediar la afectación de este recurso que, tanto en la metodología convencional del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como en la basada en el enfoque exergético (ACVx) en el uso del suelo es incorporado para evaluar el impacto ambiental en términos de externalidades negativas [10], [11], [12], [13].

Así pues, y considerando la relevancia del recurso suelo en su doble condición, la falta de normativas sobre los RINEs en cuestión no sólo aumenta la presión sobre el uso del suelo para disposición final, sino que además obstaculiza la posibilidad de su circularidad y reincorporación al ciclo productivo. Por lo tanto, los vacíos legales existentes impiden una gestión eficiente y sostenible de estos flujos residuales al no permitir una correcta caracterización y, en consecuencia, ofrecer pautas para su manejo y/o tratamiento para su potencial circularidad.

No obstante, y al margen de lo expuesto sobre el marco legal actual sobre el tema, resulta importante no perder de vista las consideraciones introducidas por Ignatenko et al. [1]. Aunque la circularidad de los materiales es deseable, no siempre resulta eficiente desde el punto de vista del uso de recursos materiales y energéticos. Los altos costos exergéticos necesarios para recuperar el PVB podrían superar los beneficios ambientales, limitando su reutilización práctica, lo que amerita un exhaustivo análisis adicional en términos de recuperación de eficiencia exergética.

Desde el punto de vista de la exergía, el ecosistema depende de una cantidad finita de energía útil para sostener los ciclos naturales. El impacto ambiental generado por las externalidades negativas asociadas a estos residuos se manifiesta cuando los residuos se acumulan *in situ* o se disponen en condiciones tanto controladas en rellenos sanitarios como no controladas en basurales a cielo abierto. Así pues, la energía en estos materiales se pierde irreversiblemente, aumentando el nivel de entropía en el sistema ambiental.

A su vez, la ocupación de suelo tal como se señaló previamente, tanto por el acopio *in situ* como por la disposición en rellenos sanitarios o en basurales a cielo abierto, implica que el ecosistema queda privado de recursos esenciales para mantener su equilibrio. En su análisis de las pérdidas exergéticas aplicadas al uso de suelo, Dewulf et al. [12] sostienen que la exergía perdida por ocupación del suelo afecta incluso al primer nivel trófico, al no disponer del flujo de energía solar necesario. Consecuentemente, los vacíos legales asociados a una gestión sostenible que contemple una REP para estos flujos residuales de RINEs genera externalidades con sus respectivos costos sociales no compensados al ambiente.

IV. II. INTERNALIZACIÓN DE EXTERNALIDADES DE LA NO CIRCULARIDAD

Como se ha demostrado en la sección anterior y analizada por Carucci y Herrería [2], la privación al ecosistema de exergía solar necesaria para sostener sus ciclos naturales se erige en la principal externalidad asociada a la no circularidad de los flujos residuales de PVB, tanto

originados en la producción como en el posconsumo. Ahora bien, resulta pertinente analizar hasta qué punto la internalización de esta externalidad por la no circularidad de estos RINEs podría ser mitigada en parte por la introducción de una gestión sostenible basada en una REP.

Si bien las externalidades ambientales son concebidas por la EE como un proceso inexorable asociado a la ley de la entropía, la búsqueda de estrategias para mitigar dicho proceso contempla la posibilidad de internalizar las externalidades. En ese proceso, y considerando el caso en cuestión, la introducción de una REP puede ser vista como un costo para los productores de vidrios de seguridad con PVB. Sin embargo, estos productores implícitamente no contemplan dentro de sus costos el impacto generado por la no circularidad de sus productos, que al terminar siendo dispuestos en rellenos sanitarios o en basurales a cielo abierto, privan al ambiente de la exergía solar necesaria para que el suelo ocupado desarrolle sus funciones de soporte, entre la cuales se encuentra la producción primaria de energía, fundamental para los ciclos naturales. Consecuentemente, los productores al no tener que cumplimentar con las obligaciones derivadas de una REP, no se responsabilizan por los costos sociales de privar a los suelos ocupados de dichas funciones. Asimismo, podría argüirse que la introducción de una REP generaría incentivos en los productores de los vidrios de seguridad con PVB para desarrollar tecnologías que disminuyan en origen el *scrap* de producción, con lo cual compensaría hasta cierto punto, y a ser evaluado en términos de recuperación de

eficiencia exergética, los costos de materia y energía que incurrirían los procesos asociados a la reintroducción de los flujos residuales del posconsumo.

Por lo pronto, la disminución en origen de los *scrap* de producción de estos vidrios de seguridad con PVB sería una forma más eficiente, en términos exergéticos, de mitigar las externalidades de este sistema de flujos residuales, dado que en la etapa de posconsumo para que exista una disminución de las externalidades en términos absolutos, debería haber también una reducción en el consumo en esos mismos términos, aspecto central que debería incorporar una REP. De igual forma, una REP no estará exenta de verse atravesada por los límites termodinámicos, como se señaló previamente. Sin embargo, esto no presupone renunciar a la construcción de una arquitectura legal mediante una adecuada clasificación de estos RINES y una REP para avanzar hacia una gestión sostenible en términos exergéticos de los diversos flujos residuales de vidrios de seguridad con PVB.

V. REFLEXIONES FINALES

En primer lugar, la no circularidad de los flujos residuales de vidrios de seguridad con PVB pone de manifiesto la necesidad de un enfoque integral en la gestión de residuos que considere tanto los aspectos legales como los costos exergéticos y ambientales.

En segundo lugar, se ha visto que la implementación de normativas más claras, junto con la promoción de tecnologías eficientes exergéticamente de reciclaje, podría reducir hasta cierto punto las externalidades

negativas asociadas a estos residuos, contribuyendo a una gestión más sostenible y al mantenimiento de los ciclos naturales del ecosistema.

En tercer lugar, y asociado a la normativa vigente, se ha demostrado que existe la necesidad de establecer aquella que permita una mejor clasificación de estos residuos industriales y que aporte directrices sobre su tratamiento, circularidad o disposición final, a pesar de los límites termodinámicos. Al respecto, conviene señalar las consideraciones realizadas por Ignatenko et al. [1] sobre la normativa de la UE en cuanto a que sería contraria a los principios termodinámicos, al exigir porcentajes de reciclaje no óptimos en términos de eficiencia de uso de recursos y costos ambientales. Así pues, resulta plausible asumir que más allá de la factibilidad tecnológica no siempre la circularidad califica como el camino óptimo en cuanto a eficiencia de uso de recursos e impacto ambiental, dado que esto implica el uso de más recursos materiales y energéticos. De ahí que surja la necesidad de encontrar un balance entre el costo asociado y el beneficio para tener en cuenta. Por ende, asumir que todo RINE puede ser susceptible de ser reintroducido en algún proceso productivo sin generar mayores costos ambientales en su recuperación, sería desdeñar el orden entrópico de los recursos materiales y energéticos. Consecuentemente, la mejor opción resultaría ser disminuir el RINE generado en origen, aún bajo un escenario legal específico y ante la existencia de una REP. Más aun, se ha observado que la potencial existencia de una REP para estos flujos residuales tan sólo disminuiría marginalmente el daño ambiental generado

por las externalidades ambientales y su afectación a los servicios ecosistémicos, principalmente al servicio de soporte del suelo.

Por último y desde el punto de vista de la filosofía del Derecho, resulta difícil que exista una regulación específica para cada posible vacío legal a resolver. Prácticamente, hay una necesidad de que existan estos vacíos. No obstante, esta premisa no quita que igualmente deba aplicarse economía procesal para que no transcurra el tiempo sin legislar sobre las externalidades ambientales generadas por la ausencia de un manejo sustentable de los RINEs y sobre las afectaciones a los servicios ecosistémicos como se ha demostrado en este trabajo.

VI. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1] O. Ignatenko, A. van Schaik, y M. A. Reuter, «Exergy as a tool for evaluation of the resource efficiency of recycling systems», *Minerals Engineering*, vol. 20, n.º 9, pp. 862-874, ago. 2007, doi: 10.1016/j.mineng.2007.03.005.
- [2] J. Carucci y E. Herrería, «Revisión metodológica del inventario del ciclo de vida exergético aplicado a la recuperación de vidrios de seguridad con polivinil butiral», *ReDDI*, vol. 10, n.º 1, pp. 1-10, 2025, doi: <https://doi.org/10.54789/reddi.10.1.1>.
- [3] D. J. Abson y M. Termansen, «Valuing Ecosystem Services in Terms of Ecological Risks and Returns», *Conservation Biology*, vol. 25, n.º 2, pp. 250-258, 2011, Accedido: 17 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/27976458>
- [4] Y. E. Chee, «An ecological perspective on the valuation of ecosystem services», *Biological*

- Conservation*, vol. 120, n.º 4, pp. 549-565, dic. 2004, doi: 10.1016/j.biocon.2004.03.028.
- [5] J. Gowdy y J. D. Erickson, «The approach of ecological economics», *Cambridge Journal of Economics*, vol. 29, n.º 2, pp. 207-222, 2005, Accedido: 17 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/23602183>
- [6] R. B. Norgaard, «Ecosystem services: From eye-opening metaphor to complexity blinder», *Ecological Economics*, vol. 69, n.º 6, pp. 1219-1227, abr. 2010, doi: 10.1016/j.ecolecon.2009.11.009.
- [7] V. Nikitakos *et al.*, «An Integrated Characterization Strategy on Board for Recycling of poly(vinyl butyral) (PVB) from Laminated Glass Wastes», *Polymers*, vol. 16, n.º 1, Art. n.º 1, ene. 2024, doi: 10.3390/polym16010010.
- [8] M. Królikowski, P. Żach, y M. Kalestyński, «Selection of Conditions in PVB Polymer Dissolution Process for Laminated Glass Recycling Applications», *Polymers*, vol. 14, n.º 23, Art. n.º 23, ene. 2022, doi: 10.3390/polym14235119.
- [9] B. Guner, Y. E. Bulbul, y N. Dilsiz, «Recycling of polyvinyl butyral from waste automotive windshield and fabrication of their electrospun fibrous materials», *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, vol. 132, p. 104136, mar. 2022, doi: 10.1016/j.jtice.2021.11.003.
- [10] E. M. Alejandre, P. M. van Bodegom, y J. B. Guinée, «Towards an optimal coverage of ecosystem services in LCA», *Journal of Cleaner Production*, vol. 231, pp. 714-722, sep. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.05.284.
- [11] E. M. Alejandre, S. G. Potts, J. B. Guinée, y P. M. van Bodegom, «Characterisation model approach for LCA to estimate land use impacts on pollinator abundance and illustrative characterisation factors», *Journal of Cleaner Production*, vol. 346, p. 131043, abr. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.131043.
- [12] Dewulf *et al.*, «Cumulative Exergy Extraction from the Natural Environment (CEENE): a comprehensive Life Cycle Impact Assessment method for resource accounting», *Environmental Science & Technology*, ene. 2007, Accedido: 10 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/31272506/Cumulative_Exergy_Extraction_from_the_Natural_Environment_CEENE_a_comprehensive_Life_Cycle_Impact_Assessment_method_for_resource_accounting

Recibido: 2025-02-20

Aprobado: 2025-11-27

Hipervínculo Permanente: <https://doi.org/10.54789/reddi.10.2.1>

Datos de edición: Vol. 10 - Nro. 2 - Art. 1

Fecha de edición: 2025-12-30

