

# Perfil Ambiental de la Biorrefinería PHENOLEXA



## El Estudio de Impacto Ambiental y el Análisis de Ciclo de Vida como ejemplo de promoción de prácticas sostenibles en proyectos.

**Autores:** Silvia Gómez Valle<sup>1</sup>; Laura Pablos López<sup>1</sup>; Esther San José Carreras<sup>1</sup>; José María Sanz Martín<sup>1</sup>; Raúl Sánchez Francés<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Tecnológico CARTIF, Av. Francisco Vallés 4, Boecillo, Valladolid, España  
Contacto autor principal: silgom@cartif.es

### La Biorrefinería PHENOLEXA

El **proyecto PHENOLEXA** ha tenido como objetivo el diseño de una tecnología de base para el desarrollo de una biorrefinería sostenible en cascada destinada a convertir residuos agrícolas en **compuestos bioactivos polifenólicos** de alto valor y **fibras funcionales**, destinados a industrias como la farmacéutica, cosmética, nutracéutica y alimentaria. El proyecto se centró en cuatro tipos de residuos: **hojas de olivo y viñedo, cáscaras de cebolla y raíces de achicoria**. Se emplearon tecnologías innovadoras de **pretratamiento**, como **ultrasonidos, campos eléctricos pulsados y pretratamientos microbianos**, junto con métodos de extracción sostenibles como los disolventes eutécticos naturales (**NADES**) y **agua subcrítica**, maximizando la preservación de los **polifenoles**, que poseen propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antiinflamatorias.

### ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EsIA):

El **Estudio de Impacto Ambiental** en el proyecto PHENOLEXA evaluó las mejores prácticas para la gestión de residuos agrícolas de cebolla, achicoria, olivo y viñedo y comparó su uso en la biorrefinería con las prácticas convencionales. El objetivo fue identificar las técnicas más efectivas y sostenibles mediante una **metodología multicriterio** adaptada de Conesa (1997), analizando variables como **atmósfera, suelo, agua, medio biótico y entorno socioeconómico**. El estudio incluyó un análisis detallado de los actores involucrados, costos, maquinaria y procedimientos, proporcionando recomendaciones para optimizar el uso de los residuos en la biorrefinería.

Se evaluaron cuatro prácticas de gestión de residuos:

**Cobertura vegetal:** mostró impactos positivos, mejorando la estructura del suelo, aunque el uso de maquinaria genera emisiones y ruido, con un impacto moderado en el aire.

**Quema en campo:** tiene impactos negativos significativos en la atmósfera debido a la emisión de CO<sub>2</sub> y metano, afectando la calidad del aire y aumentando el riesgo de incendios.

**Pelletizado:** presenta beneficios económicos, pero genera impactos ambientales negativos moderados a severos debido a las emisiones de gases de efecto invernadero durante la combustión de los pellets.

**Vertido en vertedero:** tiene impactos negativos a largo plazo en el suelo y el agua debido a la filtración de lixiviados.

### CONCLUSIONES del EsIA:

La biorrefinería PHENOLEXA es una alternativa viable para los residuos analizados; reduce el impacto ambiental, abre nuevas oportunidades económicas al convertir los residuos en recursos de alto valor, optimiza el uso de biomasa residual, maximizan su potencial con tecnologías sostenibles, y contribuye a un modelo de **economía circular**, impulsando prácticas más eficientes y respetuosas con el medio ambiente.

### ACV ex-ante: un enfoque particular en el proyecto PHENOLEXA

La metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) permite evaluar los impactos ambientales potenciales de un producto, proceso o servicio a lo largo de su ciclo de vida. Este enfoque iterativo incluye cuatro etapas según las normas ISO 14040 y 14044:

- 1 definición de objetivos y alcance → 2 inventario de ciclo de vida → 3 evaluación de impacto → 4 interpretación de resultados

El enfoque del ACV *ex-ante* se centra en los desafíos específicos de evaluar tecnologías emergentes que están en transición de la escala de laboratorio a una futura escala industrial. Su objetivo es verificar que su desarrollo contribuye a la reducción de los impactos ambientales, comparado con el estado actual de la técnica, desde una fase inicial.

**OBJETIVO:** dibujar el perfil ambiental del proceso de biorrefinería en cascada desarrollado en el proyecto.

**ALCANCE**

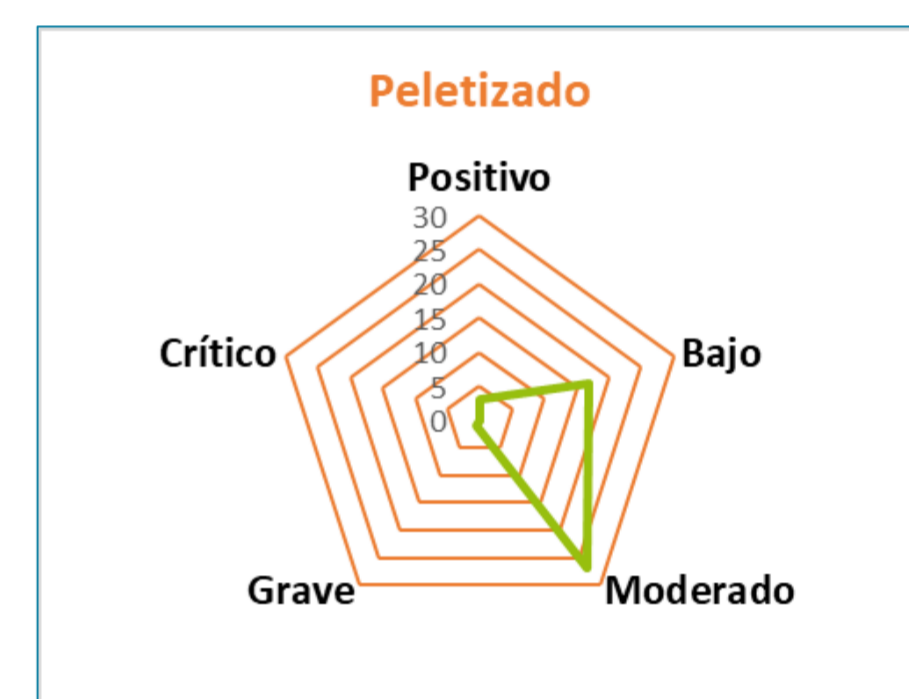
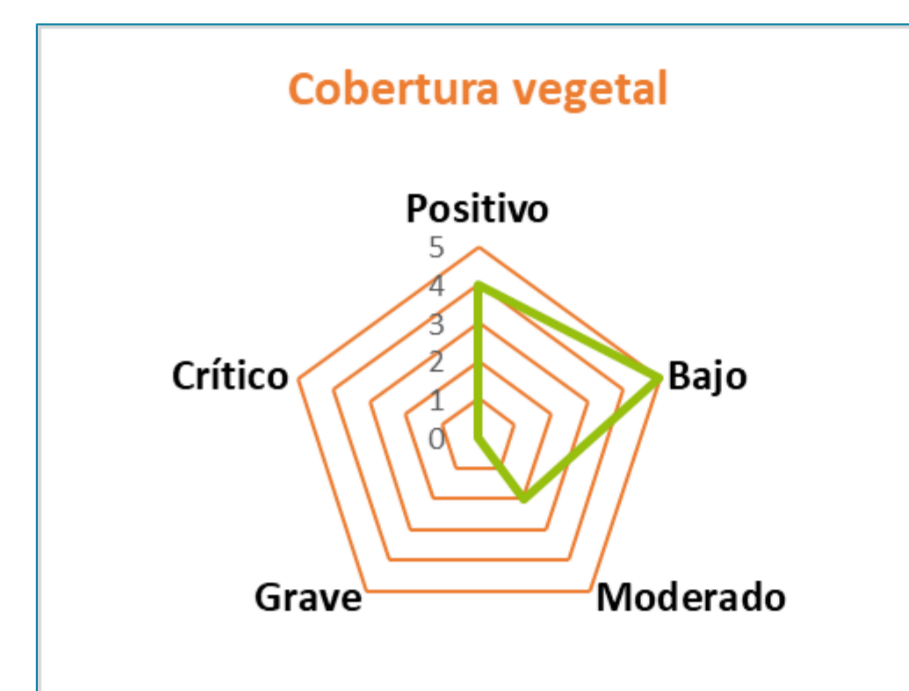
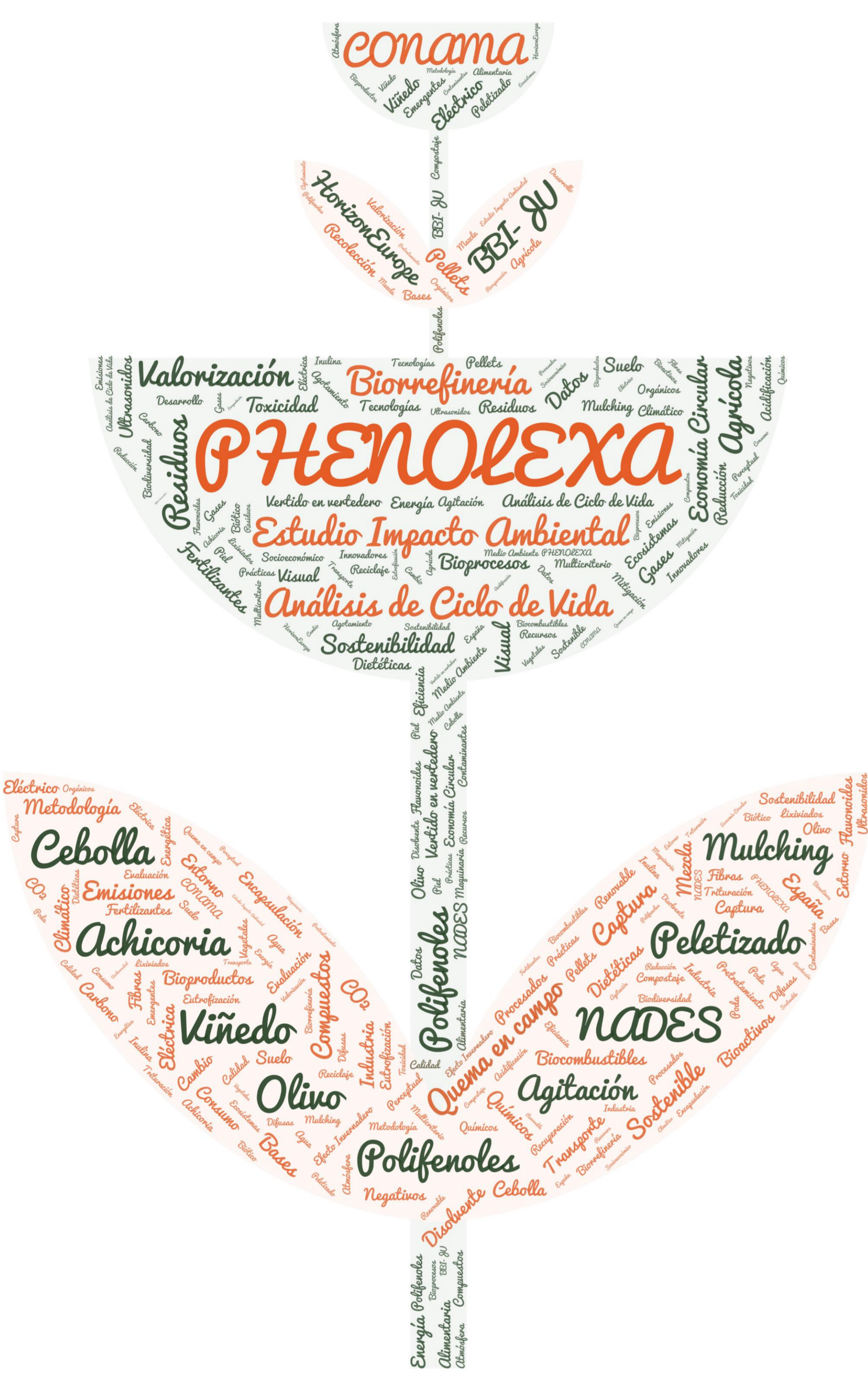
**Sistema producto:** tecnología de base para un proceso de biorrefinería en cascada que permite la extracción de compuestos polifenólicos a partir de residuos de piel de cebolla roja, utilizando un disolvente NADES (CC:GL)

**Unidad Funcional:** 1 gramo de polifenoles extraídos, expresado en mg de equivalentes de ácido gálico (mg GAE)

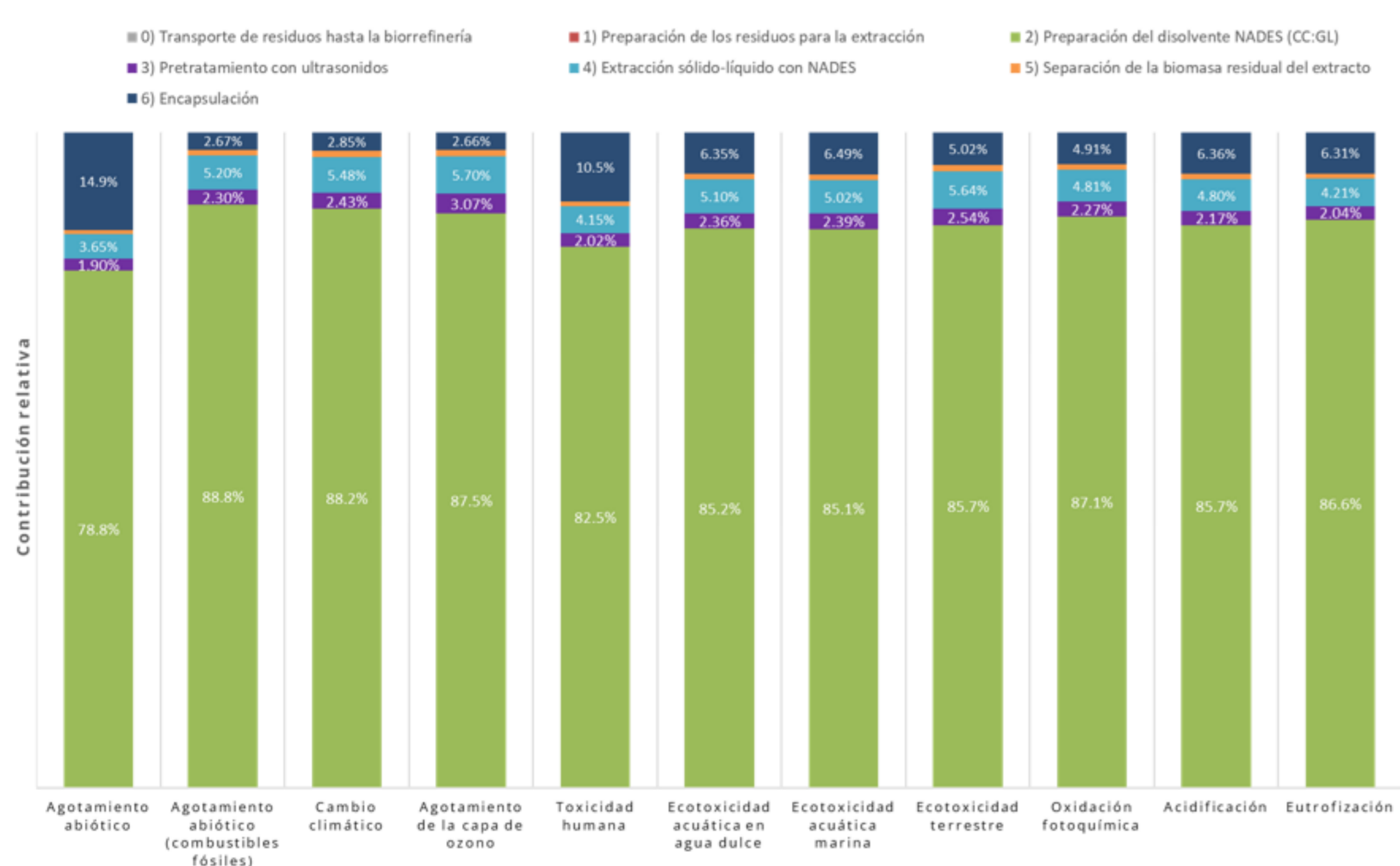
**Límites del sistema:** de la cuna a la puerta de la biorrefinería

**Metodología de evaluación:** CML-IA baseline V3.09 / EU25

**INVENTARIO de CICLO de VIDA:** formado por datos primarios de socios tecnológicos (ha incluido operaciones y procesos de extracción específicos a nivel de laboratorio) y datos secundarios de la base de datos Ecoinvent, en su versión 3, adaptados a las condiciones de España.



Gráficas de los impactos producidos por las diferentes prácticas de gestión de residuos



### EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

El proceso de **preparación del disolvente NADES** (agitación y calentamiento) es el **principal punto crítico ambiental** de la biorrefinería, con una contribución de entre el 79 % y el 87 %, según la categoría de impacto analizada. Le sigue en importancia la etapa de **encapsulación del disolvente enriquecido con polifenoles extraídos**.

### INTERPRETACIÓN

Los resultados del perfil ambiental indican que el **uso de disolventes NADES es prometedor** para extraer polifenoles de residuos agrícolas, aunque resulta fundamental **optimizar el consumo energético en su preparación para contribuir a la reducción de la huella de carbono del proceso**. Se propone, en este contexto, considerar la implementación de fuentes de energía renovable y métodos de agitación más eficientes durante su preparación..