ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE UN CULTIVO EXPERIMENTAL DE CÁÑAMO INDUSTRIAL EN VILLANUEVA DE LA VERA (EXTREMADURA)

El cáñamo industrial destaca por su elevada producción de biomasa y su potencial como materia prima renovable para diferentes cadenas de valor. Este trabajo evalúa mediante Análisis de Ciclo de Vida una parcela experimental de cáñamo cultivada en Extremadura, con el objetivo de cuantificar sus impactos ambientales potenciales, identificar los principales puntos críticos del manejo agrícola y generar una base de referencia para futuros productos derivados del cáñamo.

Mario Trujillo Gómez[1], María Pérez Rey[2], Luís Royano Barroso[3], Marisa Carmona Carmona[1], María Mateos Navarro[1], Antonio Romero Casado[1] y Pablo A. Martín Jorge[1].
[1] INTROMAC [2] CTAEX [3] CICYTEX

CULTIVO Y MANEJO AGRONÓMICO

CONDICIONES DE LA CAMPAÑA EXPERIMENTAL

Dato	Información
Localización	Villanueva de la Vera (Cáceres)
Campaña	2025
Variedad	Futura 75
Riego	Aspersión · 10–12 riegos
Fertilización	Fondo + cobertera
Enriado	En campo, con apoyo de riego
Secado	Natural en campo
Rendimiento	8.000 kg/ha de biomasa empacada
Humedad final	12–15 %
Fitosanitarios	No aplicados

DATOS DEL ACV

CONFIGURACIÓN DEL MODELO ACV

El ACV se modelizó en **SimaPro 10.2**, utilizando principalmente la base de datos **ecoinvent 3.12** y el método **Environmental Footprint 3.1**. Se aplicó el modelo de sistema **Allocation, cut-off by classification**, priorizando datos con cobertura geográfica española, y los resultados se evaluaron a nivel de **caracterización, sin normalización ni ponderación**. La unidad funcional principal fue **1 ha de cultivo durante la campaña 2025**, aunque los resultados se expresan también por **kg de biomasa empacada**, facilitando su interpretación y comparación en relación con el rendimiento obtenido.

DE LA CUNA A LA PUERTA DE LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA (CRADLE TO FARM GATE)

A1 · PRODUCCIÓN DE INSUMOS
Semilla y fertilizantes minerales

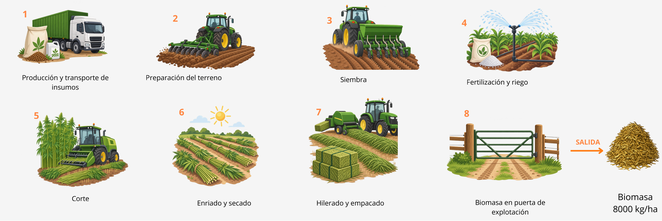
→

A2 · TRANSPORTE DE INSUMOS
Traslado de semilla y fertilizantes hasta la explotación

→

A3 · OPERACIONES EN CAMPO
Riego, maquinaria y emisiones asociadas a la fertilización

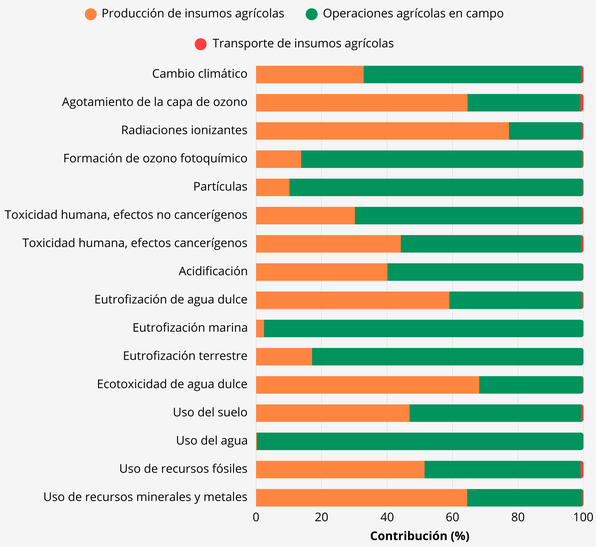
ETAPAS INCLUIDAS



RESULTADOS AMBIENTALES DEL ACV

RESULTADOS Y CONTRIBUCIÓN POR ETAPAS

Categoría de impacto	Resultado	Unidad
Cambio climático	2,66	t CO_2 eq/ha
Agotamiento de la capa de ozono	3,27 × 10^{-5}	kg CFC-11 eq/ha
Radiación ionizante	62,18	kBq U-235 eq/ha
Formación de ozono fotoquímico	17,47	kg NMVOC eq/ha
Partículas	5,04 × 10^{-4}	disease incidence/ha
Toxicidad humana, no cancerígena	3,10 × 10^{-5}	CTUh/ha
Toxicidad humana, cancerígena	4,43 × 10^{-7}	CTUh/ha
Acidificación	14,33	mol H^+ eq/ha
Eutrofización terrestre	120,93	mol N eq/ha
Eutrofización de agua dulce	0,307	kg P eq/ha
Eutrofización marina	42,48	kg N eq/ha
Ecotoxicidad de agua dulce	12.647,63	CTUe/ha
Uso del suelo	23.510,10	Pt/ha
Uso del agua	2,34 × 10^5	m^3 world eq deprived/ha
Uso de recursos fósiles	23,35	GJ/ha
Uso de recursos minerales y metales	0,01596	kg Sb eq/ha



Los impactos ambientales presentan una **distribución desigual entre las etapas** del sistema. Las **operaciones en campo** concentran la mayor contribución en categorías como uso del agua, eutrofización marina y formación de ozono fotoquímico, mientras que la **producción de insumos** adquiere mayor relevancia en el uso de recursos fósiles y otras categorías asociadas a la fabricación de fertilizantes. El transporte presenta una contribución residual (<1 %), por lo que las principales **oportunidades de mejora se sitúan en la optimización de la fertilización, el riego y la mecanización.**

PRINCIPALES PUNTOS CRÍTICOS

La fertilización mineral constituye el hotspot más transversal del cultivo, debido tanto a las cargas asociadas a la fabricación de los fertilizantes como a las emisiones posteriores de N_2O, NH_3, NO_x y NO_3^-. La mecanización contribuye principalmente al consumo de recursos fósiles y a las emisiones atmosféricas, mientras que el riego determina prácticamente por completo el impacto asociado al uso del agua. El transporte presenta una contribución reducida y no condiciona las conclusiones generales del estudio.

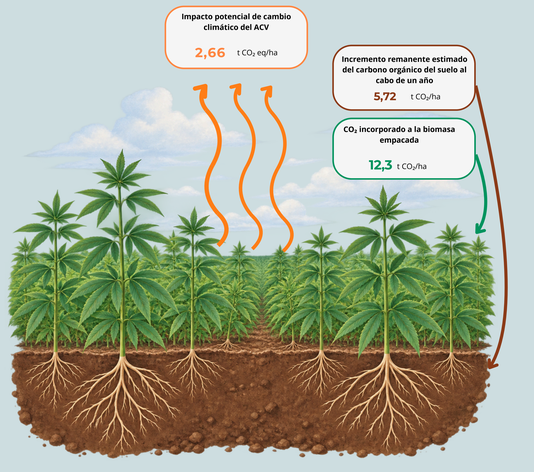
Por ello, las principales oportunidades de mejora se centran en **ajustar la fertilización, optimizar el riego y reducir operaciones mecanizadas innecesarias**, considerando siempre su efecto sobre el rendimiento del cultivo.

INDICADORES COMPLEMENTARIOS RELATIVOS A LA DINÁMICA DEL CARBONO

Junto a las emisiones asociadas a los insumos y las operaciones agrícolas, el cultivo incorpora CO_2 atmosférico a la biomasa y puede contribuir al aumento del carbono orgánico del suelo. Estas magnitudes se presentan de forma complementaria al resultado del ACV y no se descuentan directamente de las emisiones de la etapa agrícola.

El destino final de la biomasa determinará durante cuánto tiempo permanecerá almacenado su carbono: su **incorporación a productos duraderos**, como materiales de construcción, puede prolongar ese almacenamiento y evaluarse en el ACV del producto. Por su parte, el incremento estimado de carbono del suelo es un indicador prometedor que requiere seguimiento para confirmar qué parte puede atribuirse al cultivo. Por ello, los valores mostrados no representan una huella de carbono neta negativa.

Indicador	Por hectárea	Por kg de biomasa empacada	Consideración
Cambio climático total mediante EF 3.1	2658 kg CO_2 eq/ha	0,33 kg CO_2 eq/ha	Resultado caracterizado del ACV
Captación bruta estimada por la biomasa	12300 kg CO_2 eq/ha	1,54 kg CO_2/ha	Indicador físico complementario; no incluido como flujo negativo en SimaPro
Incremento estimado del carbono orgánico del suelo	5720 kg CO_2/ha	-	Resultado complementario obtenido a partir de 1,56 t C/ha; no incluido como crédito en SimaPro



1. La captación de carbono por la biomasa se estimó a partir de un rendimiento de 8.000 kg/ha, suponiendo una humedad del 15 % y un contenido de carbono de referencia del 49,3 % de la materia seca.

Número de proyecto – Número do projeto: 0066_BGREENER_4_E
Presupuesto aprobado – Investimento aprovado: 1.391.379,76€
Ayuda FEDER – Incentivo FEDER: 1.043.534,82 €
Proyecto cofinanciado por el Programa INTERREG VI-A España – Portugal (POCTEP) 2021-2027 de la Comisión Europea
Projeto co-financiado pelo Programa INTERREG VI-A Espanha – Portugal (POCTEP) 2021-2027 da Comissão Europeia