



ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA:

INFORME COMPARATIVO 3 ESCENARIOS DE PRODUCCIÓN DE CO₂

INTRODUCCIÓN

LIFE CO₂IntBio se enmarca en el Programa LIFE de la Unión Europea como un proyecto piloto de reducción de las emisiones de CO₂ a través de tecnologías de captura y utilización de CO₂ (CCU por sus siglas en inglés) y la utilización de energía renovable, mediante un innovador enfoque de integración industrial.

Las emisiones de CO₂ procedentes de los gases de combustión de una planta de generación de energía a partir de biomasa, son capturadas, purificadas y tratadas para obtener un nuevo producto con valor añadido: CO₂ de origen renovable de alta calidad para su utilización en otras industrias.

Para poder comparar los beneficios ambientales de esta forma de producción de CO₂ con las formas de síntesis habituales, se ha utilizado la metodología *Análisis de Ciclo de Vida (ACV)* que permite establecer de forma objetiva los impactos ambientales de las formas de producción de gas CO₂ estudiadas.

Los 3 escenarios de producción de CO₂ evaluados son:

- 1.- Síntesis de CO₂ a partir de gas natural.
- 2.- Síntesis de CO₂ a partir del aprovechamiento de gases industriales.
- 3.- Síntesis de *CO₂ verde* (Proyecto LIFE CO₂IntBio)

La principal categoría de impacto estudiada es la emisión de gases de efecto invernadero, por la importancia que tiene su cuantificación en este proyecto enmarcado dentro del Subprograma LIFE de Mitigación del Cambio Climático.

Al inicio del proyecto (año 2020), se estableció el baseline de la huella de carbono a partir de los sistemas productivos *business as usual* (escenarios 1 y 2) con la elaboración del ACV correspondiente a cada uno de los dos supuestos.

La planta piloto de captura y purificación de CO₂ se ha puesto en marcha en mayo de 2022. A partir de los datos reales de operación, se ha calculado el ACV de la producción del CO₂ verde, elaborada con el objetivo de obtener una ecoetiqueta tipo III (Declaración Ambiental de Producto).

Este informe no constituye un Análisis de Ciclo de Vida completo, solo una comparación de los principales resultados obtenidos. En la página web del proyecto (<http://www.lifeco2intbio.eu/es/node/35>), se pueden consultar los ACV completos, tanto de los dos supuestos estudiados para establecer el baseline como del ACV del CO₂ verde.

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

El análisis de ciclo de vida es una herramienta de análisis y gestión medioambiental que establece de manera objetiva y transparente cuáles son las cargas ambientales asociadas a un producto o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida (producción, uso, mantenimiento y fin de vida).

Esta metodología se basa en las siguientes normas internacionales:

UNE-en ISO 14040:2006 – Gestión Medioambiental – Análisis de ciclo de vida – Principios y marco de referencia.

UNE-EN ISO 14044:2006 – Gestión Medioambiental – Análisis de ciclo de vida – Requisitos y directrices.

Y se desarrolla en 4 etapas:

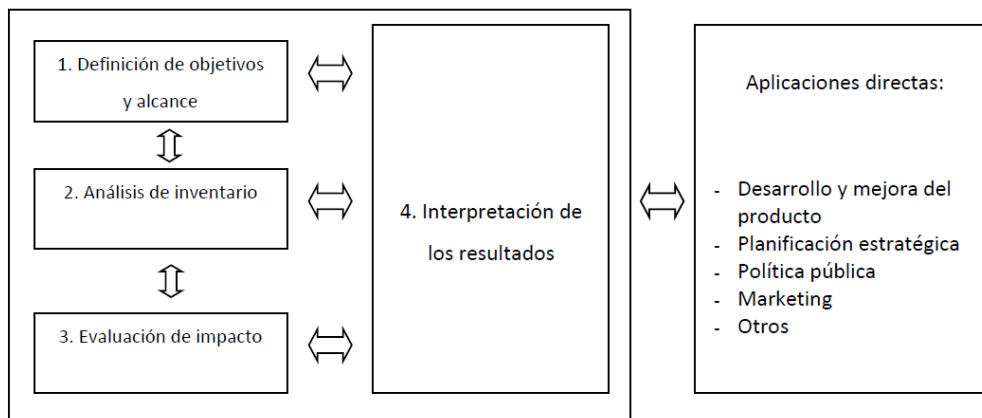


Ilustración 1: Marco de referencia y etapas de un análisis de ciclo de vida.



- 1.- Definición del objetivo y alcance: donde exponer el propósito y la extensión del estudio, así como la descripción del sistema, la unidad funcional, los límites del sistema, los procedimientos de asignación y las hipótesis.
- 2.- Análisis del inventario del ciclo de vida: recopilación de datos y procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas relevantes del sistema, tomando como referencia la unidad funcional.
- 3.- Evaluación del impacto del ciclo de vida: a partir del análisis de inventario, se evalúa la importancia de los potenciales impactos ambientales y se basa en tres elementos obligatorios, la selección de categorías, clasificación y caracterización.
- 4.- Interpretación del ciclo de vida: evaluación final, conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones.

El ACV puede ser empleado tanto para evaluar procesos existentes como alternativas potenciales en fases de diseño o desarrollo, contribuyendo a identificar áreas de mejora y ayudando en el diseño de nuevos procesos. En este caso, la aplicación de esta metodología resulta de gran utilidad para evaluar el impacto ambiental de las rutas y tecnologías de producción de CO₂ pudiendo así comparar el nuevo escenario de síntesis de CO₂ a partir de una planta de biomasa con los dos escenarios de procesos comerciales habituales de producción de CO₂ como son la combustión de gas natural o el aprovechamiento de gases industriales.

COMPARACIÓN BASELINE Y ACV CO₂ VERDE

El planteamiento inicial del proyecto LIFE CO₂IntBio suponía una serie de beneficios ambientales de la producción de CO₂ verde a partir de un sistema de captura y tratamiento de gases procedentes de la combustión de biomasa en comparación con los procedimientos habituales de síntesis de CO₂ (*baseline*).

Es necesario tener en cuenta que el ACV para el baseline (producción de CO₂ a partir de la combustión de gas natural y de la captura de gases industriales) y el ACV para el CO₂ verde, tienen objetivos diferentes, ya que el desarrollo del ACV para el CO₂ verde se enmarca en las Reglas de Categoría de Producto PCR Basic Chemicals 2021:03 desarrollada por Environdec y

que ofrece la guía para la elaboración de la Declaración Ambiental de Producto (DAP) del CO₂ verde.

Por tanto, los ACV realizados difieren en algunos aspectos, principalmente en la fase de Evaluación de Impacto Ambiental:

- En el caso del ACV para el baseline, la determinación de las Categorías de Impacto se ha realizado a partir de la metodología de CML-IA, elaborado por el Instituto de Ciencias Medioambientales de la Universidad de Leiden en los Países Bajos.
- Para la determinación de las categorías de impacto en el ACV del CO₂ verde, se han aplicado los factores de impacto definidos en la norma EN 15804:2012+A2:2019.

Sin embargo, los límites del sistema y el alcance del Análisis de Ciclo de Vida son los mismos, por lo que determinando la misma unidad funcional¹ es posible establecer una comparación entre las categorías de impacto que utilizan la misma metodología de cálculo para el indicador correspondiente.

Escenario de producción CO ₂	Objetivo del ACV	Unidad funcional	Alcance	Determinación categoría impacto
Gas natural	Establecimiento baseline	ton de CO ₂	“cradle to grave”	Metodología CML-IA
Gases industriales	Establecimiento baseline	ton de CO ₂	“cradle to grave”	Metodología CML-IA
CO ₂ verde	Desarrollo DAP	Kg de CO ₂	“cradle to grave”	Norma EN 15804:2012+A2:2019

Tabla 1: Marco comparativo de los ACV en 3 escenarios diferentes de producción de CO₂

¹ El ACV del CO₂ verde utiliza como unidad funcional 1 kg de producto químico preparado para entregar. Sin embargo, en la comparación se utilizará 1 tonelada de producto químico preparado para entregar como en el ACV del baseline y que se ajusta a las unidades (toneladas) empleadas como referencia de producción de CO₂ en otros informes del proyecto.



ESCENARIO DE PRODUCCIÓN DE CO₂ Y OBJETIVO DEL ACV

Tal y como se indica en la introducción, los tres escenarios de producción de CO₂ evaluados son:

- 1.- Síntesis de CO₂ a partir de gas natural.
- 2.- Síntesis de CO₂ a partir del aprovechamiento de gases industriales.
- 3.- Síntesis de CO₂ verde (Proyecto LIFE CO₂IntBio)

El objetivo de la determinación del ACV de los escenarios 1 y 2 es establecer el Baseline de impacto ambiental previo al proyecto, al considerarse los métodos productivos de CO₂ habituales.

El ACV elaborado para el tercer escenario es la base para el desarrollo de la Declaración Ambiental de Producto asociada al nuevo producto de origen renovable, CO₂ verde. A su vez, los resultados obtenidos permiten establecer una comparación de los resultados del proyecto con el baseline establecido previamente.

UNIDAD FUNCIONAL

La unidad funcional es la unidad de referencia utilizada para relacionar las entradas y salidas de un proceso determinado en función de la cual irán referidas todas las entradas (recursos y energía necesarios) y salidas (emisiones y residuos) del sistema y que permitirá valorar, de forma objetiva, todos los impactos generados y permitirá comparaciones entre sistemas con una misma unidad funcional.

- En el caso de los escenarios 1 y 2 (baseline del proyecto), la unidad funcional definida en el ACV es de 1 tonelada de CO₂ listo para la entrega.
- En el caso del escenario 3 (CO₂ verde), se determina siguiendo la *PCR Basic Chemicals 2021:03*, por lo que la unidad funcional es 1kg de CO₂ verde listo para la entrega.

Aunque las unidades sean diferentes, los resultados finales en este informe comparativo se transforman de manera que se determinen los indicadores en relación a 1 tonelada de CO₂ lista para la entrega en formato líquido y de esta manera, poder realizar la comparación de categorías de impacto.

ALCANCE y LÍMITES DEL SISTEMA

El alcance del Análisis de Ciclo de Vida viene determinado por los límites del sistema, que definen qué procesos y etapas del ciclo de vida son necesarios para cumplir la función definida por la unidad funcional y, por tanto, son parte del sistema de producto analizado.

Para poder comparar los 3 ACV descritos, los límites establecidos son “de la cuna a la tumba” (cradle to grave), incluyendo las etapas de separación, purificación, compresión y licuefacción y almacenamiento en las instalaciones del proyecto, más las actividades de transporte a cliente y fin de vida del sistema de “embalaje” (se considera embalaje al transporte en camiones cisterna).

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL - DETERMINACIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE IMPACTO

Para cada uno de los consumos de materias primas y otros insumos productivos, así como las otras salidas de los procesos analizados, se seleccionan una serie de categorías de impacto que permite realizar la Evaluación de Impacto Ambiental del proceso.

Como ya se ha explicado previamente, la principal diferencia entre los estudios realizados se produce en esta fase; para la determinación de las categorías de impacto se ha utilizado:

- En el caso del ACV para el baseline, la determinación de las Categorías de Impacto se ha realizado a partir de la metodología de CML-IA, elaborado por el Instituto de Ciencias Medioambientales de la Universidad de Leiden en los Países Bajos.
- Para la determinación de las categorías de impacto en el ACV del CO₂ verde, se han aplicado los factores de impacto definidos en la norma EN 15804:2012+A2:2019.

En el caso del proyecto LIFE CO₂IntBio, el impacto ambiental de mayor interés es la evaluación de potencial de calentamiento global (GWP), por tratarse de un proyecto piloto con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero dentro de la cadena de valor del CO₂ comercial.

Sin embargo, es posible comparar todas aquellas categorías de impacto que comparten la misma base metodológica:

Categoría de impacto	Siglas	Unidad	Metodología de cálculo
POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL FÓSIL <i>Global Warming Potential -Fossil</i>	GWPF	Kg CO ₂ -eq	IPCC 2013
POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL BIOGÉNICO <i>Global Warming Potential -Biogenic</i>	GWPB	Kg CO ₂ -eq	IPCC 2013
POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL USO Y CAMBIOS USO SUELO <i>Global Warming Potential -Land Transformation</i>	GWPLT	Kg CO ₂ -eq	IPCC 2013
POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL TOTAL <i>Global Warming Potential - Total</i>	GWPT	Kg CO ₂ -eq	IPCC 2013
POTENCIAL DE FORMACIÓN DE OXIDANTES FOTOQUÍMICOS <i>Photochemical Ozone Formation Potential</i>	POFP	Kg NMVOC	LOTOS-EUROS
POTENCIAL DE AGOTAMIENTO DE RECURSOS ABIÓTICOS – METALES Y MINERALES <i>Depletion of abiotics resources – elements</i>	ADP	Kg Sb-eq	ADPelements, CML 2001, baseline
POTENCIAL DE ESCASEZ DE AGUA <i>Water Scarcity Potencial</i>	WSP	m ³ -eq	AWARE
RECURSOS DE ENERGÍA PRIMARIA RENOVABLE <i>Total use of primary energy (renewable)</i>	PERT	MJ	Cumulative Energy Demand (CED)
RECURSOS DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE	PENRT	MJ	Cumulative Energy Demand

<i>Total use of primary energy (non-renewable)</i>			(CED)
RESIDUOS PELIGROSOS <i>Hazardous waste disposed</i>	HWD	Kg	EDIP Method
RESIDUOS NO PELIGROSOS <i>Non - hazardous waste disposed</i>	NHWD	Kg	EDIP Method

Tabla 2: categorías de impacto comparadas en los Análisis de Ciclo de Vida y su correspondientes metodologías de cálculo.

COMPARATIVA IMPACTOS AMBIENTALES

Baseline 1: Síntesis de CO₂ a partir de gas natural.

Baseline 2: Síntesis de CO₂ a partir del aprovechamiento de gases industriales.

CO₂ verde: Síntesis de CO₂ verde (Proyecto LIFE CO₂IntBio)

	GWPF	GWPB	GWPLT	GWPTOT	POFC	ADP	PENRT	PERT	WSP	HWD	NHWD
	kg CO ₂ eq / t CO ₂ producido	kg CO ₂ eq / t CO ₂ producido	kg CO ₂ eq / t CO ₂ producido	kg CO ₂ eq / t CO ₂ producido	kg NMVOC eq / t CO ₂ producido	kg Sb eq / t CO ₂ producido	MJ / t CO ₂ producido	MJ / t CO ₂ producido	m ³ eq / t CO ₂ producido	kg / t CO ₂ producido	kg / t CO ₂ producido
BASELINE 1	5,35E+02	1,40E-01	3,85E-01	5,35E+02	4,40E-01	1,57E-04	4,16E+03	2,28E+02	1,96E+01	3,82E-02	1,01E+02
BASELINE 2	6,38E+02	1,65E-01	2,01E-01	6,38E+02	9,04E-01	2,79E-04	9,26E+03	1,35E+02	3,42E+01	1,02E-01	1,03E+02
CO2 VERDE	1,14E+02	1,73E-01	1,20E-03	1,15E+02	1,78E-01	5,57E-06	1,72E+03	1,54E+01	4,83E+01	3,86E-03	1,26E+01

Nota: Global Warming Potential Fossil Global Warming Potential Biogenic Global Warming Potential Land Transformation Global Warming Potential Total Photochemical ozone formation - LOTOS-EUROS Abiotic resources Depletion Potential Cumulative Energy Demand Non-Renewable Cumulative Energy Demand Renewable Water Scarcity Potential Hazardous Waste Disposed Non-Hazardous Waste Disposed

Tabla 3: Resultados de los indicadores calculados por categoría de impacto para cada ACV analizado.

POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL TOTAL

El análisis de este indicador permite cuantificar uno de los objetivos principales del proyecto, la disminución de la huella de carbono en la producción de CO₂ a través del modelo de integración industrial planteado en el proyecto.

De esta manera, se puede determinar la reducción de:

- 420 kg de CO₂-equivalente por tonelada de CO₂ producido respecto a la producción con gas natural (Baseline 1)
- 523 kg de CO₂-equivalente por tonelada de CO₂ producido respecto a la producción a través del aprovechamiento de gases industriales (Baseline 2)

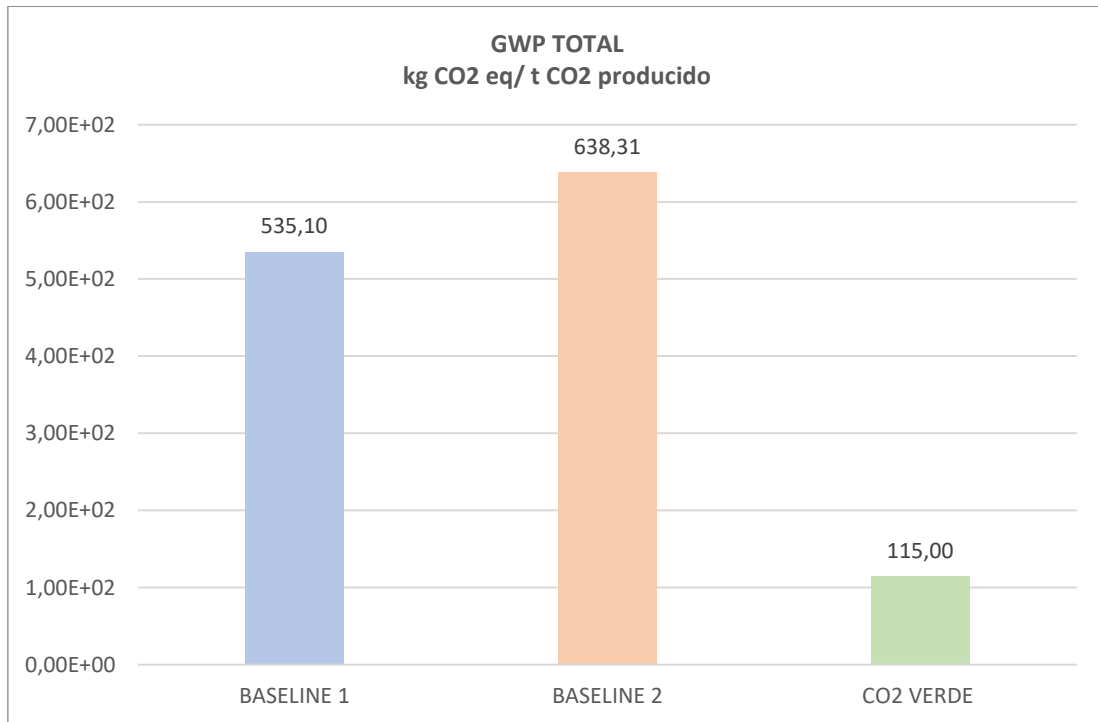


Gráfico 1: Potencial de Calentamiento Global Total para los tres escenarios de producción de CO₂ analizados.

Esta categoría de impacto se puede desglosar, permitiendo un análisis más específico:

- Potencial de calentamiento global fósil:

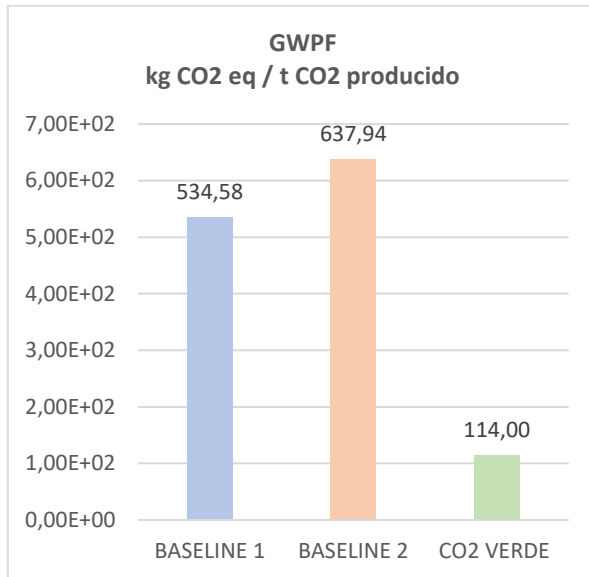


Gráfico 2: Potencial de Calentamiento Global Fósil para los tres escenarios de producción de CO₂ analizados.

- Potencial de calentamiento global biogénico:

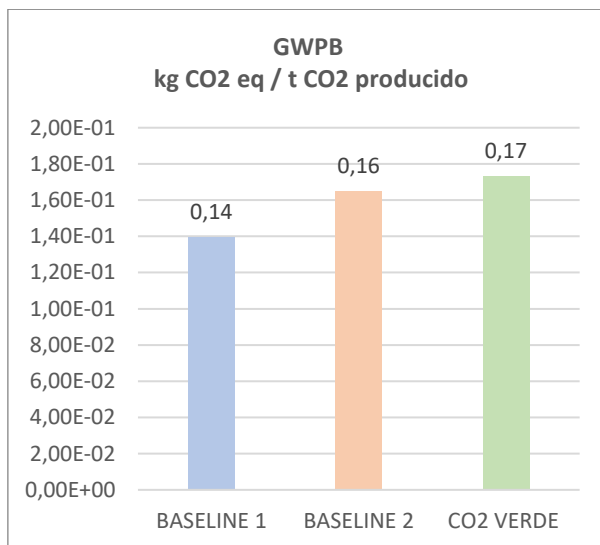


Gráfico 3: Potencial de Calentamiento Global Biogénico para los tres escenarios de producción de CO₂ analizados.

- Potencial de calentamiento global LULUC (uso y cambio usos suelo):

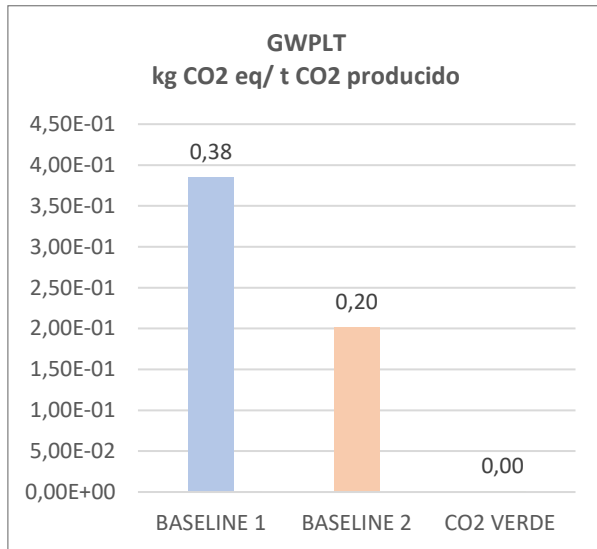


Gráfico 4: Potencial de Calentamiento Global por el uso y cambios de uso del suelo para los tres escenarios de producción de CO₂ analizados.

POTENCIAL DE FORMACIÓN DE OXIDANTES FOTOQUÍMICOS:

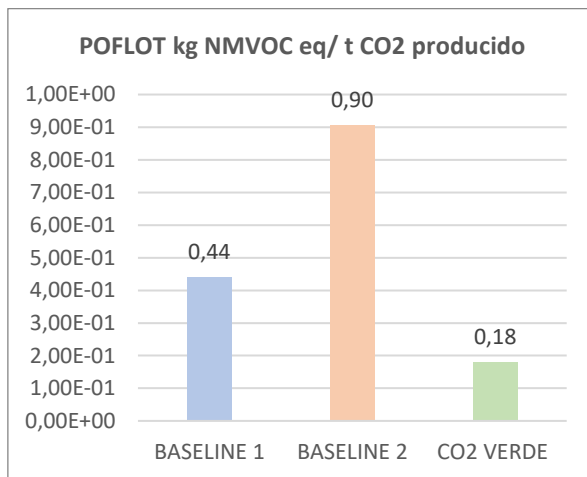


Gráfico 5: Comparación del Potencial de Formación de Oxidantes Fotoquímicos para los tres escenarios de producción de CO₂ analizados.

Esta categoría de impacto mide el potencial de contaminación fotoquímica debida a las emisiones de contaminantes (Compuestos Orgánicos Volátiles, NO_x, SO_x, etc.) que pueden

formar reacciones complejas en la atmósfera, formando el “smog fotoquímico”. Se mide en NMVOC equivalentes (COVDM o compuestos orgánicos volátiles distintos del metano).

Como se puede comprobar en el gráfico, la producción de CO₂ verde tiene un menor impacto en este indicador ambiental.

POTENCIAL DE AGOTAMIENTO DE RECURSOS ABIÓTICOS – METALES Y MINERALES

La asignación de impacto asociada al agotamiento de recursos minerales es mínima en las tres opciones estudiadas, del orden de gramos por tonelada de CO₂ producido:

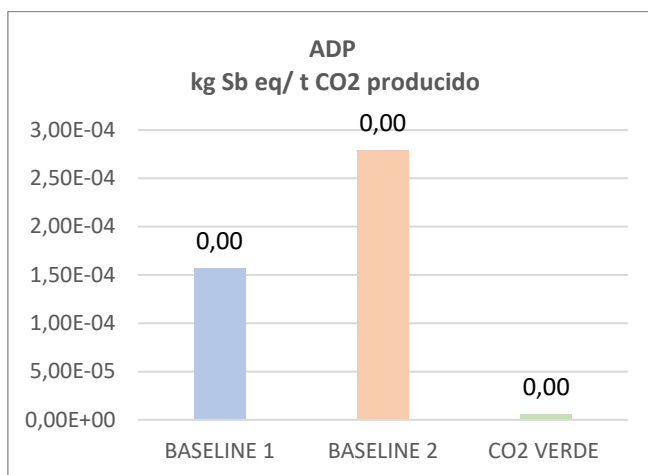


Gráfico 6: Potencial de agotamiento de recursos abióticos – metales y minerales para los tres escenarios de producción de CO₂ analizados.

POTENCIAL DE ESCASEZ DE AGUA.

La contribución de la producción de CO₂ al agotamiento de los recursos hídricos medido como el potencial de provocar escasez de agua, se puede revisar de forma visual en el siguiente gráfico:

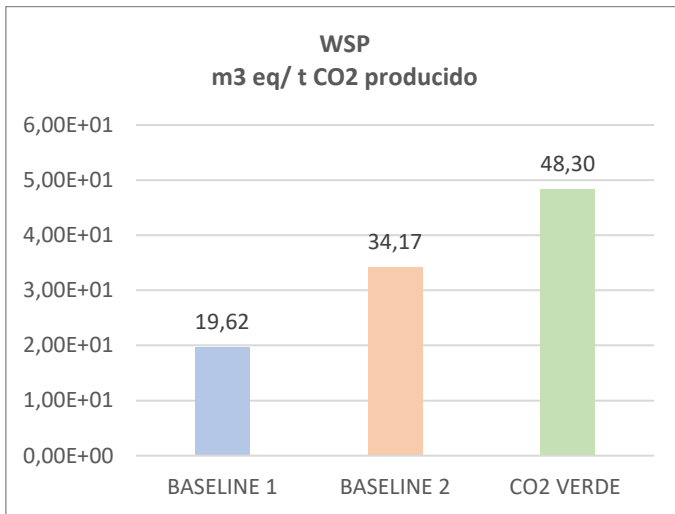
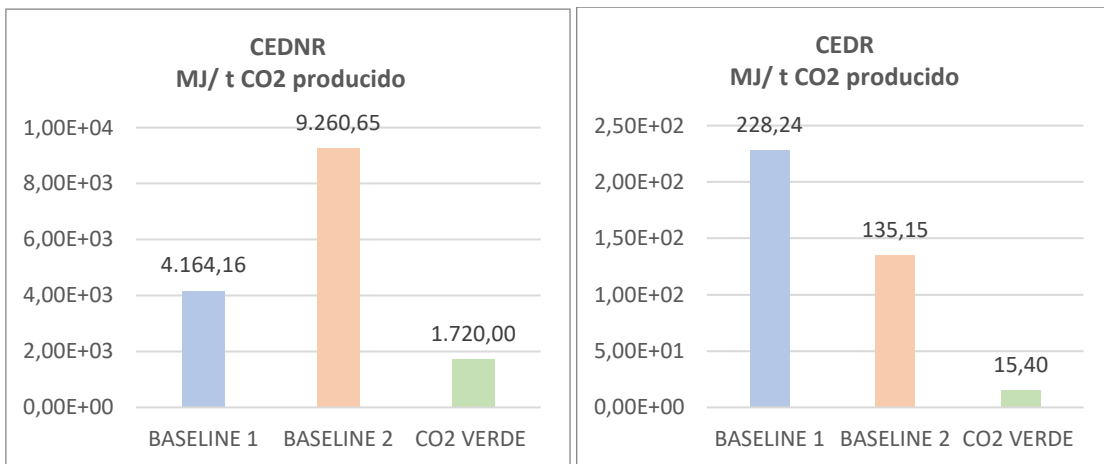


Gráfico 7: Potencial de agotamiento de recursos hídricos para los tres escenarios de producción de CO₂ analizados.

CONSUMO DE RECURSOS ENERGÉTICOS



Gráficos 8 y 9: Comparación del consumo de recursos energéticos para los tres escenarios de producción de CO₂ analizados.

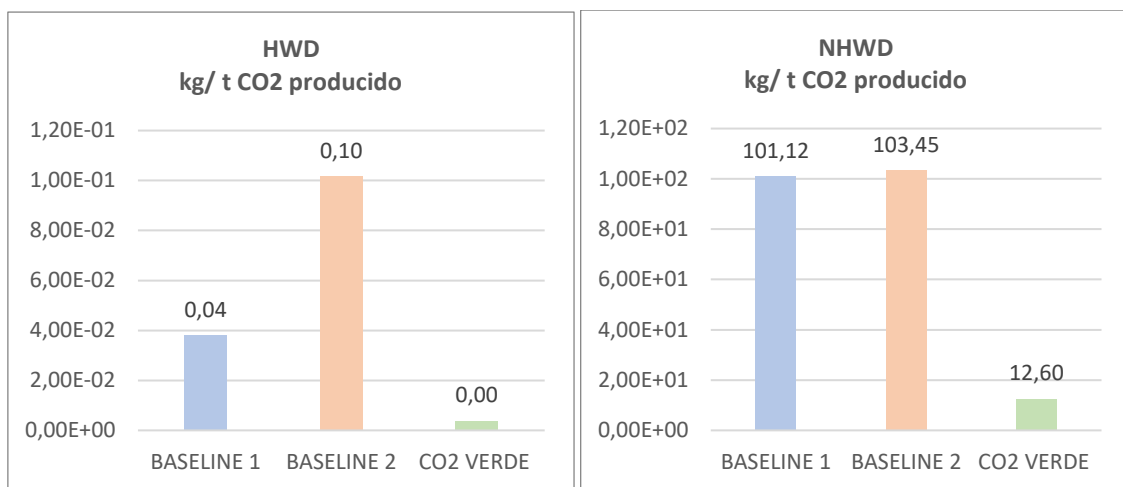
En los gráficos anteriores se puede observar el uso de energía primaria no renovable (gráfico 8) y renovable (gráfico 9), medido en MJ por tonelada de CO₂ producida. El proceso de producción de CO₂ requiere un aporte de energía que en el caso del proyecto LIFE CO₂IntBio es 100% renovable al proceder de la planta de generación de energía eléctrica y térmica a partir de biomasa.

En el cálculo de la energía primaria consumida se ha tenido en cuenta también la etapa de

distribución del CO₂, principalmente realizado mediante transporte por carretera, lo que implica el consumo de recursos energéticos de origen fósil también en el supuesto del LIFE CO₂IntBio.

PRODUCCIÓN DE RESIDUOS

Por último se analizan los resultados relativos a la producción de residuos peligrosos (gráfico 10) y no peligrosos (gráfico 11):



Gráficos 10 y 11: Comparación de la producción de residuos para los tres escenarios de producción de CO₂ analizados.

“Las opiniones vertidas en esta publicación, son de exclusiva responsabilidad del autor que las emite. La Comisión Europea y las Autoridades del Programa no se hacen responsables del uso que pueda hacerse de la información contenida en el mismo”