

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN BIOTECNOLOGÍA
ALIMENTARIA**

**“IMPACTOS AMBIENTALES
DERIVADOS DE LA PRODUCCIÓN DE
VINO DE LA D.O.P. CANGAS”**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
POR
SAMUEL GANCEDO ALONSO**

JULIO, 2018



AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis tutoras de Trabajo Fin de Máster, Adriana y Amanda Laca, por sus explicaciones, dedicación y paciencia, sin las cuales este trabajo no se habría podido llevar a cabo. También a Beatriz, por su colaboración y disposición para proporcionar los datos del inventario sin los cuales este trabajo hubiera sido imposible, y esperando que los resultados le puedan ser de utilidad. Y, por último, agradecer a mis amigos y familia, especialmente a mis padres, por su apoyo en esta etapa de mi vida.

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE ABREVIATURAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. EL SECTOR DEL VINO	3
2.1. CULTIVO DE LA VID	3
2.2. ELABORACIÓN DEL VINO	4
2.3. SITUACIÓN DEL SECTOR A NIVEL MUNDIAL Y NACIONAL	7
2.4. D.O.P. VINO DE CANGAS.....	11
2.5. IMPACTOS AMBIENTALES	14
3. GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL.....	16
3.1. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV)	16
3.2. NORMATIVA DEL ACV	23
3.3. HUELLA DE CARBONO	24
3.4. HUELLA HÍDRICA.....	27
4. ACV EN EL SECTOR ALIMENTARIO.....	29
5. DESCRIPCIÓN DE LA BODEGA DE VINO D.O.P. CANGAS “VIDAS”	32
6. ACV DE LA BODEGA “VIDAS”	34
6.1. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCE	34
6.2. ANÁLISIS DE INVENTARIO	36
6.2.1. VIÑEDO.....	37
6.2.2. BODEGA	44
6.3. ESCENARIOS ALTERNATIVOS	49
6.4. EVALUACIÓN DE IMPACTOS.....	50

6.4.1. VIÑEDO	51
6.4.2. BODEGA	53
6.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
7. HUELLA DE CARBONO	58
7.2. VIÑEDO	58
7.2. BODEGA	61
8. HUELLA HÍDRICA	64
8.1. VIÑEDO	64
8.2. BODEGA	65
9. PROPUESTAS DE MEJORA	68
10. CONCLUSIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	73

RESUMEN

Una de las preocupaciones de la sociedad actual son los impactos ambientales derivados de la actividad humana. Concretamente, el agroalimentario es uno de los sectores más impactantes, siendo responsable de más del 30% de las emisiones de carbono de origen antropogénico a nivel global. La industria del vino resulta una de las industrias fundamentales de este sector y España es uno de los principales productores a escala mundial. El Análisis de Ciclo de Vida (ACV), es una herramienta de análisis medioambiental que permite identificar y cuantificar los impactos asociados a un proceso o producto. Asimismo, la Huella de Carbono (HC) y la Huella Hídrica (HH), han sido empleados recientemente como indicadores ambientales de los impactos derivados de la producción de diferentes alimentos.

En este trabajo se realizó un ACV para analizar los impactos ambientales derivados de la producción de vino D.O.P. “Cangas”, obteniéndose además la HC y la HH de este producto. Para ello, se tomó como modelo una bodega acogida a esta D.O.P. El estudio consideró dos fases, la del viñedo y la de la bodega, utilizando los datos del viñedo como entrada para la bodega. Se llevó a cabo un inventario considerando los principales factores implicados en ambas fases (electricidad, transporte, agua, productos de limpieza, fertilizantes, productos fitosanitarios, aditivos, materiales de envasado, residuos generados y emisiones) y los datos fueron analizados empleando el software SimaPro v8 y los métodos ReCiPe Midpoint (H) V1.12/Europe Recipe H, Greenhouse Gas Protocol V1.01/C02 eq (kg) y AWARE V1.01.

El análisis realizado mostró que el uso de fertilizantes en el viñedo, y los materiales de envasado, la gestión de residuos y la producción de uvas en la bodega, son las principales causas de los impactos ambientales derivados de la producción de vino. Concretamente, la producción de botellas fue el principal responsable de los impactos generados en 12 de las 18 categorías analizadas. Por el contrario, el uso de productos de limpieza y aditivos apenas tenía influencia en los impactos producidos. Se obtuvo una HC de 0,94 kg CO₂ eq. por kg de uva y de 1,84 kg de CO₂ eq. por botella de vino. La actividad que más contribuye a ambas huellas es la quema de los residuos de la poda en el viñedo. Los valores de HH fueron 72 litros de agua por kg de uva y de 236 litros de agua por botella de vino y en el viñedo es el uso de fertilizantes el que más contribuye a la HH, mientras que en la bodega es la producción de las uvas y los envases. Por último, se evaluaron algunos escenarios alternativos. Los mejores resultados se obtuvieron suponiendo una reutilización del 50% de las botellas de vidrio y el compostaje de los residuos sólidos orgánicos generados en el viñedo y en la bodega, lo que permitiría reducir la HC y la HH en más de un 50% y un 10%, respectivamente.

ABSTRACT

The environmental impacts derived from human activities is a current societal concern. Specifically, the agro-food industry is one of the most impacting sectors, being responsible of more than 30% of the total anthropogenic carbon emissions. Wine industry is one of the first industries in this sector and Spain is one of the most important global wine producers. Life Cycle Assessment (LCA) is as a tool for evaluating and quantifying environmental impacts associated with a product or process. Additionally, the carbon footprint (CF) and the water footprint (WF) have been recently employed as a global measure of the production performance of different foodstuffs.

In this work, LCA methodology was applied to analyse the environmental impacts of producing PDO “Cangas” wine. In addition, CF and WF of this product was also calculated. With this aim, a winery included in this PDO was considered as case study. The study covered two phases, the viticulture and the vinification, using the viticulture data as input to the vinification phase. Inventory data included the main factors involved in both phases (electricity, transport, water, cleaning elements, fertilisers, phytosanitary products, additives, packaging material, wastes and gas emissions). Data were analysed using the ReCiPe Midpoint (H) V1.12/Europe Recipe H, the Greenhouse Gas Protocol V1.01/CO₂ eq (kg) and the AWARE V1.01 methods by means of the LCA software package SimaPro v8.

Results showed that the use of fertilisers was the main responsible of the impacts in the viticulture phase, whereas the packaging material, the waste management and the production of grapes were the most impacting subsystems in the vinification phase. Specifically, the production of glass bottles was the main contributor to the harmful impact in 12 of the 18 categories analysed. On the contrary, the employment of cleaning products and additives scarcely contributed to the impacts generated. CF values of 0,94 kg CO₂ eq per kg of grapes and 1,84 kg of CO₂eq per wine bottle were obtained. The main responsible of these CF values were the emissions derived from the pruning waste incineration. WF values were 72 liters of water per kg of grapes and 236 liters of water per wine bottle. The fertiliser use was the main contributor to the WF in the viticulture phase, whereas production of grapes and packaging material were the main responsible of the WF in the vinification phase. Finally, some alternative scenarios have been assessed. Best results were obtained assuming a reuse of 50% of glass bottles and the composting of solid organic wastes produced in the vineyard and the winery. This would allow a reduction of more than 50% and 10% in CF and WF, respectively.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Partes de la vid (Vd, 2018).....	3
Figura 2-2: Esquema general de la elaboración de vino blanco (izquierda) y vino tinto (derecha).....	6
Figura 2-3: Principales productores de uva según uso (OIV, 2017).....	7
Figura 2-4: Evolución de la producción de vino (millones de litros) en España y en el mundo en las últimas 7 décadas (Anderson et al., 2017).....	8
Figura 2-5: Países con mayor consumo de vino (l/persona/año), media entre 2014-2016 (Anderson et al., 2017).....	8
Figura 2-6: Evolución del consumo de vino (l/persona/año) en España y en el mundo en las últimas 7 décadas (Anderson et al., 2017).....	9
Figura 2-7: Localización de la producción Vino de Cangas (DOP Cangas, 2015).....	12
Figura 3-1: Estructura de un ACV (Haya, 2016).....	16
Figura 3-2: Descripción general de las categorías de impacto tratadas en el método ReCiPe 2016 y su relación con las áreas de protección (Huijbregts et al., 2016).....	22
Figura 3-3: Normas ISO de aplicación internacional sobre ACV y ejemplo de aplicaciones (Chacón, 2008).....	23
Figura 3-4: Esquema de alcances y GEI que influyen en la huella de carbono (MAPAMA, 2016).....	26
Figura 4-1: Resultados de la contribución de impactos por procesos en la elaboración de cerveza (Chang, 2017).....	30
Figura 5-1: Logotipo de la bodega “Vidas”.....	32
Figura 5-2: Presentación de las seis variedades de vino elaborados en la bodega “Vidas”.....	33
Figura 6-1: Límites del sistema “viñedo”.....	34
Figura 6-2: Límites del sistema “bodega”.....	35
Figura 6-3: Caracterización de impactos ambientales asociados a la producción de 1 kg de uva en la bodega “Vidas” según el método ReCiPe midpoint.....	52
Figura 6-4: Caracterización de impactos ambientales asociados a la producción de 1 botella de vino “Vidas” según el método ReCiPe midpoint.....	54

Figura 7-1: Ponderación de huella de carbono asociada a la producción de 1 kg de uvas en los viñedos de la bodega “Vidas” según el método Greenhouse Gas Protocol.....	58
Figura 7-: Ponderación de la huella de carbono asociada a la producción de 1 botella de vino en la bodega “Vidas” según el método Greenhouse Gas Protocol.	61
Figura 8-1: Caracterización de la huella hídrica asociada a la producción de 1 kg de uvas en la bodega “Vidas” según el método AWARE.	64
Figura 8-2: Diagrama de bloques y cargas ambientales para la huella hídrica en la producción de 1 kg de uvas en la bodega “Vidas” según el método AWARE. Valor de corte: 5,0%. 65	
Figura 8-3: Caracterización de la huella hídrica asociada a la producción de 1 botella de vino en la bodega “Vidas” según el método AWARE.	66
Figura 8-4: Diagrama de bloques y cargas ambientales para la huella hídrica de la producción de 1 botella de vino en la bodega “Vidas” según el método AWARE. Valor de corte: 5,0%.....	67
Figura 9-1: Comparación caracterización de los impactos ambientales asociados a la producción de 1 kg uva en los viñedos de la bodega “Vidas” para los escenarios alternativos propuestos según el método ReCiPe midpoint	70
Figura 9-2: Comparación caracterización de los impactos ambientales asociados a la producción de 1 botella de vino en la bodega “Vidas” para los escenarios alternativos propuestos según el método ReCiPe midpoint.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Periodos de crianza según tipo de vino (Vivanco, 2018).	7
Tabla 2-2: Extensión de viñedo (hectáreas), producción de uva (toneladas) y producción de vino (hectolitros) por Comunidades Autónomas en el año 2015 (MAPAMA, 2016)....	10
Tabla 2-3: Principales variedades de uva por extensión de cultivo (hectáreas) en España (MAPAMA, 2015).	11
Tabla 2-4: Características analíticas de los vinos DOP Cangas (DOP Cangas, 2015).	13
Tabla 6-1: Datos de inventario para el viñedo en estudio, expresados según la unidad funcional (1kg de uva).....	43
Tabla 6-2: Datos de inventario para la bodega en estudio, expresados según la unidad funcional (1 botella de vino).....	49
Tabla 7-1: Análisis comparativo de los resultados de huella de carbono de este trabajo y diversos estudios ambientales de producción de uva	60
Tabla 7-2: Análisis comparativo de los resultados de huella de carbono de este trabajo y diversos estudios ambientales de producción de vino	63
Tabla 9-1: Comparativa huella de carbono (kg CO ₂ eq./0,75 L vino) y huella hídrica (litros agua/0,75 L vino) para los escenarios A, B, C y D.	69

LISTA DE ABREVIATURAS

A: Dato de actividad

a: año

ACV: Análisis de Ciclo de Vida

C: Carbono

CERVIM: Centro de Investigación, Estudio, Salvaguarda, Coordinación y Valorización de la Viticultura de Montaña

CFC: Clorofluorocarbonos

CH₄: Metano

Co: Cobalto

CO: Monóxido de carbono

CO₂: Dióxido de Carbono

COVNM: Compuestos orgánicos volátiles no metano

DBO: Demanda biológica de oxígeno

D.O.P.: Denominación de Origen Protegida

DQO: Demanda química de oxígeno

FE: Factor de emisión

g: gramo

GEI: Gases de Efecto Invernadero

h: hora

ha: hectárea

HC: Huella de Carbono

HFCs: Hidrofluorocarbonos

HH: Huella Hídrica

hl: hectolítro

ICV: Análisis de Inventario de Ciclo de Vida

IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático

ISO: International Organization for Standardization

kg: kilogramo

km: Kilómetro

kW: Kilovatio

l: litro

m²: Metros cuadrados

m³: Metros cúbicos

MAPAMA: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente

MJ: Megajulio

N: Nitrógeno

NF₃: Trifloruro de nitrógeno

NH₃: Amoniaco

N₂O: Óxido nitroso

NO_x: Óxidos de nitrógeno

OIV: Organización Internacional de la Viña y el Vino

PAO: Potencial Agotamiento Ozono

PCG: Potencial de Calentamiento Global

PFCs: Perfluorocarbonos

SETAC: Society of Environmental Toxicology and Chemistry

SF₆: Hexafloruro de azufre

SO₂: Dióxido de azufre

SO_x: Óxidos de azufre

UE: Unión Europea

UF: Unidad Funcional

UNE: Una Norma Española

WFN: Water Footprint Network

1. INTRODUCCIÓN

El vino es una bebida alcohólica producto de la fermentación, total o parcial, de la uva fresca o de su mosto. En su elaboración tienen lugar interacciones biológicas y bioquímicas complejas entre la uva y diferentes microorganismos, fundamentalmente levaduras y bacterias ácido lácticas (Fleet, 2003). La principal transformación se produce por la acción metabólica de las levaduras, que producen etanol y dióxido de carbono a partir de los azúcares de la uva.

España es el tercer productor de vino a nivel mundial con 3.930 millones de litros producidos en el año 2016, lo que supone un 14,7% del vino producido en el mundo, solo por detrás de Francia e Italia con 4.556 y 5092 millones de litros respectivamente. La media de consumo de vino a nivel mundial, calculada entre 2010 y 2016, se sitúa en 3,4 litros por persona y año. El consumo en España es muy superior, en torno a los 15 litros por persona y año, siendo el vigésimo tercer país con mayor consumo de vino, muy lejos de Croacia, Suiza, Portugal y Francia que superan los 40 litros por persona y año (Anderson et al., 2017).

La industrialización del sistema agroalimentario tras la “revolución verde” de mediados del siglo XX ha supuesto un aumento de la productividad y ha situado a la industria agroalimentaria como una de las más demandantes de energía y recursos. Por ello, esta es una de las actividades que más contribuye en los problemas ambientales a escala mundial (Point, 2008). En este contexto, los consumidores han ido tomando conciencia en los últimos años de los impactos ambientales derivados de la producción de alimentos. De este modo, la sociedad ha ido presionando a los organismos gubernamentales para que se lleven a cabo diversas medidas con el fin de reducir los efectos nocivos producidos por la actividad humana sobre el medio ambiente (Laca et al., 2011).

El análisis de ciclo de vida (ACV) es una técnica destinada a evaluar los impactos ambientales de un proceso, producto o servicio con el objetivo de identificar los puntos clave para implementar mejoras ambientales. Los primeros estudios de las implicaciones ambientales de productos se remontan a los años 60 en EEUU. Nacieron como técnicas de análisis de consumo de energía, aunque con el tiempo se empezó a tener en cuenta el consumo de materias primas y la generación de residuos. Durante la crisis del petróleo en los años 70 aumenta el interés por esta técnica con el objetivo de disminuir la dependencia energética. En 1973 se crea el primer software sobre ACV. En el año 1979 se funda SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) para desarrollar y promocionar las metodologías de ACV aglutinando los distintos trabajos en el sector alrededor del mundo. En 1991 empiezan los estudios y trabajos de su oficina en Europa (Chacón, 2008).

Hasta 1997 el marco de trabajo en ACV se realiza según la SETAC, aunque desde 1993 se fue desarrollando la normativa ISO 14000 sobre sistemas de gestión ambiental y herramientas de apoyo, y dentro de estas, las normas ISO 14040 sobre ACV. En 1997 se publica la primera norma ISO de ACV, posteriormente serán muchas más, lo que permitió estandarizar y aumentar el número de estudios sobre ACV.

Existen diversos indicadores que resumen los resultados de un ACV para hacerlos más prácticos y ayudar a la toma de decisiones. Uno de los más utilizados es la huella de carbono (HC), definida como el conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producidas, directa o indirectamente, por personas, organizaciones, productos, eventos o Estados, en términos de CO₂ equivalente. Sirve para conocer el impacto medioambiental sobre el cambio climático de ciertas actividades o procesos y es útil para implementar medidas para reducirlas. Es un indicador muy usado actualmente en el ecoetiquetado de productos alimentarios debido a que el cambio climático es ampliamente reconocido como un problema medioambiental de primer orden (Vázquez et al., 2013). Con el objetivo de disminuir las emisiones de GEI se han firmado diversos acuerdos internacionales, siendo el más conocido y ambicioso el protocolo de Kioto adoptado en 1997 aunque por el momento no ha conseguido su cometido. Otro de los indicadores más utilizados es la huella hídrica (HH), la cual determina el consumo de agua dulce asociado al ciclo de vida de un producto (Bonamente et al., 2016). Se incluye el consumo real de agua, tanto de agua de lluvia como extraída, y la cantidad de agua necesaria para diluir los contaminantes generados por debajo los límites legales marcados.

EL presente trabajo tiene como objetivo evaluar los impactos ambientales derivados de la producción de vino D.O.P. Cangas (Asturias). Para ello, se ha empleado la metodología del ACV, prestando especial atención al cálculo de las huellas de carbono e hídrica como indicadores ambientales. Se ha tomado como modelo la bodega “Vidas” (Cangas del Narcea). Incluida en la D.O.P. Cangas y productora de vinos tintos y blancos. Con este análisis se pretende identificar los aspectos más impactantes en el medio ambiente derivados de la producción de este vino, a fin de determinar las posibles acciones de mejora. Asimismo, se pretende conocer el comportamiento ambiental de la producción de este tipo de vino en relación con la información encontrada en la bibliografía para vinos tanto españoles como a nivel mundial.

2. EL SECTOR DEL VINO

2.1. CULTIVO DE LA VID

La uva es el fruto de la vid (*Vitis vinifera*). Se cultivan muchas variedades de esta especie, siendo uno de los principales factores que influyen en las características del vino producido, además de las condiciones agronómicas y de elaboración.

Es una planta trepadora leñosa de la familia Vitaceae (figura 2-1), que puede alcanzar los 20 metros de longitud en hábitats naturales. Posee una raíz que puede alcanzar varios metros de profundidad y un tronco sinuoso cuya corteza se desprende longitudinalmente. Las ramas principales se denominan brazos. En los pulgares surgen los sarmientos, que son las ramas jóvenes que la vid produce cada año y en sus nudos crece una hoja y un zarcillo. Sus hojas son dentadas con contorno orbicular. Opuestas a ellas nacen los zarcillos, que son estructuras de sujeción para la planta. (Flora Ibérica, 2018).

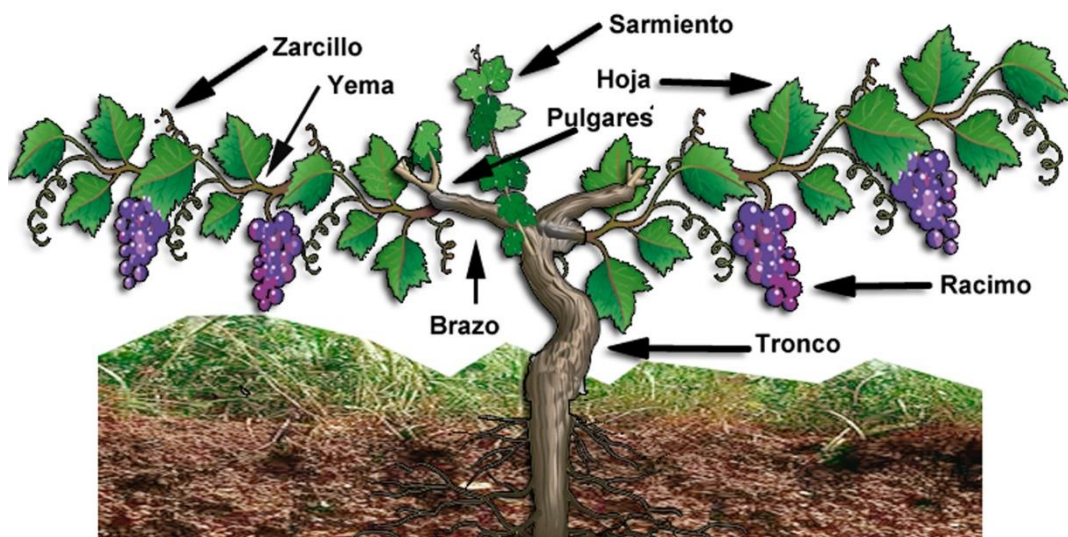


Figura 2-1: Partes de la vid (Vd, 2018)

El fruto es una inflorescencia en panícula pedunculada, más conocido como racimo, que consta de las siguientes partes:

- **Pedúnculo.** Constituye el tronco principal del racimo.
- **Escobajo.** Son las ramificaciones del pedúnculo.
- **Pedicelo.** Unión entre el escobajo y el grano de uva. Junto con el pedúnculo y el escobajo forman el denominado raspón. Representa entre el 3 y el 7% del peso total del racimo.
- **Grano de uva.** Está formado por hollejo, pepitas y pulpa. El hollejo es la cubierta exterior del grano y sirve para protegerle de las inclemencias del tiempo y del ataque de

microorganismos patógenos. Además, el hollejo, retiene levaduras y bacterias en su cera que tras la ruptura del grano podrían iniciar la fermentación de forma natural y contiene la mayoría de las sustancias colorantes y aromáticas de los vinos. Las semillas aportan taninos al vino. Por último, la pulpa, representa entre el 80 y el 85% del peso del grano y de sus células se extrae el mosto, que contiene principalmente agua, azúcares, sales minerales y ácido tartárico (Madrid, 1987).

En cuanto al ciclo productivo de la vid, la planta se mantiene en reposo vegetativo durante el invierno, durante este periodo no tiene actividad y las yemas permanecen dormidas, la savia baja a la raíz y pierde las hojas. Es el momento en el que se realiza la poda de la vid con el objetivo de controlar la producción y dirigir el crecimiento de la planta. Al aproximarse la primavera la savia vuelve a recircular por la planta y se produce el lloro, llamado así por las secreciones que tienen lugar en los cortes de la poda. A continuación, aparecen los primeros brotes, los ápices de las hojas van creciendo hasta abrirse completamente y en los extremos de los brotes surgen las inflorescencias. Entre marzo y abril tiene lugar la floración, los racimos florales se desarrollan completamente y los estambres y pistilos maduros quedan al descubierto. Entre mayo y agosto los granos de uva cambian de color, aumenta la elasticidad de su piel y se cubren de pruina. Esta fase se conoce como envero. Durante la maduración de la uva se acumulan azúcares, se pierde acidez y se sintetizan compuestos aromáticos. A finales del verano se suele realizar la vendimia, es decir, la recogida de las uvas. Por último, la vid pierde las hojas, la savia baja de nuevo a la raíz y la planta entra en reposo durante el invierno, a esta fase se la conoce como agostamiento (Vinopedia, 2018).

2.2. ELABORACIÓN DEL VINO

El esquema general de elaboración del vino consta de las siguientes fases (figura 2-2):

Despalillado: Consiste en desgranar la uva, es decir, separar los granos de uva del raspón, el cual resta acidez al vino debido a su contenido en potasio y aporta sabores desagradables por la presencia de sustancias como los taninos.

Estrujado: Sirve para romper los granos de uva para extraer el mosto.

Prensado: En vinos blancos la uva despalillada y estrujada se introduce en la presa para extraer completamente el mosto y separarlo del hollejo y las pepitas antes de comenzar la fermentación.

Desfangado: consiste en dejar en reposo para que sedimenten los sólidos en suspensión y poder eliminarlos fácilmente. Este proceso se realiza a bajas temperaturas para evitar que comience la fermentación.

Fermentación alcohólica: Las levaduras transforman el azúcar del mosto en etanol, ácido carbónico y una serie de productos secundarios. En vinos blancos esta fermentación tiene lugar sin los hollejos, al contrario que en los vinos tintos.

Maceración: en el caso de los vinos tintos se deja el mosto en contacto con los hollejos de la uva durante la fermentación alcohólica, de este modo se extraen aromas, taninos y se obtiene el color característico de estos vinos. El hollejo tiende a flotar en la superficie del mosto, por lo que para aumentar el contacto entre las dos fases se suelen realizar remotes, que consiste en extraer el mosto por la parte inferior del tanque y reintroducirlo por la parte superior. En vinos blancos puede realizarse una breve maceración.

Fermentación maloláctica: las bacterias lácticas transforman el ácido málico en ácido láctico. Es esencial en la elaboración de vino tinto para eliminar acidez ya que la formación de ácido láctico eleva el pH y parte del ácido se transforma en carbónico y se desprende. Además de formar otros productos metabólicos que redondean el sabor del vino.

Clarificación: consiste en la adición de un agente clarificante, por ejemplo, albúmina de huevo o bentonita, el cual tiene carga electrostática y se une a partículas en suspensión de carga contraria ayudando a su precipitación por gravedad. Sirve para eliminar el exceso de taninos y otras partículas en suspensión.

Filtración: el vino se hace pasar por una superficie porosa con el fin de eliminar por completo los sedimentos.

Estabilización: el depósito de vino se somete a bajas temperaturas para que precipite el ácido tartárico y evitar que aparezcan precipitados en la botella al enfriarla para su servicio.

Embotellado: el vino se introduce en botellas, se coloca el corcho, la etiqueta y la cápsula.

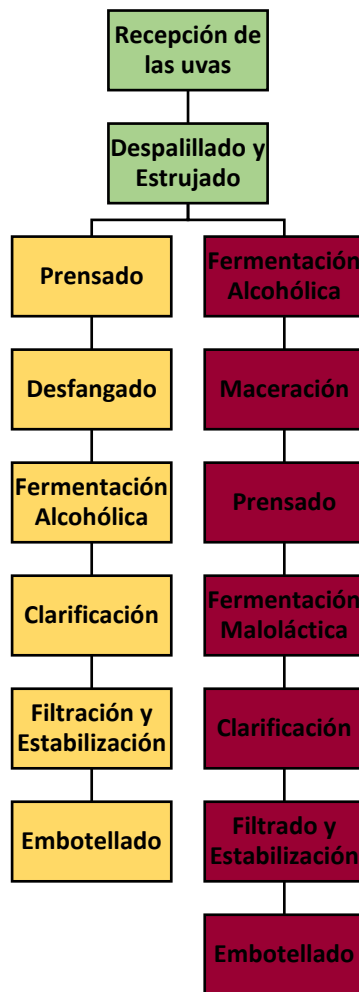


Figura 2-2: Esquema general de la elaboración de vino blanco (izquierda) y vino tinto (derecha)

En algunos casos el vino, especialmente el tinto, se somete a un proceso de envejecimiento y maduración denominado crianza. Ésta puede tener lugar en barrica (crianza oxidativa) o en botella (crianza reductiva). Durante la crianza en barrica la madera del recipiente cede sustancias aromáticas y compuestos fenólicos y el pequeño aporte de oxígeno estabiliza el color y suaviza la astringencia. En el transcurso de este proceso se suelen realizar trasiegos, cambiando el vino de un tanque a otro para eliminar las lías, restos de levaduras y otras sustancias sólidas que quedan depositadas en el fondo del primer tanque (Gerhard, 1985).

Posteriormente puede realizarse una crianza en botella donde el vino se redondea y alcanza su óptimo de consumo. La duración del periodo de crianza determina la clasificación de los vinos en joven, crianza, reserva y gran reserva. Los vinos jóvenes son aquellos que no han pasado tiempo en barrica o han pasado un tiempo inferior a 6 meses. Esta clasificación (tabla 2-1) es propia de España y no se encuentra en vinos elaborados en otros países. Se trata de una clasificación establecida en la Ley 24/2003, de 10 de julio, de la viña y el vino, pero derogada en 2015, aunque se sigue utilizando de forma orientativa.

Tabla 2-1: Periodos de crianza según tipo de vino (Vivanco, 2018).

	TIPO VINO	ENVEJECIMIENTO	BARRICA	TIPO BARRICA
CRIANZA	TINTOS	MINIMO 24 MESES	MÍN 6 MESES	CAPACIDAD MÁXIMA 330 LITROS
	ROSADOS Y BLANCOS	MÍNIMO 18 MESES	MÍNIMO 6 MESES	
RESERVA	TINTOS	MÍNIMO 36 MESES	MÍNIMO 12 MESES	
	ROSADOS Y BLANCOS	MÍNIMO 24 MESES	MÍNIMO 6 MESES	
GRAN RESERVA	TINTOS	MÍNIMO 60 MESES	MÍNIMO 18 MESES	
	ROSADOS Y BLANCOS	MÍNIMO 48 MESES	MÍNIMO 6 MESES	

2.3. SITUACIÓN DEL SECTOR A NIVEL MUNDIAL Y NACIONAL

La producción mundial de uvas en el año 2016 se situó en las 75,8 millones de toneladas, de las que un 47% aproximadamente fueron destinadas a la producción de vino. España es el país con mayor superficie de viñedos pese a ser el quinto productor mundial de uvas del mundo por detrás de China, Italia, Estados Unidos y Francia (figura 2-3). Teniendo en cuenta únicamente la uva para producción de vino, España es el tercer productor mundial solo por detrás de Francia e Italia (OIV, 2017).

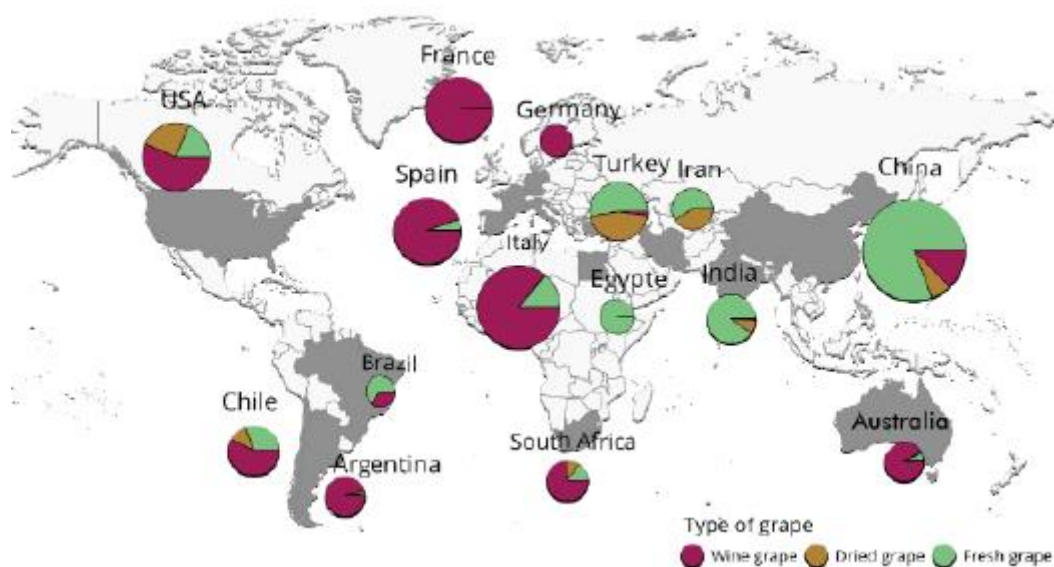


Figura 2-3: Principales productores de uva según uso (OIV, 2017).

La producción de vino a nivel mundial (figura 2-4) desde los años 50 alcanzó su máximo en los 80, sufriendo un importante descenso en los 90, a partir de entonces se ha mantenido estable con una ligera tendencia al alza. En España la producción se ha duplicado desde los años 50 a la década actual (Anderson et al., 2017).

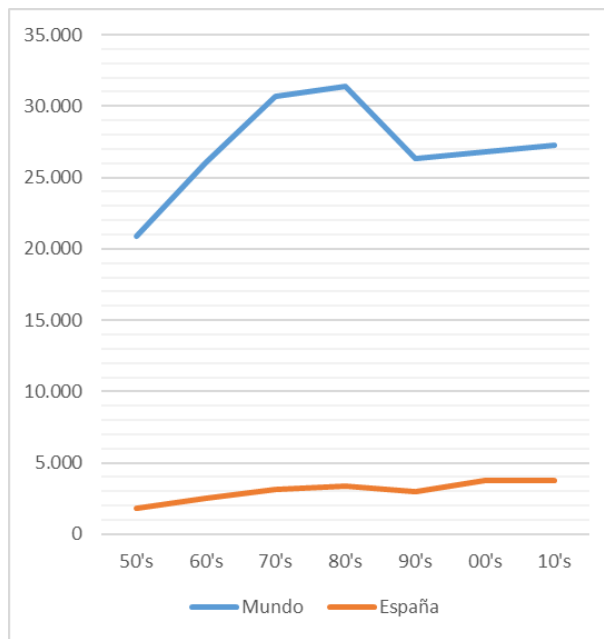


Figura 2-4: Evolución de la producción de vino (millones de litros) en España y en el mundo en las últimas 7 décadas (Anderson et al., 2017)

En cuanto al consumo de vino, España ocupa el vigésimo tercer lugar en consumo per cápita en el mundo con una media en torno a 15 litros por persona y año según los datos de 2014 a 2016 recogidos por Anderson et al. (2017) (figura 2-5). Se queda muy lejos de las cifras Portugal, Suiza, Francia y Croacia que superan los 40 litros por persona y año.

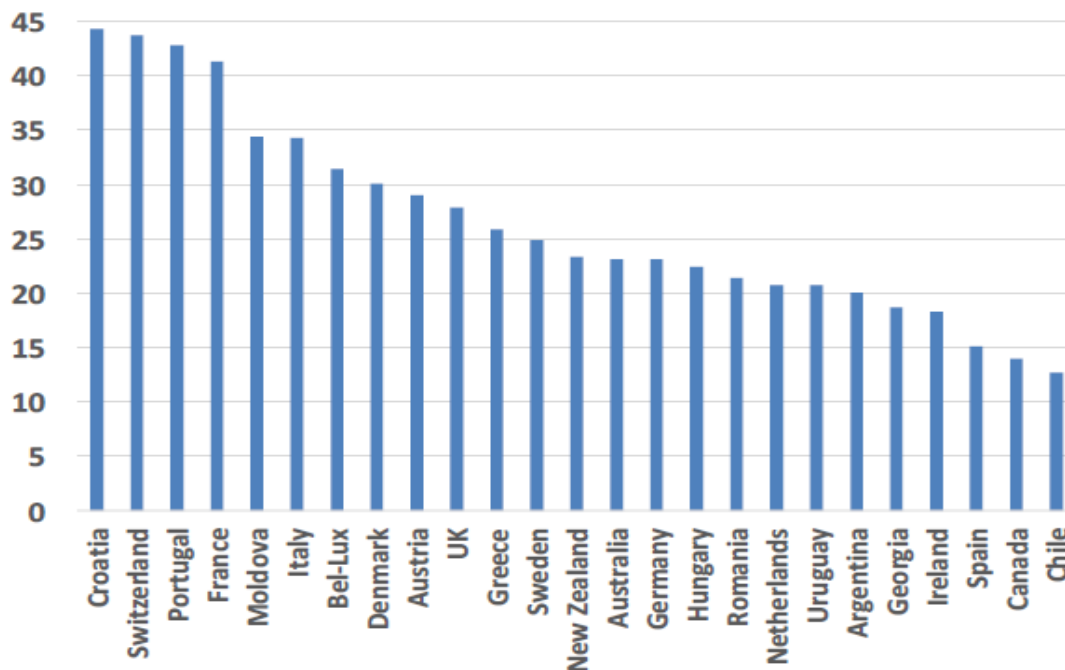


Figura 2-5: Países con mayor consumo de vino (l/persona/año), media entre 2014-2016 (Anderson et al., 2017)

La evolución del consumo de vino en las últimas décadas (figura 2-6) refleja una importante disminución en España a partir de los años 70, superando en esos años los 60 litros/persona/año y bajando de los 20 litros/persona/año en la década actual (Anderson et al., 2017). La media de consumo per cápita a nivel mundial no supera los 8 litros/año y también sufre un significativo descenso, en torno al 50%, desde los años 50 a la actualidad.

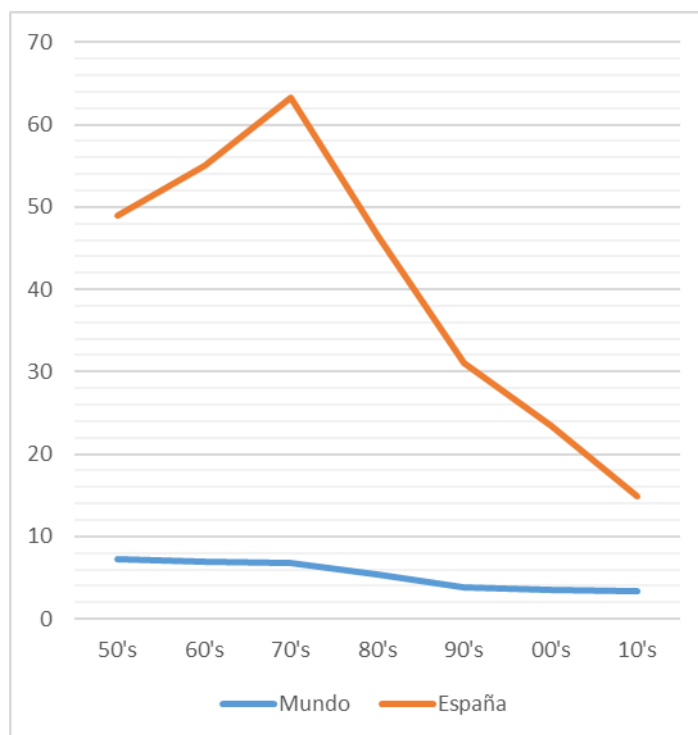


Figura 2-6: Evolución del consumo de vino (l/persona/año) en España y en el mundo en las últimas 7 décadas (Anderson et al., 2017)

España tenía en el año 2015 una extensión de viñedos de 941.951 ha, un 24% en regadío y un 76% en secano, según el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. El rendimiento medio de uvas era de 12.460 kg/ha en regadío y 4.851 kg/ha en secano. En ese mismo año se produjeron 5.799.127 toneladas de uva de las que el 95,6% fueron destinadas a la elaboración de mosto y vino, el 4,3% para consumo en fresco y solo un 0,1% para elaborar uvas pasas.

En el año 2015 se produjeron en España 37.702.526 hectolitros de vino, un 53,5% fueron vinos tintos o rosados y un 46,5% vinos blancos. La producción de vino con D.O.P. representa el 40% de la producción nacional.

Casi la mitad de la superficie de viñedo de España se localiza en Castilla la Mancha, siendo también la Comunidad Autónoma con mayor producción de uva y de vino. Le siguen Cataluña, Extremadura, Comunidad Valenciana y La Rioja (tabla 2-2).

El Principado de Asturias es la Comunidad Autónoma con menos superficie de viñedos, tan solo 58 hectáreas de las que se obtienen 157 toneladas de uvas. El 100% de las uvas tienen como destino la elaboración de vino. De los 1.171 hectolitros de vino producidos en Asturias el 77% fueron tintos o rosados y el 23% blancos. En torno al 57%, 671 hl, se elaboran dentro de una D.O.P. (MAPAMA, 2016).

Tabla 2-2: Extensión de viñedo (hectáreas), producción de uva (toneladas) y producción de vino (hectolitros) por Comunidades Autónomas en el año 2015 (MAPAMA, 2016).

CCAA	Viñedo (ha)	Uvas (tn)	Vino (hl)
Andalucía	30.183	199.457	1.301.617
Aragón	36.426	168.750	1.367.992
Asturias	58	157	1.171
Baleares	2.022	10.739	59.642
C. Valenciana	60.643	329.791	2.104.998
Canarias	8.502	18.403	136.844
Cantabria	119	374	262
Castilla la Mancha	445.249	2.916.066	18.281.560
Castilla y León	74.909	286.755	1.850.842
Cataluña	55.152	441.400	3.302.037
Extremadura	77.396	551.029	3.841.270
Galicia	30.793	114.760	766.752
La Rioja	46.618	309.896	2.271.103
Madrid	10.693	15.944	122.384
Murcia	30.030	207.415	663.367
Navarra	18.880	131.786	848.916
País Vasco	14.117	96.405	781.769

Según la encuesta de viñedo de 2015, en Asturias existen 364 explotaciones en producción, todas ellas menores de 5 hectáreas y siendo la mayoría (54%) menores de 0,5 ha. Se sitúa por debajo del tamaño medio por explotación en España que es de 1,8 ha.

Tabla 2-3: Principales variedades de uva por extensión de cultivo (hectáreas) en España (MAPAMA, 2015).

Variedad	Color	Area (ha)	%
Airen	Blanca	217.000	22.3%
Tempranillo	Tinta	203.000	20.8%
Bobal	Tinta	62.000	6.4%
Garnacha	Tinta	62.000	6.4%
Viura	Blanca	46.000	4.7%
Monastrell	Tinta	43.000	4.4%
Alicante H. Bouschet	Tinta	26.000	2.7%
Pardina	Blanca	25.000	2.6%

Las dos principales variedades cultivadas en España son Airen y Tempranillo, suponen casi el 43,1% de la superficie total de viñedo (tabla 2-3).

2.4. D.O.P. VINO DE CANGAS

Las primeras referencias de cultivo de vino en Asturias se remontan al año 781. Con la fundación del Monasterio San Juan Bautista de Corias en el siglo XI se multiplica el cultivo de la vid en la región manteniendo la tendencia hasta el siglo XIX, en el que tienen lugar graves plagas como el *Oidium* y la *Filoxera* que provocan la pérdida de un 65% de la superficie de viñedo. Durante el siglo XX se intenta recuperar la elaboración del vino de Cangas pese al auge de la minería que provoca el abandono de la mayoría de los cultivos de la vid. En los 90 se funda la Asociación de Productores y Elaboradores del Vino de Cangas con el objetivo de evitar la desaparición del viñedo en la zona. En el 2001 el vino de Cangas pasa a formar parte de los Vinos de Mesa con Indicación Geográfica bajo la denominación “Vino de la Tierra de Cangas”. En el año 2008 se eleva a la categoría de Vinos de Calidad Producidos en Regiones Determinadas y a partir del año 2011 como Denominación de Origen Protegida Cangas.

El Reglamento (CE) 1151/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de noviembre de 2012, sobre los regímenes de calidad de los productos agrícolas y alimenticios, establece la definición de Denominación de Origen Protegida (D.O.P.) como un nombre que identifica un producto con las siguientes características:

- Originario de un lugar determinado, región o país.
- Su calidad y características se deben a las condiciones particulares del medio geográfico y de los factores naturales y humanos.

- Todas las fases de producción deben tener lugar en la zona geográfica definida.

Se diferencia de una Indicación Geográfica Protegida en que en ésta última solo es necesaria que una fase de la producción tenga lugar en la zona geográfica definida.

En torno al 31% de la superficie de viñedo de Asturias se dedica a la producción de vinos acogidos a la D.O.P. Cangas. Los terrenos para la producción de uva deben estar localizados dentro de los municipios de Allande, Cangas del Narcea, Degaña, Grandas de Salime, Ibias, Illano, Pesoz y parte del municipio de Tineo, todos ellos situados en la parte suroccidental de Asturias (figura 2-7).



Figura 2-7: Localización de la producción Vino de Cangas (DOP Cangas, 2015).

Se trata de viticultura de montaña, también denominada “heroica”, calificada así por el Centro de Investigación, Estudio, Salvaguarda, Coordinación y Valorización de la Viticultura de Montaña (CERVIM), organismo creado en 1987 bajo el amparo de la Organización Internacional de la Viña y el Vino con el objetivo de valorar y proteger la viticultura de montaña. Son miembros del CERVIM organismos e instituciones públicas, bodegas o centros de investigación. La viticultura de montaña apenas representa el 5% de la superficie de viñas de Europa, pero es muy importante desde el punto de vista económico, social, cultural y medio ambiental para muchas regiones. Según el CERVIM, la viticultura de montaña se caracteriza por (CERVIM, 2018):

- Pendiente de más del 30%.
- Altitud superior a 500 m sobre el nivel del mar.
- Viticultura en pequeñas islas.
- Cultivo en terrazas.

En España solo la D.O.P. Vino de Cangas, D.O.P. Ribeira Sacra y D.O.P. Priorat pertenecen a la viticultura de montaña. Todos estos territorios presentan las siguientes características comunes:

- Las condiciones orográficas impiden la mecanización.
- Los viñedos suelen estar distribuidos en terrazas y ser de pequeña extensión.
- La producción vinícola de las empresas agrícolas no suele constituir el sustento económico principal.
- Precisan de inversiones económicas elevadas con el objetivo de modernizar los cultivos.
- Las condiciones climáticas suelen ser adversas.
- Variedades de cultivo propias.
- Los viñedos se sitúan en lugares con paisajes singulares y con potencial turístico.

Los viñedos del Vino de Cangas crecen sobre suelos de pizarra de elevada pendiente, tienen una densidad entre 3.000 y 6.000 cepas por hectárea con baja producción y una edad superior a los 80 años. Cuenta con variedades propias muy adaptadas a las condiciones climáticas y edafológicas de la zona.

La variedad recomendada de manera preferente para la producción de uva blanca es Albarín Blanco, aunque también se autorizan las variedades Albillo Mayor y Picapoll Blanco, Godello, Gewurztraminer y Moscatel de grano menudo. Las variedades tintas preferentes Albarín Tinto, Carrasquín, Verdejo Negro y Mencía, aunque también se permite el cultivo de las variedades Garnacha Tintorera, Merlot, Pinot Noir y Syrah. Las variedades endémicas de Cangas son el Albarín Tinto, Carrasquín, Verdejo Negro y Albarín Blanco. Se permite una producción máxima de 8.000 kg/ha en las variedades tintas y de 10.000 kg/ha en las blancas. Las características analíticas de los vinos se pueden observar en la siguiente tabla (tabla 2-4).

Tabla 2-4: Características analíticas de los vinos DOP Cangas (DOP Cangas, 2015).

	Tintos	Blancos
Graduación Alcohólica	>10%	>9.5%
Acidez Total	4-8.5 gr/l	5-10 gr/l
Acidez Volátil	<0.8 gr/l	
Anhídrido Sulfuroso	<120 mg/l	<150 mg/l
Azúcares Reductores	<5 gr/l	

2.5. IMPACTOS AMBIENTALES

El sector agroalimentario es uno de los principales sectores responsables del impacto ambiental derivado de la actividad humana, debido fundamentalmente a que ocupa el 38% de la superficie terrestre del planeta. Concretamente, es causante del 29% de las emisiones antropogénicas de GEI y consume el 70% del agua de uso humano (Bonamente et al., 2016).

En cuanto al sector vitivinícola, los principales aspectos relacionados con los impactos ambientales son los siguientes (Christ et al., 2013):

Uso y calidad del agua: Tanto en la etapa de cultivo como en las bodegas, se utilizan importantes cantidades de agua, siendo un problema especialmente en aquellas regiones con poca disponibilidad de agua. Existen evidencias de que el 70% del consumo de agua en una bodega se convertirá en agua residual. Las características de esta agua residual son bajo pH y elevada concentración de sulfuros, sodio y materia orgánica debido en mayor parte al uso de productos de limpieza y a producto perdido. La liberación al medio de estas aguas sin un tratamiento adecuado podría provocar problemas de eutrofización.

Residuos sólidos: El proceso de elaboración del vino dará lugar a dos tipos de efluentes de residuos sólidos, orgánicos e inorgánicos.

- Los residuos orgánicos se forman en el viñedo como resultado de la práctica de la poda, obteniendo importantes cantidades de restos vegetales. En la bodega los residuos orgánicos estarán compuestos de raspones, pieles, pepitas, lías y fangos deshidratados. Es necesario tratarlos adecuadamente antes de su eliminación en vertederos, su incineración o su potencial valorización, aunque no es fácil gestionarlos debido a que la generación de estos residuos no es uniforme ni en cantidad ni en composición a lo largo del año.
- Los residuos inorgánicos que generan las bodegas están compuestos por los materiales de embalaje, envases de productos químicos, fitosanitarios o de limpieza, así como herramientas o maquinaria desechada. Las bodegas deben tener como objetivo reciclar dichos residuos siempre que sea posible y minimizar su formación.

Uso de energía y emisión de gases de efecto invernadero: El clima en el que se cultivan las uvas es un factor fundamental que determina la calidad del vino producido, por lo tanto, la industria del vino es una de las más vulnerables a los efectos del cambio climático. El sector del vino consume grandes cantidades de energía y emite una cantidad importante de gases de efecto invernadero, especialmente en la etapa de postproducción debido a las botellas, embalajes y distribución. Como consecuencia, para que las bodegas minimicen sus emisiones

es fundamental tener en cuenta toda la cadena de suministros. Para ayudar a este objetivo, se lanzó en 2007 la Calculadora de contabilidad de gases de efecto invernadero, un programa en Excel y gratuito para los integrantes de la industria.

Uso de productos químicos: El sector vinícola utiliza productos químicos en el viñedo como fertilizantes, pesticidas y herbicidas para aumentar la producción o atajar plagas y enfermedades de la vid. En algunas regiones se permite el uso de madera tratada químicamente para el enrejado de viñedos que puede provocar la lixiviación de metales pesados en el suelo. Todos estos productos químicos se relacionan con la contaminación de los cauces fluviales y los acuíferos, pérdida de fertilidad del suelo y la reducción de las poblaciones de polinizadores y de los depredadores naturales de las plagas. Esto último lleva a una mayor dependencia de productos químicos para combatir las plagas. Algunos estudios evidencian que el cultivo de la vid es responsable del 15% de las aplicaciones de plaguicidas en Europa mientras que solo representan el 3% de la superficie de cultivo. Dentro de la bodega los productos químicos se utilizan en actividades de limpieza, desinfección, lavado de botellas y conservación del vino. Los más comunes son la sosa cáustica, peróxidos y el cloro. Todos ellos tienen un impacto directo en la cantidad y la calidad de las aguas residuales de la bodega.

Problemas de uso de suelo: El rápido crecimiento de la superficie de cultivo de la vid en las regiones del “nuevo mundo” (EEUU, Australia, Nueva Zelanda, África...) ha supuesto la destrucción de los hábitats autóctonos con la consecuente pérdida de biodiversidad.

Impacto en los ecosistemas: El ecosistema es el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico. El desarrollo de la industria del vino depende en gran medida de los servicios que le aporta el ecosistema local, como un agua de calidad, suelo enriquecido, depredadores naturales o un clima estable, así que es muy importante que el sector vinícola participe de forma activa en la preservación de los ecosistemas locales. Algunas de las medidas que pueden tomar en ese sentido son:

- Promover los policultivos frente a los monocultivos. Esto permite disminuir los brotes de plagas y la incidencia de enfermedades.
- Control integrado. Se trata de una técnica de control de plagas que combina métodos biológicos, químicos y culturales de una forma compatible para obtener un control satisfactorio con consecuencias beneficiosas en el plano económico y medioambiental.
- Establecer plantas autóctonas dentro o cerca de los viñedos y usar cultivos de cobertura entre las hileras de las vides.

3. GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

3.1. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV)

El análisis de ciclo de vida (ACV) es una herramienta de gestión medioambiental estandarizada en la normativa ISO e internacionalmente reconocida. Sirve para evaluar los impactos ambientales de un producto, proceso o servicio a lo largo de su ciclo de vida. Para ello se identifican, cuantifican y evalúan todos los recursos consumidos, las emisiones y los residuos generados (Iannone, 2014).

Los resultados obtenidos en un ACV pueden ser útiles en distintos campos. Permite tomar decisiones en cuanto al diseño y desarrollo de productos y procesos menos impactantes (ecodiseño) y supone una directriz para desarrollar futuras estrategias o normativas ambientales. Desde el punto de vista de la investigación y el desarrollo sirve para conocer los sistemas de producción, identificar los puntos clave en los que enfocar las mejoras y para seleccionar indicadores ambientales. Por último, también tiene aplicaciones en el área del marketing al ser una herramienta fundamental en el campo del ecoetiquetado.

Los ACV se rigen por la norma UNE-EN ISO 14040:2006 que establece el marco de referencia y las directrices para llevar a cabo un ACV. No es una normativa certificable, pero si sus aplicaciones derivadas, como el ecoetiquetado y el ecodiseño.

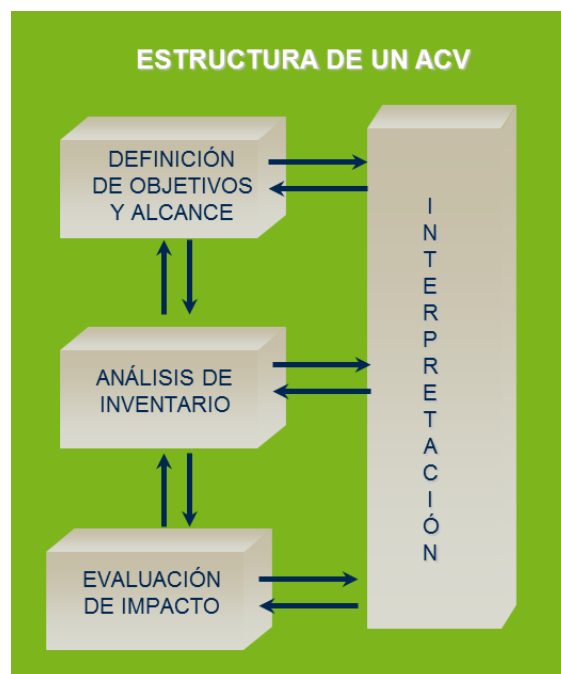


Figura 3-1: Estructura de un ACV (Haya, 2016)

Según la norma anterior, un ACV debe constar de las siguientes etapas interrelacionadas entre sí (figura 3-1):

Fase 1: Definición de objetivos y alcance

El objetivo de un ACV no siempre es el mismo. Se puede comparar dos productos, servicios o procesos para evaluar cuál es mejor ambientalmente. En otros casos el objetivo suele ser evaluar e identificar las etapas o procesos del ciclo de vida que más inciden en determinados impactos ambientales.

Es necesario definir la unidad funcional (UF) a la cual irán asociados todos los datos del sistema (consumos y emisiones) para poder realizar comparaciones. La UF puede ser de dos tipos:

- Física: por ejemplo, un gramo de un polímero.
- Funcional: tiene en cuenta el rendimiento, por ejemplo, cantidad de polímero para envasar 1 litro de agua.

Por último, hay que definir el alcance o los límites del sistema, es decir, que se va a incluir en el sistema estudiado y que no.

Los procesos multifuncionales son aquellos en los que se generan más de un producto o que el producto tiene más de una función y no todo se encuentra dentro de los límites del sistema definidos. En estos casos se debería expandir el sistema o subdividir los procesos para introducir de forma independiente los datos de entradas y salidas. Si no es posible, se debe llevar a cabo una asignación de cargas. Éstas se deben asignar al producto que las causa o al producto por el que existe esa actividad. Cuando no es posible aplicar este principio se puede tener en cuenta el precio, la cantidad o una combinación de los dos.

Fase 2: Análisis de inventario de ciclo de vida (ICV)

Durante esta etapa se recopilan los datos que permiten cuantificar las entradas y salidas de materia y energía del sistema. Errores en esta fase darían lugar a resultados que no concuerdan con la realidad. Se tendrán en cuenta únicamente los flujos de materia y energía que provengan o vayan de forma directa al medio natural. En esta fase se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

- Elaborar el diagrama de flujo teniendo en cuenta el alcance establecido.

- Recoger los datos de todas las actividades indicando su origen, si se han obtenido mediante bibliografía o mediante medidas directas. En este último caso es necesario indicar la metodología empleada.
- Calcular las cargas ambientales de la UF definida.
- Normalizar las unidades de los datos.
- Realizar balances de materia para relacionar las entradas y salidas de los diferentes subsistemas.
- Cuantificar los flujos de salida a la naturaleza o tecnosfera.
- Realizar un inventario global del sistema.
- Elaborar la documentación de los cálculos realizados.

Para la elaboración del inventario se disponen de bases de datos generales para aquellos aspectos más comunes, así como hojas de cálculo o bases de datos bibliográficas específicamente desarrolladas en el contexto del ACV, tales como: Ecoinvent, BUWAL, IDEMAT, ETH, IVAM...

- EcoInvent (Suiza): Los datos proceden del ministerio suizo de medio ambiente y contiene información de procesos de electricidad, diversas fuentes de energía, transporte, productos químicos, envases, embalajes, etc...
- BUWAL (Suiza): Antigua base de datos del ministerio suizo de medio ambiente recogida y ampliada en EcoInvent.
- IDEMAT (Países Bajos): Contiene datos de energía, transportes y materiales industriales.
- ETH: Datos referentes a Suiza y Europa occidental acerca de extracción de minerales y recursos fósiles, transporte, tratamiento de residuos y construcción de infraestructuras, entre otros.
- IVAM (Países Bajos): Contiene información acerca de agricultura y materiales de construcción.

Asimismo, diferentes programas desarrollados para realizar Análisis de Ciclo de Vida (ACV), tales como SimaPro o GaBi, disponen de bases de datos de inventario propias.

Fase 3: Evaluación de impactos ambientales en el ACV

En esta etapa se expresan los resultados del inventario según su contribución a categorías de impacto definidas (Point, 2008). La norma UNE-EN ISO 14042:2001 subdivide esta etapa en los siguientes cuatro procesos:

- **Clasificación**. Se trata de agrupar las diferentes cargas ambientales según las categorías de impacto ambiental a las que afectan. Algunos resultados del inventario pueden contribuir a más de una categoría.
- **Caracterización**. Consiste en aplicar factores de ponderación o equivalencia con el objetivo de unificar todas las sustancias relevantes dentro de cada categoría de impacto. Por ejemplo, todas las sustancias que contribuyen al calentamiento global se transforman en kg de CO₂ equivalente (Laca et al., 2011).
- **Normalización**. Consiste en contrastar los resultados de la caracterización respecto a un valor de referencia. Sirve para comparar diferentes impactos ambientales.
- **Valoración**. Consiste en establecer un valor relativo a cada categoría de impacto ambiental para determinar que categoría es más perjudicial y en que intensidad con el objetivo de hacer comparaciones y priorizar las acciones para llevar a cabo una reducción de los impactos ambientales.

La clasificación y la caracterización son etapas obligatorias en la realización de todo ACV, siendo opcionales la normalización y la valoración según el objetivo del estudio.

La evaluación de impactos es una fase necesaria para poder interpretar los resultados del inventario, para ello se estudia la contribución de cada entrada y salida del inventario a una serie de impactos conocidos. Se pasa de muchas variables (entradas y salidas) a unos pocos impactos ambientales.

Existen diversas metodologías de evaluación de impacto. Las conocidas como “midpoints” definen un perfil ambiental cuantificando el efecto ambiental sobre varias categorías (cambio climático, destrucción de capa de ozono, etc..). Solo tienen en cuenta los efectos indirectos o intermedios sobre el ser humano. Las metodologías “endpoints” tratan de analizar el efecto último del impacto ambiental sobre el hombre y los sistemas naturales. Las categorías de impacto ambiental intermedias proporcionan una información más detallada en cuanto a la manera y el punto en el que se afecta al medio ambiente y tienen más consenso científico que

las metodologías “endpoints”, por lo tanto, es más común recurrir a las intermedias (Eco-raee, 2013).

La metodología de evaluación de impacto seleccionada para llevar a cabo el estudio de ACV de este trabajo es ReCiPe, creada por RIVM, CML, PRé Consultants, Radboud Universiteit, Nijmegen y CE Delft. Es una metodología desarrollada para combinar las ventajas de los métodos CML 2001 y Eco-Indicator99. El primero tiene una fuerte base científica mientras que el segundo destaca por su fácil interpretación. La metodología ReCiPe 2016 comprende dos grupos de categorías de impacto, uno de “midpoints” y otro de “endpoints”. Las categorías de impacto correspondientes a la metodología “midpoints” y sus indicadores se explican brevemente a continuación:

- Cambio climático: El factor de caracterización para esta categoría es el potencial de calentamiento global (PCG) expresado en kg de CO_{2(eq)}, el cual cuantifica la retención de radiación infrarroja de un gas de efecto invernadero (GEI).
- Agotamiento del ozono estratosférico: El factor utilizado es el potencial de agotamiento de ozono (PAO), cuya unidad es kg de CFC-11_(eq), y se refiere a la disminución de la concentración de ozono estratosférico en un horizonte temporal infinito.
- Radiación ionizante: El potencial de radiación ionizante se expresa en Co-60_(eq) y se refiere a la emisión de un radionucleido.
- Formación de foto-oxidantes (ozono): El potencial de formación de ozono en la salud humana y en los ecosistemas terrestres se expresa en kg NO_{x (eq)}.
- Formación de materia particulada: El potencial de formación de materia particulada se expresa en kg de PM_{2,5 (eq)} primarios.
- Acidificación terrestre: El potencial de acidificación se expresa en kg equivalentes de SO₂.
- Eutrofización del agua dulce: Se expresa en kg de fósforo equivalentes.
- Toxicidad: El factor de caracterización para la toxicidad humana (carcinogénica y no carcinogénica), ecotoxicidad de agua dulce, ecotoxicidad marina y ecotoxicidad terrestre es el destino y efecto de las emisiones químicas expresadas en kg equivalentes de 1,4-diclorobenceno.
- Ocupación del suelo: El factor de caracterización se refiere a la pérdida relativa de especies provocada por un uso específico de la tierra y se mide en m² anuales equivalentes.

- Agotamiento de minerales: Teniendo en cuenta la concentración de reservas y el índice de desacumulación se determina el factor de agotamiento de cada mineral utilizando como unidad de referencia kg de cobre equivalente.
- Agotamiento de combustibles fósiles: relaciona el poder calorífico de un recurso fósil con el del petróleo crudo. Se mide en kg de petróleo equivalentes (1 kg de petróleo equivalente = 42 MJ).
- Consumo de agua: hace referencia a la cantidad de agua consumida en relación con la cantidad de agua extraída y se expresa en m³.

Las categorías de impacto anteriores (“midpoints”) se pueden relacionar con el grupo de categorías “endpoints” mediante diferentes daños, tal y como se muestra en la figura 3-2 (Huijbregts et al., 2016). La unidad utilizada para los daños a la salud humana son los años perdidos o durante los cuales una persona está incapacitada por enfermedad o accidente. En el caso de los daños a los ecosistemas se tiene en cuenta la pérdida de especies locales en un espacio y tiempo determinados y se mide en fracción de especies potencialmente desaparecidas por m² o m³ por año. El daño a la disponibilidad de recursos se mide en dólares y representa los costes adicionales de la extracción futura de recursos fósiles y minerales.

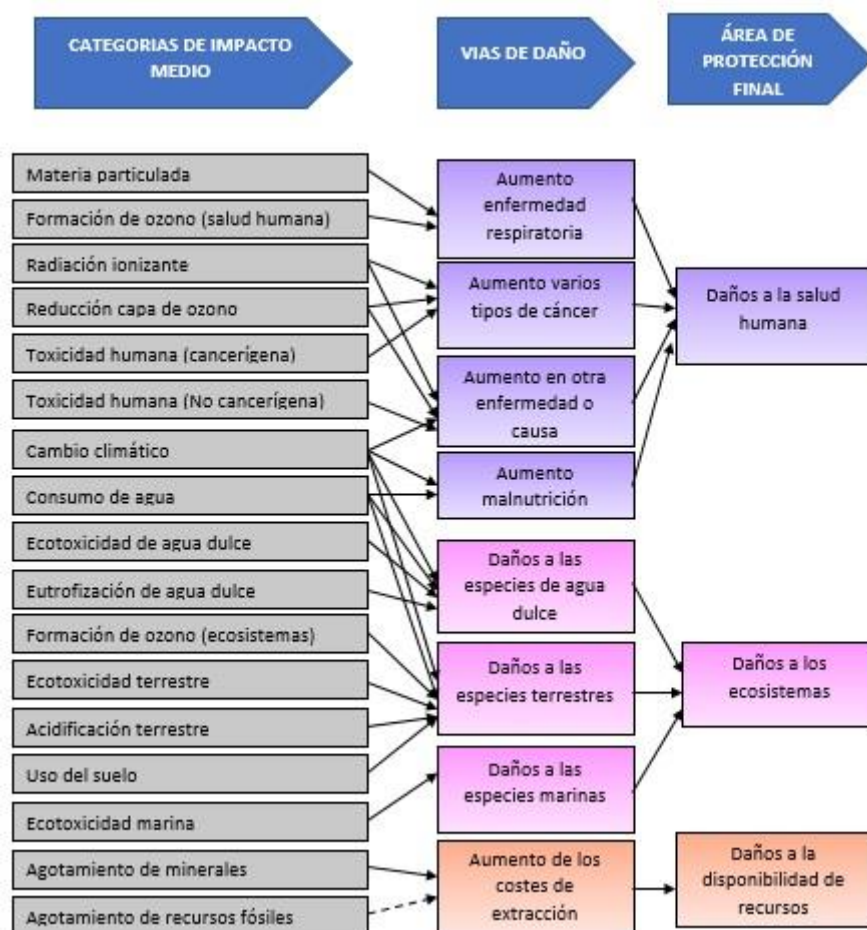


Figura 3-2: Descripción general de las categorías de impacto tratadas en el método ReCiPe 2016 y su relación con las áreas de protección (Huijbregts et al., 2016)

ReCiPe presenta tres perspectivas:

- **Jerárquica (H):** solo incluye aquello sostenido por suficientes pruebas científicas. Es un modelo de consenso y el que se considera por defecto. Será el utilizado en el presente trabajo.
- **Individualista (I):** solo incluye aquello para lo cual hay certeza científica y descarta los impactos futuros. Es un modelo a corto plazo con una visión optimista que asume que los avances tecnológicos resolverán muchos problemas futuros.
- **Igualitaria (E):** utiliza el principio de prevención, poniendo al mismo nivel los impactos presentes y futuros.

Fase 4: Interpretación y revisión de los resultados

La información del inventario y la evaluación se combinan y se interpretan los resultados para dar lugar a una serie de conclusiones y/o recomendaciones. Los resultados han de ser coherentes con el objetivo y alcance definidos. En esta fase se determinan las contribuciones que cada

proceso o producto tiene sobre los impactos ambientales pudiéndose plantear mejoras o comparaciones entre diferentes opciones (Haya, 2016).

3.2. NORMATIVA DEL ACV

Los estudios de ACV se rigen por la normativa ISO (International Organization for Standardization). Se trata de una organización internacional independiente formada por las organizaciones de estandarización de los países miembros. Su objetivo es normalizar y estandarizar diversos productos, procesos y actividades profesionales. Son normas voluntarias pero aceptadas a nivel internacional.

El conjunto de normas ISO que regulan la aplicación de la metodología del ACV son las siguientes (figura 3-3):

- **ISO 14040:2006. Gestión ambiental. Evaluación del ciclo de vida. Principios y marco.** Define los principios, marco de referencia, limitaciones y relación entre las fases del ACV. No hace referencia a la metodología para las fases individuales.
- **ISO 14044:2006. Gestión ambiental. Evaluación del ciclo de vida. Requisitos y directrices.** Define los requisitos y pone a disposición directrices concretas para realizar el inventario, la evaluación y la interpretación de los resultados.

Estas normas, actualmente en vigor, anulan y reemplazan a las normas ISO 14041:1998, ISO 14042:2000 e ISO 14043:2000.

<p>ISO 14040:2006: Principios y marco de referencia. Esta norma establece los principios y marco de referencia para llevar a cabo un ACV, describe las fases claves del proceso de ACV. Se recomienda usarla junto con ISO 14044.</p> <p>ISO 14044:2006: Requisitos y lineamientos. Esta norma establece los requisitos y orientaciones para llevar a cabo un ACV. Se recomienda utilizarla junto con ISO 14040.</p> <p>ISO/TR 14047:2003: Ejemplos de aplicación de ISO 14042. Ofrece ejemplos del empleo del ACV.</p> <p>ISO 14042 se eliminó en el 2006, pero su contenido se incorporó en las versiones de ISO 14040 e ISO 14044.</p> <p>ISO/TS 14048:2002. Formato para la documentación de datos. Ilustra los formatos para la recolección de información con énfasis en la fase del inventario de ciclo de vida (recopilación de las entradas y salidas de los procesos).</p> <p>ISO/TR 14049:2000. Ejemplos de aplicación de ISO 14041 para la definición del objetivo, alcance y análisis del inventario.</p> <p>ISO 14041 se eliminó en el 2006, pero su contenido se incluyó en las versiones del 2006 de ISO 14040 e ISO 14044.</p>
--

Figura 3-3: Normas ISO de aplicación internacional sobre ACV y ejemplo de aplicaciones (Chacón, 2008)

3.3. HUELLA DE CARBONO

La huella de carbono (HC) es un indicador que sirve para cuantificar la cantidad total de emisiones directas e indirectas de gases de efecto invernadero asociadas a una determinada actividad (Bonamente et al., 2016). Se expresa habitualmente en toneladas de CO₂ equivalente. Integra conceptos de ciclo de vida, pero se centra en un único impacto: el efecto invernadero.

Según el Protocolo de Kioto, se consideran gases de efecto invernadero (GEI) los siguientes: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), perfluorocarbonos (PFCs), hidrofluorocarbonos (HFCs), hexafluoruro de azufre (SF₆) y trifluoruro de nitrógeno (NF₃) (MAPAMA, 2016). De todos ellos, el CO₂ es el que se emite en una mayor cantidad y por ello es el que se toma como referencia para expresar la huella de carbono.

Cada uno de los gases de efecto invernadero afecta a la atmósfera en distinto grado, tanto por su capacidad de absorción de radiación infrarroja, como por su tiempo de permanencia en la atmósfera. Con el objetivo de comparar distintos gases se establece el potencial de calentamiento global (PCG). Es un valor que mide el cambio en la irradiancia neta en un periodo determinado de tiempo provocado por la emisión de 1 kg de un gas en relación con el cambio de irradiancia neta provocado por 1 kg de CO₂, por lo tanto, el PCG del CO₂ es siempre igual a 1. De esta forma, se puede expresar las emisiones de cualquier GEI en emisiones de CO₂ (eq) multiplicando su masa por su PCG.

La huella de carbono para un producto mide las emisiones de GEI ligadas a su ciclo de vida completo, desde la extracción de las materias primas hasta el final de su vida útil. Es importante contar con información suficiente, precisa y veraz, así como una metodología adecuada, para evitar sobreestimar o subestimar las emisiones.

Los estudios de huella de carbono no buscan únicamente el cálculo si no que tienen también como objetivo establecer medidas para reducir o compensar de las emisiones de GEI. Por lo tanto, estos estudios se suelen utilizar como una herramienta de referenciar para actuar con el objetivo de reducir dichas emisiones mediante la reducción del consumo de energía y materias primas o la elección de materiales con un mejor comportamiento ambiental. La metodología empleada comúnmente en estudios de huella de carbono sigue los siguientes pasos (Ihobe, 2009):

- Medición de las emisiones de GEI o de CO₂ (eq): Se necesita un inventario de las emisiones o una evaluación de las mismas. Para medir las emisiones de una actividad concreta se

siguen diferentes metodologías que han sido simplificadas en herramientas como las calculadoras de HC.

- Limitación y reducción de las emisiones de GEI: implementando tecnologías o estrategias que reduzcan las emisiones.
- Compensación de las emisiones de GEI: El objetivo es neutralizar el impacto generado por dichas emisiones mediante la participación en proyectos de compensación de emisiones (PCE). Los PCE pueden actuar de dos formas diferentes. Por un lado, reduciendo el consumo energético o sustituyendo combustibles fósiles por energías renovables. Y, por otro lado, llevando a cabo proyectos de captación de CO₂ como puede ser mediante reforestación.
- Comunicación de los resultados: Tanto de forma interna para motivar la conciencia medioambiental de los trabajadores, como externa, con el objetivo de mejorar la imagen corporativa de la organización.

La huella de carbono, al igual que el ACV, puede referirse a un producto, proceso, actividad u organización y determina la cantidad de GEI emitidos de manera directa e indirecta. Las emisiones directas son aquellas que emite la empresa en sus instalaciones o están controladas por ella. Por el contrario, las emisiones indirectas son aquellas que tienen lugar en fuentes externas a la empresa pero que son consecuencia de su actividad. Para definir correctamente los límites que consideran una emisión como directa o indirecta, surge el concepto de alcance (figura 3-4) (MAPAMA, 2016):

- **Alcance 1**: Emisiones directas de GEI. Las fuentes de emisión son propiedad de la empresa o están controladas por ella. Se incluyen las emisiones provenientes de combustión en las instalaciones de la empresa y también las emisiones fugitivas (fugas de aire acondicionado u otros conductos).
- **Alcance 2**: Son las emisiones indirectas de GEI asociadas a la generación de la electricidad consumida por la empresa.
- **Alcance 3**: Otras emisiones indirectas. Se trata de emisiones ligadas a la extracción y producción de materiales que adquiere la organización, viajes de trabajo con medios externos, transporte de materias primas, combustibles y productos realizados por terceros o la utilización de productos o servicios ofrecidos por otros.

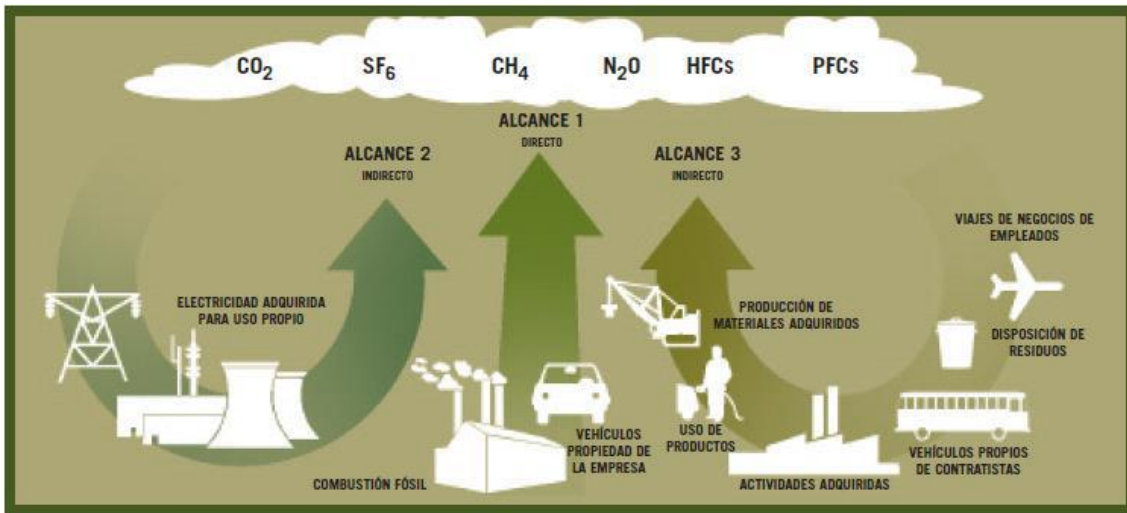


Figura 3-4: Esquema de alcances y GEI que influyen en la huella de carbono (MAPAMA, 2016)

El cálculo de la huella de carbono consiste, de forma simplificada, en aplicar la siguiente formula:

$$\text{HUELLA DE CARBONO} = \text{DATO ACTIVIDAD (A)} \times \text{FACTOR EMISIÓN (FE)}$$

El dato de actividad (A) es el parámetro que define el grado o nivel de la actividad que genera los GEI, mientras que el factor de emisión (FE) es la cantidad de GEI emitidos por cada unidad del parámetro A. El FE se calcula considerando el potencial de calentamiento global (PCG) de las emisiones gaseosas asociadas al proceso con respecto al dióxido de carbono (Bonamente et al., 2016).

Existen diversas metodologías para el cálculo de la HC, tanto de productos como de organizaciones. La más utilizada a nivel internacional para cuantificar y gestionar las emisiones de GEI es “Greenhouse Gas Protocol Corporate Standard” (GHG Protocol). Fue desarrollada por el Instituto de Recursos Mundiales y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible. La cuantificación de las emisiones de GEI está regulada por una serie de normativas desde el año 2006 (MAPAMA, 2016):

- **UNE-ISO 14064:2006.** Se divide a su vez en 3 partes. La norma ISO 14064-1 especifica los principios y requisitos a nivel de organización para la cuantificación de las emisiones de GEI. La norma 14064-2 se dirige al diseño de proyectos para reducir las emisiones y la norma 14064-3 a la validación y verificación de los GEI declarados.
- **UNE-ISO 14065:2012.** Establece los requisitos para los organismos que realizan la validación y la verificación de GEI, para su uso en acreditación u otras formas de reconocimiento.

- **UNE-ISO 14069:2013.** Cuantificación e informe de GEI para organizaciones. Constituye la guía para la aplicación de la ISO 14064-1.

3.4. HUELLA HÍDRICA

El agua dulce es un recurso escaso en el planeta, pero fundamental para mantener la vida. Las actividades humanas contaminan y consumen gran cantidad de agua, siendo el sector agrícola el mayor consumidor de agua.

La norma ISO 14046 define huella hídrica (HH) como un indicador del consumo de agua dulce asociado al ciclo de vida de un producto (Bonamente et al., 2016). Este concepto surge por primera vez en el año 2002 cuando Hoekstra publica “Virtual water trade”. La organización encargada de difundir la HH es Water Footprint Network (WFN).

La WF total incluye todos los procesos directos e indirectos que consumen agua y es la suma de tres volúmenes (Rinaldi et al., 2016):

$$HH = HH_{verde} + HH_{azul} + HH_{gris}$$

La huella hídrica azul (HH_{azul}) hace referencia al volumen de agua dulce, tanto superficial como subterránea, extraída y consumida en el proceso.

La huella hídrica verde (HH_{verde}) incluye el volumen de agua de lluvia evapotranspirada e incorporada al proceso, es decir, aquella que no se convierte en escorrentía. Tanto la huella hídrica azul como verde son volúmenes reales.

La huella hídrica gris (HH_{gris}) se trata de un volumen virtual calculado a partir de la estimación del agua dulce necesaria para asimilar la carga de contaminantes generados en el proceso y emitidos al medio. Para ello se tienen en cuenta las concentraciones naturales y estándares ambientales de calidad del agua. HH_{gris} en procesos agroalimentarios es la suma de dos componentes:

$$HH_{gris} = HH_{gris\ directa} + HH_{gris\ indirecta}$$

El componente directo hace referencia al agua virtual necesaria para asimilar los contaminantes provenientes de los fertilizantes y productos sanitarios aplicados en el cultivo hasta situarse por debajo de una concentración de referencia cuyos límites legales los marca la Directiva 98/83/CE y la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria.

El componente indirecto es el volumen de agua virtual necesario para asimilar la emisión de contaminantes en el agua durante todos los procesos del ciclo de vida de un producto a excepción de los incluidos en $HH_{gris\ directa}$. Se calcula mediante dos indicadores de contaminación que determinan la calidad del agua, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO). $HH_{gris\ indirecta}$ será el valor máximo entre los volúmenes necesarios para diluir la DBO y la DQO por debajo de los límites legales marcados por la UE.

Para el análisis de la huella hídrica del presente trabajo se ha utilizado la metodología AWARE. Se basa en el agua disponible restante en un área después de cumplir las demandas de los ecosistemas humanos y acuáticos. Este método supone que el potencial de privar a otro usuario de agua es proporcional a la cantidad de agua consumida e inversamente proporcional al agua disponible (Boulay et al., 2008).

4. ACV EN EL SECTOR ALIMENTARIO

La industria agroalimentaria es uno de los sectores más importantes a nivel mundial y los impactos ambientales que genera tienen una elevada importancia. Necesita mucha cantidad de materias primas cuya producción consume importantes recursos naturales, generando, por tanto, impactos ambientales de consideración, ya que requiere energía y agua, y produce además grandes cantidades de residuos que deben ser gestionados adecuadamente.

Aunque existen estudios de ACV desde los 60 en el sector energético, no es hasta el año 1969 cuando se realiza el primer estudio de ACV en el sector alimentario. Éste fue llevado a cabo por la empresa Coca-Cola para evaluar y comparar los impactos ambientales de distintos envases (Chacón, 2008).

Los estudios de ACV no son extrapolables de un sector a otro ya que los impactos que se generan son diferentes. Se han realizado estudios de ACV para una gran variedad de productos agroalimentarios. Por ejemplo, diferentes trabajos han sido desarrollados en el sector lácteo sobre la producción de leche líquida, queso o yogur. Concretamente, un estudio sobre la producción de queso de leche de vaca en una quesería tradicional de Asturias concluye que la leche es el subsistema que más influye en la mayoría de categorías de impacto debido principalmente al pienso de la alimentación del ganado, seguido del transporte, la energía eléctrica consumida y las emisiones de la caldera de pellets. La categoría de impacto más afectada es la transformación del suelo natural. La huella de carbono calculada en este estudio da un resultado de 10,2 kg de CO₂ eq. por kg de queso producido. La utilización del lactosuero generado como subproducto para alimentación animal disminuye la huella de carbono en 1,7 kg CO₂ eq. por kg de queso producido (Canellada, 2017). En esta misma región, en el sector avícola, un estudio sobre la producción de huevos frescos determina que el subsistema más impactante es el pienso empleado en la alimentación de las aves debido fundamentalmente a su contenido en soja y aceite de palma. La categoría de impacto ambiental más afectada es la transformación del suelo natural. La huella de carbono obtenida en este estudio es de 3,5 kg CO₂ eq. por kg de huevos producidos (Abín, 2016).

En cuanto a la producción de frutas, un estudio sobre sistemas de producción convencionales y orgánicos en Nueva Escocia (Canadá), el uso de combustibles, fertilizantes y productos fitosanitarios son los subsistemas que más contribuyen a las categorías de impacto analizadas en la producción de manzanas. Cuando el límite del sistema es ampliado hasta las tiendas (incluyendo la distribución), destaca la fuerte influencia en las cargas ambientales de la energía eléctrica necesaria para el almacenamiento, debido principalmente a la dependencia del carbón

en la generación de electricidad en Nueva Escocia. Diferentes escenarios demuestran la eficacia del transporte marítimo o ferroviario en comparación con el transporte por carretera (Keyes et al., 2015).

Un trabajo llevado a cabo en la provincia de Málaga comparó una mermelada de naranja ecológica con otra no ecológica, concluyendo que el tarro de vidrio y la tapa de hojalata son los subsistemas más impactantes en ambos casos, diferenciándose principalmente en la fase de cultivo de las naranjas, donde la variedad ecológica sitúa la fase agraria como el subsistema menos impactante mientras que en la variedad no ecológica ocupa el tercer lugar. Este hecho se debe al uso de herbicidas y fertilizantes en la variedad no ecológica que contribuyen de manera significativa a las categorías de impacto de eutrofización, acidificación y ecotoxicidad. En cuanto a la categoría de cambio climático, se observa un impacto beneficioso debido al potencial de absorción de CO₂ de los naranjos, en ambos casos. Escenarios alternativos en los que se plantea el reciclaje de los tarros de vidrio y una distribución a mercados locales reducen significativamente los impactos en la mayoría de categorías (Pérez, 2013).

En cuanto a las bebidas fermentadas, un estudio sobre la producción en Ecuador de cerveza tipo Lager envasada en botella de vidrio demuestra que la producción de las botellas es el principal aspecto impactante en el ciclo de vida de la cerveza ya que presenta contribuciones por encima del 50% en todas las categorías de impacto analizadas (figura 4-1). El cultivo de la cebada y arroz, debido al uso de fertilizantes, y el consumo de energía eléctrica son los siguientes aspectos más impactantes (Chang, 2017).

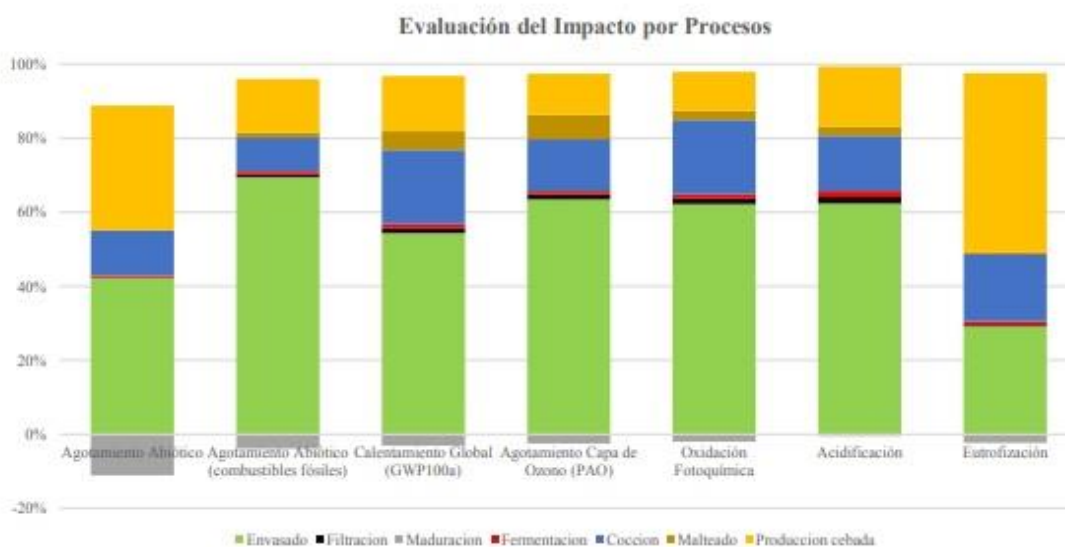


Figura 4-1: Resultados de la contribución de impactos por procesos en la elaboración de cerveza (Chang, 2017)

Siguiendo en el sector de las bebidas alcohólicas, un estudio en Reino Unido sobre la cerveza, el vino y bebidas espirituosas, desde la cuna al consumidor, demuestra que la etapa de consumo es una de las que más contribuciones aporta a las categorías de impacto como consecuencia del uso de energía en pubs, bares, hoteles y restaurantes, especialmente en el caso de la cerveza. En esta bebida, la fase de consumo es el subsistema más impactante, seguido del transporte y el envasado. En el caso del vino, es el transporte el que presenta los mayores impactos relativos seguidos de la fase agrícola y del consumo. En cuanto a las bebidas espirituosas, los impactos se distribuyen de manera muy uniforme a lo largo del ciclo de vida. La tendencia a consumir bebidas muy frías que demandan mayor refrigeración, la internacionalización del sector que necesita de mayor transporte y la preferencia de cerveza en botella o lata en lugar de barril hace previsible un aumento de las emisiones en el sector (Garnett, 2007).

Un estudio de ACV de un vino tinto añejo en una bodega catalana muestra que, al igual que ocurre en los casos citados anteriormente, el subsistema de embotellado es el mayor contribuyente en la mayoría de categorías de impacto. El segundo subsistema más importante en la contribución a los impactos analizados es la viticultura, especialmente en la ocupación de la tierra y el consumo de agua (Meneses et al., 2016). Estudios específicos en la industria del vino de montaña indican que el nivel de mecanización y la eficiencia de la maquinaria en los trabajos agrícolas es determinante en cuanto a las emisiones de GEI. La realización de los trabajos agrícolas de manera manual reduce sustancialmente las emisiones (Cichelli et al., 2016). Con una perspectiva de cuna a la tumba, las etapas que más contribuyen a las emisiones de GEI son las actividades de viticultura, el envasado y el final de la vida útil. Los resultados comparativos en variedades de vino demuestran que los vinos blancos suelen tener una mayor HC que los vinos. Esta variación puede estar relacionada con los mayores insumos por unidad de superficie que precisan las plantaciones de vides de variedades blancas. También se determina que la HC en la producción de vino orgánico es significativamente inferior a la de los vinos convencionales (Rugani et al., 2013).

5. DESCRIPCIÓN DE LA BODEGA DE VINO D.O.P. CANGAS “VIDAS”

La elaboración de este estudio de ACV se ha podido llevar a cabo gracias a la colaboración de la bodega “Vidas” (figura 5-1), ubicada en la localidad de Cangas del Narcea, en el suroccidente del Principado de Asturias.



Vides y Vinos Asturias S.L.

Figura 5-1: Logotipo de la bodega “Vidas”

La bodega es un proyecto familiar de nueva creación que tiene como objetivo contribuir y en la conservación y desarrollo de la vitivinicultura del suroccidente asturiano. Su producción anual en el año 2017 fue de 18.550 litros de vino que les permitieron sacar al mercado 24.733 botellas de vino bajo la D.O.P. Cangas.

Poseen 3,5 hectáreas de viñedos propios, 3 de ellas de variedades tintas y 0,5 de variedades blancas. De sus viñedos sale en torno al 40% de la uva que procesa la bodega, comprando el 60% restante a viticultores de la zona. Las variedades cultivadas son Albarín Blanco, Albarín Negro, Verdejo Negro, Carrasquín y Mencía. Ésta última es la única de las 5 que no es autóctona de Asturias, pero está permitido su empleo en la D.O.P. Cangas.

Los distintos tipos de vino elaborados en la bodega se presentan en botellas borgoña de 0,75 litros (figura 5-2). La producción de vino blanco representa el 40% del total de la producción de la bodega elaborando dos tipos de vino, ambos monovarietales, a partir de uvas Albarín Blanco:

- **7 Vidas Blanco.** Tiene un grado alcohólico de 12,5% y se caracteriza por olores moscatel, florales y afrutados y una fresca acidez. Fermentación en depósito durante 10-12 días. Aproximadamente el 34% del vino elaborado es de este tipo.
- **100 Montañas Blanco.** Tiene un grado alcohólico de 12,5% y se diferencia del anterior principalmente en su fermentación, ya que esta tiene lugar en barricas de roble francés de 500 litros sobre sus lías durante varios meses. Este vino representa poco más del 5% del vino elaborado en la bodega.

La producción de vino tinto representa el 60% del total, elaborando 4 tipos de vino:

- **7 Vidas Tinto.** Se elabora a partir de las variedades de uva tinta Albarín Negro, Verdejo Negro, Carrasquín y Mencía. Grado alcohólico del 12%. Representa el 34% del vino comercializado por la bodega.
- **7 Vidas Roble.** Se elabora a partir de las variedades Albarín Negro, Carrasquín y Verdejo negro con fermentación y crianza en barricas de roble francés de 30 hl. Grado alcohólico del 12,5%. La producción de esta variedad de vino es el 17% del total.
- **100 Montañas Albarín Negro.** Se trata de un vino monovarietal con un 13% de grado alcohólico. La fermentación se realiza en barricas de 300 litros con un periodo de crianza posterior de 8 meses en barricas de roble francés y americano. Poco más del 3% del vino comercializado pertenece a esta variedad.
- **100 Montañas Carrasquín.** La variedad utilizada en este tipo de vino es Carrasquín. La producción apenas supera el 5% del total. Tiene un grado alcohólico del 13%.



Figura 5-2: Presentación de las seis variedades de vino elaborados en la bodega “Vidas”

6. ACV DE LA BODEGA “VIDAS”

6.1. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo de este trabajo fin de máster consiste en determinar los distintos impactos ambientales derivados de la producción de vino D.O.P. Cangas en la bodega “Vidas” mediante la realización de un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y, teniendo en cuenta los resultados obtenidos, plantear posibles mejoras para disminuir dichos impactos.

- **Función del sistema:** La función que presenta la bodega tomada como modelo en el presente trabajo es la producción de 6 tipos de vino bajo la D.O.P. Cangas, a partir tanto de uva de sus propios viñedos como de viticultores de la zona, para su posterior distribución y venta.
- **Sistema a estudio:** Consta de todas las actividades relacionadas con la producción anual (2017), incluyendo cultivo de la vid, materiales, recursos energéticos y transporte. Dado que los rendimientos de las uvas tintas y blancas en el año de estudio fueron muy similares se analizaron conjuntamente ambos tipos de vino.
- **Unidad funcional:** La unidad funcional tenida en cuenta para llevar a cabo el ACV del viñedo y de la bodega será 1 kg de uvas y 1 botella (0,75 litros), respectivamente.
- **Límites del sistema:** Para el estudio de la producción de uva se han considerado los consumos de fitosanitarios y abono del viñedo, así como el combustible necesario para el traslado de los trabajadores a las respectivas fincas, el uso de la tierra, el CO₂ captado en el crecimiento de las vides y las emisiones de gases derivadas de la incineración de los residuos de la poda (figura 6-1).

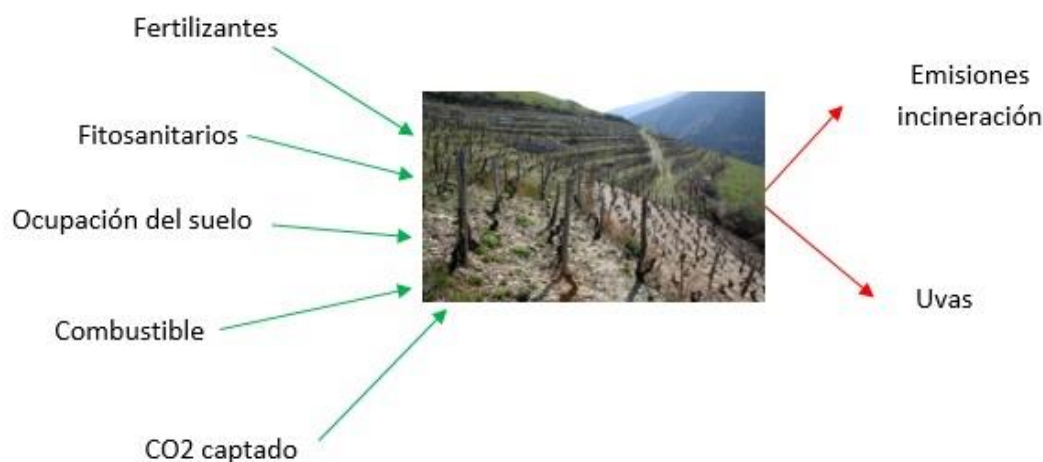


Figura 6-1: Límites del sistema “viñedo”.

En la bodega se ha tenido en cuenta el consumo de materias primas necesarias para la producción de vino (uvas y aditivos), los materiales de embalaje (botellas, etiquetas, corchos, cápsulas, cajas de cartón y plástico) y los productos de limpieza (sosa). También se incluyen los consumos de electricidad, agua y el transporte de las materias primas y productos químicos. Por último, se han tenido en cuenta la generación de residuos derivados de la actividad de la bodega, constituidos fundamentalmente por materia orgánica (raspón, pieles, pepitas...) y agua residual (figura 6-2). No se ha tenido en cuenta la distribución de las botellas hasta los puntos de venta ni los residuos generados tras su consumo.

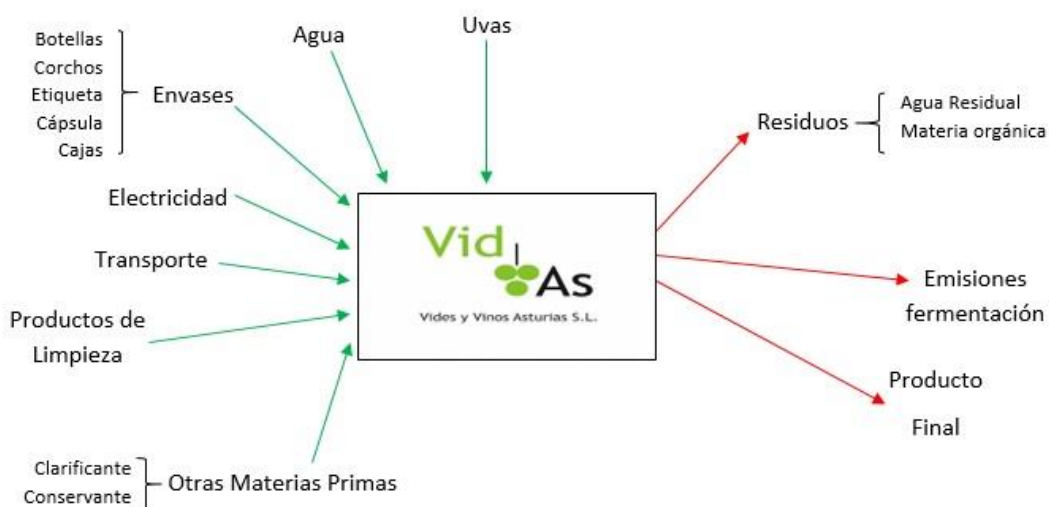


Figura 6-2: Límites del sistema “bodega”.

Para llevar a cabo la evaluación de los diferentes impactos ambientales se utilizó el software SimaPro V.8, el cual incluye diferentes metodologías adecuadas para realizar estudios de ACV. Para este trabajo se ha empleado la metodología ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.01, recomendada en distintas publicaciones para la realización de estudios de ACV en el sector agroalimentario (Heinonen et al., 2016).

La metodología ReCiPe incluye dos perspectivas ya citadas en el punto 3.1. de este trabajo. Mediante la perspectiva “midpoints” se define un perfil ambiental cuantificando el efecto ambiental sobre 18 categorías (cambio climático, reducción de la capa de ozono, radiación ionizante, formación de ozono para salud humana, formación de partículas, formación de ozono para ecosistemas terrestres, acidificación terrestre, eutrofización de agua dulce, eutrofización marina, ecotoxicidad terrestre, ecotoxicidad de agua dulce, ecotoxicidad marina, toxicidad carcinogénica humana, toxicidad no carcinogénica humana, uso del suelo, agotamiento de minerales, agotamiento de recursos fósiles y consumo de agua) teniendo en cuenta únicamente los efectos indirectos o intermedios sobre el ser humano.

Los datos que se han utilizado para realizar este estudio de ACV son en su mayoría datos reales facilitados por los responsables de la bodega “Vidas” referente a la producción del año 2017.

Se han supuesto varias aproximaciones que se citan a continuación:

- No se han considerado los residuos de los envases de los productos adquiridos por la empresa salvo el plástico que envuelve las botellas puesto que los demás resultan minoritarios.
- En el fertilizante se ha considerado la composición declarada por la marca comercial, descartando el cobre, manganeso y zinc por su baja concentración, menor del 0,01% del total.
- En el sistema del viñedo no se ha considerado entrada de agua porque no se riega y únicamente utilizan el agua de lluvia.
- En la mayoría de productos fitosanitarios se utilizó una entrada genérica en el programa SimaPro debido a que no existe en la base de datos entradas para los componentes de los productos comerciales utilizados.
- Se han extrapolado los datos de la producción de uva en los viñedos propios a los viñedos de terceros de los que adquiere parte de las uvas para la producción de vino en la bodega, teniendo en cuenta que la D.O.P. Cangas obliga a que la uva sea producida en la zona bajo una normativa específica, se considera que las prácticas de cultivo son similares.
- Se consideró que el 100% de la composición de los corchos para las botellas era corteza de corcho cruda. Se ha tenido en cuenta las botellas, las cápsulas, las etiquetas y las cajas de cartón. No se ha considerado la tinta ni el adhesivo de las etiquetas.
- Para el cálculo de la cantidad de residuo de poda se ha llevado a cabo una aproximación del número de cepas de cada variedad de vid teniendo en cuenta el vino producido por cada una de ellas y suponiendo que la productividad es igual en todas.

6.2. ANÁLISIS DE INVENTARIO

En este apartado se incluyen todos los datos, adaptados a las unidades funcionales consideradas, correspondientes a entradas y salidas que tuvieron lugar durante el año 2017 en la producción de vino de la bodega “Vidas”. Las bases de datos utilizadas fueron EcoInvent 3, Agri-footprint y USLCI, empleando para ello el software SimaPro.

6.2.1. VIÑEDO

6.2.1.1. Entradas

Fertilizante

Se utilizó un fertilizante mineral en cantidad de 60 gramos por cepa cada 3 años. En los viñedos propios de la bodega hay unas 17.000 cepas, por lo que la cantidad de abono necesario es 1.020 kg, 340 kg cada año. La uva propia vendimiada asciende a 10.881 kg, por lo que para producir un kg de uva se precisa de **31,23 g** de fertilizante. El fertilizante comercial adquirido no está disponible en las bases de datos por lo que se ha tenido en cuenta los componentes mayoritarios introduciendo en el software SimaPro las siguientes entradas obtenidas de la base de datos EcoInvent 3:

- Nitrógeno (N): **1,87 g**
- Fosfato (P₂O₅): **2,50 g**
- Potasio (K₂O): **6,23 g**
- Calcio (CaO): **2,50 g**
- Magnesio (MgO): **0,63 g**
- Azufre (SO₃): **2,50 g**
- Boro (B): **0,06 g**

Fitosanitarios

Como productos fitosanitarios se utilizó azufre (20-25g/ha) y diversos fungicidas comerciales para los cuales se utilizó una entrada genérica de la base de datos Agri-Footprint salvo para un componente, el ditiocarbamato, el cual se introdujo a partir de la base de datos EcoInvent 3, al igual que el azufre. Las cantidades correspondientes a la producción de 1 kg de uva son las siguientes:

- Azufre: **7,24 g**
- Ditiocarbamato: **0,15 g**
- Fungicida: **1,48 g**

Combustible

Se incluye el consumo del combustible necesario en el traslado del personal a las fincas para la vendimia u otros trabajos. Ese consumo ascendió a 472 l, 43,38 ml por cada kg de uva producido. Se utilizó la entrada “Diesel [Europe without Switzerland]” de la base de datos EcoInvent 3. La entrada se debe indicar en unidades de masa por lo que ha sido necesario considerar la densidad media del diesel (832 kg/m³) para calcular la masa de combustible por kg de uva. El resultado es **36,1 g**.

CO₂ captado por el crecimiento de las vides

En este subsistema se tiene en cuenta la cantidad de CO₂ captado debido a la producción de la uva y se calcula a partir del carbono captado en los residuos de poda, el mosto de la uva y los residuos del prensado.

Para el cálculo del CO₂ captado en los residuos de la poda, en primer lugar, se calcula la cantidad de residuos de poda generados. Las cantidades medias de residuo de poda por cepa en cada variedad de vid son las siguientes (Moreno, 2011):

- Albarín tinto: 497,5 g
- Carrasquín: 942,3 g
- Mencía: 346,1 g
- Verdejo tinto: 814,7 g
- Albarín blanco: 826 g

A partir del vino producido por cada variedad y suponiendo una igual productividad en cada una de ellas se calcula una aproximación del número de cepas de cada variedad para determinar una media ponderada de la cantidad de poda obtenida en las variedades tintas:

$$0,5 \text{ ha variedades blancas} \times \frac{4000 \text{ cepas}}{\text{ha}} \times \frac{0,826 \text{ kg}}{\text{cepa}} = 1.652 \text{ kg de residuo}$$

$$3 \text{ ha variedades tintas} \times \frac{5000 \text{ cepas}}{\text{ha}} \times \frac{0,693 \text{ kg}}{\text{cepa}} = 10.395 \text{ kg de residuo}$$

Para estimar la cantidad de residuos secos se ha considerado un porcentaje de residuo seco en variedades blancas de 48,2% y en variedades tintas de 48,8% (Mendivil et al., 2013):

$$1.652 \text{ kg de residuo (blancas)} \times 0,482 = 796 \text{ kg residuo seco}$$

$$10.395 \text{ kg de residuo (tintas)} \times 0,488 = 5.073 \text{ kg residuo seco}$$

Teniendo en cuenta que la fracción media de carbono en variedades blancas es de 46,1% y en variedades tintas de 46,4% (Mendivil et al., 2013), la cantidad de carbono captado en los residuos de poda será:

$$796 \text{ kg residuos seco (blancas)} \times 0,461 + 5.073 \text{ kg residuos seco (tintas)} \times 0,464 = 2.720,8 \text{ kg C}$$

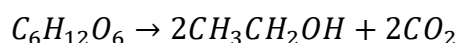
$$2.720,8 \text{ kg C} \times \frac{44}{12} = 9.976,4 \text{ kg CO}_2 \text{ captado en los residuos de poda}$$

$$\frac{9.976,4 \text{ kg CO}_2}{10.881 \text{ kg uva}} = 916,9 \frac{\text{g CO}_2 \text{ captado en los residuos de poda}}{\text{kg uva}}$$

Para el cálculo del CO₂ captado en el mosto de la uva se tiene en cuenta el carbono de la glucosa que es convertida en etanol durante la fermentación. Teniendo en cuenta los diferentes vinos, su grado alcohólico y la cantidad de botellas producidas de cada uno, se calcula una media ponderada de la graduación, siendo esta 12,37%. Con ella se calculan los moles de etanol producidos considerando que la bodega produjo 18.550 litros de vino en el año 2017.

$$18.550 \text{ L vino} \times \frac{0,1237 \text{ L etanol}}{\text{L vino}} \times \frac{789 \text{ g etanol}}{1 \text{ L etanol}} \times \frac{1 \text{ mol etanol}}{46 \text{ g etanol}} = 39.358 \text{ moles etanol}$$

Mediante la estequiometría de la reacción de fermentación de la glucosa se obtiene el CO₂ emitido en la fermentación:



$$39.358 \text{ moles etanol} \times \frac{2 \text{ moles CO}_2}{2 \text{ moles etanol}} \times \frac{0,044 \text{ Kg CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 1.732 \text{ kg CO}_2 \text{ emitidos}$$

La glucosa está formada por 6 carbonos, por lo que el CO₂ captado en el mosto será 3 veces el emitido durante la fermentación, 5.196 kg.

Por último, es necesario conocer el CO₂ captado en el residuo procedente de la prensa de la uva. Según los datos de la bodega, la cantidad de mosto extraído se corresponde con el 70% del peso de la uva, así que se consideró que el 30% restante corresponde con los raspones, hollejos y pepitas. La cantidad de residuo es calculada de la siguiente forma:

$$26.898,4 \text{ kg uva} \times 0,3 = 8.069,5 \text{ kg de residuo}$$

La humedad de dicho residuo es del 73,6% y contiene un 46,6% de carbono (Ferrer et al., 1993). El cálculo del CO₂ captado en el residuo es el siguiente:

$$8.069,5 \text{ kg residuo} \times \frac{100 - 73,6}{100} = 2.130,3 \text{ kg de fracción seca}$$

$$2.130,3 \text{ kg fracción seca} \times 0,466 = 992,7 \text{ kg carbono}$$

$$992,7 \text{ kg C} \times \frac{44}{12} = 3.639,9 \text{ kg CO}_2 \text{ captados en el residuo}$$

La cantidad de CO₂ captado en el mosto y en los residuos de prensado es de 8.835,9 kg CO₂, lo que equivale a 328,5 g CO₂ por kg de uva. Sumado el CO₂ captado en los restos de poda, se obtiene la cantidad de **1.245,4 g CO₂ por kg de uva**.

Ocupación del suelo

Hace referencia al suelo ocupado por el viñedo. Se utilizó la entrada “occupation, agriculture” del software SimaPro expresada en ha/año. La bodega dispone de 3,5 ha en las que se producen 10.881 kg de uva, por lo tanto:

$$\frac{3,5 \text{ ha/a}}{10.881 \text{ kg uva}} = 0,00032 \frac{\text{ha}}{\text{a}} \text{ por cada kg de uva}$$

6.2.1.2. Salidas

Uvas

Las uvas son la principal salida que presenta este estudio de ACV para el viñedo y la referencia tomada en cuenta para la definición de la unidad funcional (**1 kg** de uva producida en el año 2017). En ese año la producción de uva propia fue de 10.881 kg, adquiriendo otros 16.017 kg a terceros productores de la zona.

Residuos de poda

Es el principal residuo en el cultivo de la vid. El destino de este residuo es la quema en el propio viñedo. Para el cálculo de las emisiones producidas por la combustión de los residuos vegetales se siguió el método propuesto por el IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático) que consta de las siguientes etapas (Junta de Andalucía, 2009):

➤ Estimación de la cantidad de residuos de poda.

Ha sido calculado en el apartado correspondiente al CO₂ captado y son 796 kg y 5.073 kg de residuo seco procedente de vides blancas y tintas, respectivamente.

➤ Estimación de la biomasa quemada total.

La biomasa quemada total se calcula aplicando a la cantidad de residuo seco la fracción oxidada, considerada 0,9.

$$796 \text{ kg residuo seco (blancas)} \times 0,9 = 716 \text{ kg}$$

$$5.073 \text{ kg residuo seco (tintas)} \times 0,9 = 4.566 \text{ kg}$$

➤ Cálculo del carbono y el nitrógeno total liberado.

Se calcula multiplicando la biomasa quemada por la fracción de carbono y nitrógeno respectivamente. La fracción media de carbono en variedades blancas es de 46,1% y en variedades tintas de 46,4% (Mendívil et al., 2013).

$$716 \text{ kg (blancas)} \times 0,461 = 330 \text{ kg C total liberado}$$

$$4.566 \text{ kg (tintas)} \times 0,464 = 2.119 \text{ kg C total liberado}$$

$$\text{Carbono Total Liberado} = 330 \text{ kg} + 2.119 \text{ kg} = 2.449 \text{ kg}$$

La fracción media de nitrógeno en variedades blancas es de 0,77% y en variedades tintas 0,75% (Mendívil et al., 2013).

$$716 \text{ kg (blancas)} \times \frac{0,77}{100} = 5,5 \text{ kg N total liberado}$$

$$4.566 \text{ kg (tintas)} \times \frac{0,75}{100} = 34,2 \text{ kg N total liberado}$$

$$\text{Nitrogeno Total Liberado} = 5,5 \text{ kg} + 34,2 \text{ kg} = 39,7 \text{ kg}$$

➤ Estimación de las emisiones de CH₄ y CO.

Se cuantifican multiplicando el carbono total liberado por la tasa de emisión de cada gas y su relación de conversión y dividiendo por el total de kg de uva producidos (Junta de Andalucía, 2009).

$$\text{Emisión de CH}_4 = 2.449 \text{ kg C} \times 0,005 \times \frac{16}{12} \div 10.881 = 1,5 \frac{\text{g CH}_4}{\text{kg uva}}$$

$$\text{Emisión de CO} = 2.449 \text{ kg C} \times 0,06 \times \frac{28}{12} \div 10.881 = 31,5 \frac{\text{g CO}}{\text{kg uva}}$$

➤ Estimación de las emisiones de N₂O y NO_x.

Se calcula como en el caso anterior, pero partiendo del N total liberado.

$$\text{Emisión de } N_2O = 39,7 \text{ kg N} \times 0,007 \times \frac{44}{28} \div 10.881 = \mathbf{0,04} \frac{\text{g } N_2O}{\text{kg uva}}$$

$$\text{Emisión de } NO_x = 39,7 \text{ kg N} \times 0,12 \times \frac{46}{14} \div 10.881 = \mathbf{1,44} \frac{\text{g } NO_x}{\text{kg uva}}$$

➤ Estimación de las emisiones de SO_x, COVNM y NH₃.

Para la cuantificación del resto de GEI indirectos (SO_x, COVNM y NH₃) se ha realizado a partir del carbono total liberado calculado anteriormente y aplicando los factores de emisión correspondientes que recoge el método CORINAIR (Junta de Andalucía, 2009):

$$\text{Emisión de } SO_x = 2.449 \text{ kg C} \times \frac{1,6 \text{ g } SO_x}{\text{kg C}} \div 10.881 = \mathbf{0,36} \frac{\text{g } SO_x}{\text{kg uva}}$$

$$\text{Emisión de } COVNM = 2.449 \text{ kg C} \times \frac{21 \text{ g } COVNM}{\text{kg C}} \div 10.881 = \mathbf{4,7} \frac{\text{g } COVNM}{\text{kg uva}}$$

Los COVNM (compuestos orgánicos volátiles no metano) están formados fundamentalmente por butano, propano y etano a partes iguales, por lo tanto, las cantidades serían **1,6 g** de cada uno de ellos.

$$\text{Emisión de } NH_3 = 2.449 \text{ kg C} \times \frac{1,8 \text{ g } NH_3}{\text{kg C}} \div 10.881 = \mathbf{0,41} \frac{\text{g } NH_3}{\text{kg uva}}$$

➤ Estimación de las emisiones de CO₂.

Teniendo en cuenta que el 0,0005% del carbono se transforma en CH₄, el 0,6% en CO y 2% en COVNM, se considera que el 97,4% restante se transforma en CO₂.

$$2.449 \text{ kg C} \times 0,974 \times \frac{44}{12} \div 10.881 \text{ kg uva} = \mathbf{803,8} \frac{\text{g } CO_2}{\text{kg uva}}$$

A modo de resumen del inventario del viñedo, en la tabla 6-1 se muestran todos los datos organizados según los subsistemas considerados.

Tabla 6-1: Datos de inventario para el viñedo en estudio, expresados según la unidad funcional (1kg de uva).

Subsistemas	
1. Fertilizante	
a) Nitrógeno N (g)	1,87
b) Fosfato P ₂ O ₅ (g)	2,50
c) Potasio K ₂ O (g)	6,23
d) Calcio CaO (g)	2,50
e) Magnesio MgO (g)	0,63
f) Azufre SO ₃ (g)	2,50
g) Boro B (g)	0,06
2. Fitosanitarios	
a) Azufre (g)	7,24
b) Ditiocarbamato (g)	0,15
c) Fungicida genérico (g)	1,48
3. Combustible, diesel (g)	
	36,1
4. CO₂ captado crecimiento vides (g)	
	1.245,4
5. Ocupación del suelo (ha/a)	
	0,00032
6. Emisiones (incineración residuos de poda)	
a) CH ₄ (g)	1,5
b) CO (g)	31,5
c) N ₂ O (g)	0,04
d) NO _x (g)	1,44
e) SO _x (g)	0,36
f) Butano (g)	1,6
g) Propano (g)	1,6
h) Etano (g)	1,6
i) NH ₃ (g)	0,41
j) CO ₂ (g)	803,8

6.2.2. BODEGA

6.2.2.1. Entradas

Uvas

El consumo total de uvas que presentó la bodega “Vidas” durante su actividad en el año 2017 fue de 26.898,4 kg. La entrada seleccionada para el cálculo de los impactos ambientales derivados de la producción del vino ha sido la fase previa del viñedo del presente trabajo. La cantidad de uvas necesarias para producir una botella de vino de 0,75 l es 1,0876 kg.

Otras materias primas

En este subsistema se incluye el clarificante y el conservante. Como clarificante se ha utilizado una marca comercial compuesta de proteína de guisante 100% en cantidades entre 1 y 3 g por cada litro de vino. La unidad funcional es 1 botella de vino (0,75 litro), así que el cálculo es el siguiente:

$$\frac{2 \text{ gramos clarificante}}{\text{litro vino}} \times \frac{0,75 \text{ litros vino}}{1 \text{ botella}} = 1,5 \frac{\text{g clarificante}}{\text{botella}}$$

La entrada seleccionada en el software SimaPro es “Pea, protein-isolate” de la base de datos Agri-Footprint.

El conservante utilizado es sulfuroso en cantidades de 0,5 a 0,7 litro por cada 1000 kg de uva dependiendo del grado de madurez de la misma. Se considerará una media de 0,6 litro. La concentración del sulfuroso es del 15%. Se estima la cantidad de sulfuroso de la siguiente manera:

$$\frac{0,6 \text{ L conservante}}{1000 \text{ kg uva}} \times \frac{15 \text{ gramos } SO_2}{\text{L conservante}} \times \frac{1,09 \text{ kg uva}}{1 \text{ botella}} = 0,0098 \frac{\text{g } SO_2}{\text{botella}}$$

La entrada seleccionada es dióxido de azufre líquido de la base de datos EcoInvent 3.

Agua

Este subsistema incluye el agua consumida en la bodega durante la elaboración del vino, principalmente para la limpieza de las instalaciones. El consumo de agua en el año 2017 ascendió a 35 m³:

$$\frac{35 \text{ m}^3 \text{ agua}}{1 \text{ año}} \times \frac{1.000 \text{ litros}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ año}}{24.733 \text{ botellas}} = 1,42 \frac{\text{litros agua}}{\text{botella}}$$

El agua proviene de la red municipal y se seleccionó la entrada “Tap Water{Europe without Switzerland}|market for|APOS, S” de la base de datos EcoInvent 3.

Electricidad

La bodega presentó un consumo de electricidad de 13 kW.h/día. El consumo por botella es el siguiente:

$$\frac{13 \text{ kw}}{\text{h. dia}} \times \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \times \frac{1 \text{ año}}{24.733 \text{ botellas}} = \mathbf{0,192} \frac{\text{ kW}}{\text{h. botella}}$$

El consumo se introdujo en el software SimaPro a partir de la entrada “electricity, low voltaje{ES}|market for|APOS, S” de la base de datos EcoInvent 3.

Envases

El material de envasado incluye las botellas de cristal, corchos, etiquetas, cápsulas, cajas de cartón y plástico de encintar.

Cada botella de cristal verde pesa **330 g**. Se utilizó la entrada “Packaging glass, green{RER w/o CH+DE}|production|APOS, S” de la base de datos EcoInvent 3.

Cada corcho pesa **5,24 g**. Se empleó la entrada “Cork, raw{GLO}|market for|APOS, S” de la base de datos EcoInvent 3.

Las etiquetas colocadas en cada botella pesan **3,93 g**. Se consideró la entrada “Kraft paper, bleached{GLO}|market for|APOS, S” de la base de datos EcoInvent 3.

Cada una de las cápsulas pesa 1,28 gramos y está compuesta por una capa de polietileno recubierta de aluminio. El 88% del peso corresponde al aluminio, por lo que la cantidad de este componente es **1,13 g**. Se empleó la entrada “Aluminum, secondary, rolled/RNA” disponible en la base de datos USLCI. El resto se trata de polietileno, 0,15 gramos que se sumarán al resto de plástico utilizado.

Se consumieron 4 rollos en el año 2017 de plástico para embalar con un peso de 5 kg cada uno. La cantidad de plástico por botella se calculó de la siguiente forma:

$$\frac{4 \text{ rollos}}{1 \text{ año}} \times \frac{5 \text{ kg plástico}}{1 \text{ rollo}} \times \frac{1 \text{ año}}{24.733 \text{ botellas}} + 0,15 \text{ g} = \mathbf{0,96} \frac{\text{ g plástico}}{\text{ botella}}$$

Se consideró la entrada “Polyethylene, low density, granulate{GLO}|market for|APOS, S” de la base de datos EcoInvent 3.

Las botellas se empaquetan en cajas de cartón de 6 unidades, cada caja pesa 258 g. Por lo que el peso asignado a cada botella será de **43 g**. Se utilizó la entrada “Carton board box production, with offset printing{GLO}|market for|APOS, S” disponible en la base de datos EcoInvent 3.

Transporte

Este subsistema hace referencia al transporte de los productos adquiridos por la bodega desde su origen hasta Cangas del Narcea y de los desechos producidos hasta el vertedero. Se mide en función de los kilogramos por kilómetro (kg.km), por lo tanto, se calcula multiplicando la masa por la distancia entre el origen y el destino.

Los corchos provienen de una empresa francesa ubicada en la localidad de Ceret. La distancia hasta Cangas del Narcea es de 1.036 km:

$$5,24 \text{ gramos} \times \frac{1 \text{ kg}}{1.000 \text{ g}} \times 1.036 \text{ km} = 5,43 \text{ kgkm}$$

Las botellas se adquieren en la localidad leonesa de Cacabelos, a donde llegan desde la fábrica situada en Barcelona:

$$330 \text{ gramos} \times \frac{1 \text{ kg}}{1.000 \text{ g}} \times 1.016 \text{ km} = 335,28 \text{ kgkm}$$

Las cajas se traen desde Granda (Asturias):

$$43 \text{ gramos} \times \frac{1 \text{ kg}}{1.000 \text{ g}} \times 98 \text{ km} = 4,21 \text{ kgkm}$$

Las cápsulas se transportan desde La Rioja hasta Cangas del Narcea:

$$1,28 \text{ gramos} \times \frac{1 \text{ kg}}{1.000 \text{ g}} \times 454 \text{ km} = 0,58 \text{ kgkm}$$

Las etiquetas se compran en la localidad gallega de Quiroga:

$$3,93 \text{ gramos} \times \frac{1 \text{ kg}}{1.000 \text{ g}} \times 185 \text{ km} = 0,73 \text{ kgkm}$$

Por último, los residuos se trasladan desde la bodega hasta el vertedero de Cogersa situado en el centro de Asturias:

$$334,3 \text{ gramos} \times \frac{1 \text{ kg}}{1.000 \text{ g}} \times 104 \text{ km} = 34,77 \text{ kgkm}$$

En el software SimaPro se introdujo la suma de todos los resultados, cantidad que asciende a **381 kg.km**. Se consideró la entrada “Transport, freight, lorry, unspecified{GLO}|market for|APOS, S”.

Productos de limpieza

Como producto de limpieza se emplea una disolución de sosa al 50% en garrafa de 28 kg con una duración de 3 campañas, por tanto:

$$\frac{28 \text{ kg sosa}}{3 \text{ años}} \times \frac{1 \text{ año}}{24.733 \text{ botellas}} \times \frac{1.000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = \mathbf{0,38 \frac{g \text{ de sosa}}{\text{botella}}}$$

Se consideró la entrada “Sodium hydroxide, without water, in 50% solution state{GLO}|market for|APOS, S” disponible en la base de datos EcoInvent 3.

6.2.2.2. Salidas

Vino

El vino es la principal salida que presenta este estudio de ACV para la bodega y es la referencia tomada en cuenta para la definición de la unidad funcional (1 botella de vino producida en el año 2017) que equivale a 0,75 litros de vino. En ese año la producción ascendió a 24.733 botellas, 10.000 de vino blanco y 14.733 de vino tinto.

Emisiones de fermentación

Las emisiones consideradas en este subsistema son las provenientes de la fermentación del mosto de uva. Durante ese proceso la glucosa se transforma en etanol y se emite CO₂ a la atmósfera. Este dato ya ha sido calculado anteriormente en el apartado 6.2.1.1. en el punto CO₂ captado por el viñedo y es de 1.732 kg de CO₂. Para expresarlo por botella producida se hace el siguiente cálculo:

$$\frac{1.732 \text{ kg CO}_2}{24.733 \text{ botellas}} \times \frac{1.000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = \mathbf{70 \frac{g \text{ CO}_2}{\text{botella}}}$$

Residuos

En este subsistema se incluye el agua residual, el plástico de embalaje de las botellas de vidrio y el residuo orgánico de la uva tras extraerle el mosto. Se consideró que toda el agua consumida

se desecha como agua residual, es decir, **1,42 litros** de agua residual por botella. El agua residual es vertida al sistema público de alcantarillado del municipio de Cangas del Narcea para su posterior tratamiento y se ha considerado que su composición es asimilable a un agua residual urbana. Se introdujo en el software SimaPro como “Wastewater, from residence{RoW}|market for wastewater, from residence | APOS, S” disponible en la base de datos EcoInvent 3.

Tras el prensado de las uvas se genera un residuo orgánico que corresponde con el raspón, los hollejos y las pepitas. La cantidad de ese residuo ya ha sido calculada anteriormente en el apartado 6.2.1.1. y asciende a 8.069,5 kg y equivale a 326,3 g por cada botella.

Cada botella adquirida por la bodega viene embalada en 8 gramos de plástico polietileno que será tratado de la misma forma que la fracción orgánica, depósito en vertedero. La cantidad de residuos depositada en el vertedero serán **334,3 g por botella**. Se introdujo en el programa mediante la entrada “Municipal solid waste{RoW}|Treatment of, sanitary landfill | APOS, S”.

En modo resumido se presentan los datos del inventario para la bodega en la tabla 6-2 organizados según los subsistemas considerados.

Tabla 6-2: Datos de inventario para la bodega en estudio, expresados según la unidad funcional (1 botella de vino).

Subsistemas	
1. Uvas (kg)	1,0876
2. Otras materias primas	
a) Proteína guisante (g)	1,5
b) Sulfuroso SO ₂ (g)	0,0098
3. Agua (L)	1,42
4. Electricidad (kw/h)	0,192
5. Envases	
a) Botellas (g)	330
b) Corcho (g)	5,24
c) Etiqueta (g)	3,93
d) Aluminio (g)	1,13
e) Plástico (LDPE) (g)	0,96
f) Cartón (g)	43
6. Productos de limpieza	
a) Sosa (g)	0,38
7. Transporte (kgkm)	381
8. Emisiones de CO₂ de fermentación (g)	70
9. Residuos	
b) Agua residual (L)	1,42
c) Residuo orgánico para vertedero (g)	334,3

6.3. ESCENARIOS ALTERNATIVOS

La simulación de escenarios alternativos en ACV es una herramienta útil que permite comprobar los resultados de las modificaciones propuestas en los procesos o etapas del estudio. En el presente trabajo se han propuesto 3 escenarios alternativos, teniendo en cuenta los aspectos que más impactan en las categorías ambientales analizadas y las alternativas potenciales viables, que se detallan a continuación:

- ✓ Escenario A: Se trata del escenario real.

- ✓ Escenario B: Se propone la recogida, el lavado y la reutilización del 50% de las botellas. El lavado se llevará a cabo sumergiendo las botellas recogidas en un tanque con una solución de sosa al 1%. Posteriormente, se aclararán con un equipo manual de lavado a presión que no requiere el uso de corriente eléctrica. Se supone un gasto de 300 mL de solución de sosa al 1% y 1 L de agua para el aclarado por cada una de las botellas reutilizadas y, dado que solo el 50% de las botellas utilizadas son reutilizadas, en el sistema se introducirá un consumo adicional de 0,65 L de agua de red por botella de vino producida (aumentando también de la misma forma el agua residual generado). El transporte asociado a las botellas de vidrio se reduce en un 50% y el transporte de las botellas para su reutilización se considera despreciable. Por último, se incluye en el sistema un gasto adicional de 3 g de solución de sosa al 50% por botella, correspondiente al lavado de las botellas reutilizadas.
- ✓ Escenario C: Se supone un tratamiento de compostaje llevado a cabo en COGERSA de los residuos orgánicos generados en el viñedo (poda) y en la bodega, como alternativa a su incineración y deposición en vertedero, respectivamente. Por tanto, los residuos depositados en vertedero se reducirían al plástico, 8 g por botella, mientras que los 326,3 g restantes, correspondientes a la materia orgánica generada en la bodega, se destinan a compostaje, al igual que los 1.107 g de residuos de poda generados en el viñedo por cada kg de uva.
- ✓ Escenario D: En este escenario se combinaron las mejoras descritas en los escenarios B y C.

6.4. EVALUACIÓN DE IMPACTOS

Utilizando los datos del inventario detallados en el punto anterior, se ha llevado a cabo la evaluación de las diferentes categorías de impacto ambiental mediante el método ReCiPe “midpoints” y en este apartado se discutirán los resultados obtenidos tanto para la etapa del viñedo como de la bodega.

La caracterización en el método ReCiPe “midpoints” aporta información sobre la influencia de los subsistemas analizados en cada una de las categorías de impacto ambiental consideradas. En las gráficas generadas, las barras situadas en la parte superior del eje central indican impactos ambientales nocivos, mientras que las situadas en la parte inferior indican impactos ambientales beneficiosos.

Se consideran dos etapas: el cultivo de la uva en el viñedo y la producción del vino en la bodega a partir de esta uva.

6.4.1. VIÑEDO

En el sistema correspondiente al viñedo, el subsistema con mayor contribución en la mayoría de las categorías de impacto analizadas es el uso de fertilizantes, siendo responsable de más del 50% de los impactos dañinos en 11 de las 18 categorías de impacto, en concreto: eutrofización marina (91,0%), agotamiento de minerales (86,6%), eutrofización de agua dulce (82,0%), consumo de agua (79,1%), ecotoxicidad terrestre (78,8%), toxicidad carcinogénica humana (71,8%), ecotoxicidad de agua dulce (69,4%), ecotoxicidad marina (67,1%), toxicidad no carcinogénica humana (66,1%), reducción de la capa de ozono (53,6%) y acidificación terrestre (52,0%) (figura 6-3). En cuanto a las emisiones de GEI, el 51% de las asociadas al fertilizante son emitidas por el nitrógeno.

El siguiente subsistema en cuanto a contribución en la mayor parte de las categorías analizadas es el consumo de combustible debido al transporte de los trabajadores hasta las viñas, especialmente en el agotamiento de recursos fósiles (72,6%), única categoría en la que este subsistema supone una contribución superior al 50%, seguida de la formación de partículas (31,6%)

El uso de productos fitosanitarios tiene influencia en casi todas las categorías de impacto, pero de manera moderada. Sólo en dos de ellas supera el 25%, radiación ionizante (26,9%) y toxicidad no carcinogénica humana (26,3%). Las emisiones de los residuos de la poda solo influyen de manera significativa en cuatro categorías, formación de ozono (ecosistemas terrestres) (73,2%), formación de ozono (salud humana) (63,8%), reducción de la capa de ozono (42,2%) y cambio climático (14,2%). El subsistema ocupación del suelo contribuye únicamente, pero en un 99,5% en la categoría de uso de suelo.

En la categoría de cambio climático se observa un efecto beneficioso debido a la actuación del viñedo como sumidero de CO₂ (100%) por el crecimiento de las vides y la producción del fruto.

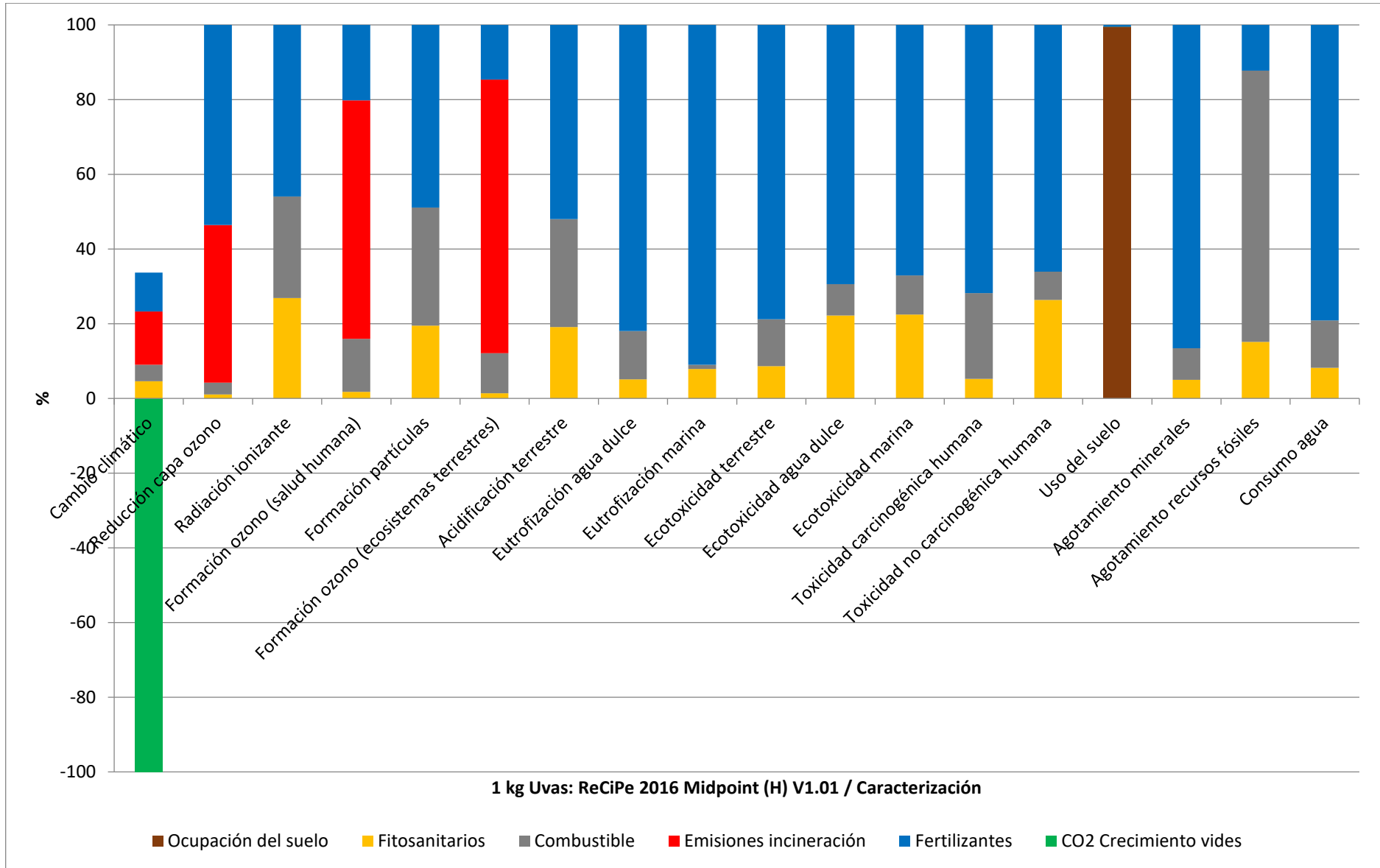


Figura 6-3: Caracterización de impactos ambientales asociados a la producción de 1 kg de uva en la bodega “Vidas” según el método ReCiPe midpoint

6.4.2. BODEGA

En el sistema correspondiente a la bodega, el subsistema que más contribuye en las categorías de impacto ambiental analizadas es la adquisición de los envases para el embotellado, etiquetado y empaquetado de las botellas (figura 6-4). Supera el 50% en 4 de las 18 categorías consideradas, en concreto, la formación de partículas (63,0%), acidificación terrestre (62,4%), eutrofización de agua dulce (52,8%) y formación de ozono (salud humana) (51,8%). La mayor contribución dentro de este subsistema es la fabricación de las botellas de vidrio, responsable de más del 80% de los impactos debido a este subsistema en las 4 categorías citadas. La fabricación de los envases afecta también a otras 6 categorías de impacto de manera significativa: cambio climático (42,1%), formación de ozono (ecosistemas terrestres) (47,4%), toxicidad carcinogénica humana (42,8%), agotamiento de minerales (46,0%), agotamiento de recursos fósiles (49,9%) y consumo de agua (49,9%).

El siguiente subsistema que genera mayores impactos nocivos son los residuos, siendo destacable su efecto fundamentalmente en las siguientes categorías: ecotoxicidad de agua dulce (90,2%), toxicidad no carcinogénica humana (89,9%), ecotoxicidad marina (89,8%) y eutrofización marina (79,6%). También debe señalarse su efecto en las categorías de cambio climático (32,8%) y toxicidad carcinogénica humana (26,5%), mientras que su peso es minoritario en el resto de categorías consideradas. Por el lado contrario, puede observarse que los residuos contribuyen de modo beneficioso a la categoría de consumo de agua (13,0%) a consecuencia del tratamiento de las aguas residuales que permite la recuperación del agua en el medio natural.

El subsistema correspondiente a la obtención de las uvas (ya descrito en el apartado 6.4.1.), en el contexto de la bodega, contribuye de manera muy importante por encima del 50% en dos categorías, el uso del suelo (98,0%) y reducción de la capa de ozono (79,4%). Tiene un peso significativo, en torno al 30%, en el agotamiento de recursos fósiles, agotamiento de recursos minerales y formación de ozono (ecosistemas terrestres). Tal y como se ha comentado en el apartado anterior, el viñedo actúa como sumidero de CO₂, lo que conlleva un efecto beneficioso en la categoría de cambio climático (41%).

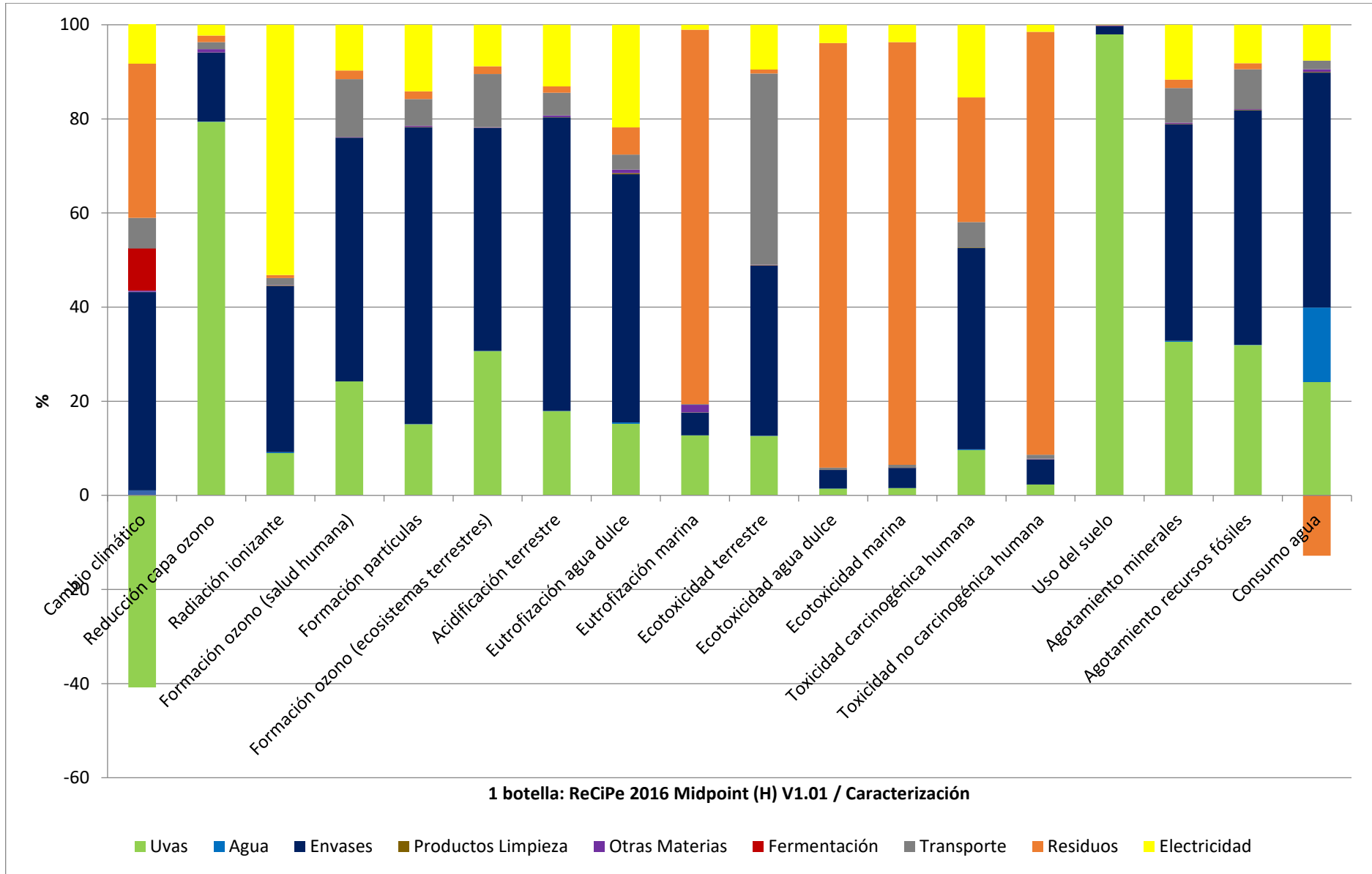


Figura 6-4: Caracterización de impactos ambientales asociados a la producción de 1 botella de vino “Vidas” según el método ReCiPe midpoint.

El consumo eléctrico contribuye por encima del 50% únicamente en la categoría de radiación ionizante (53,2%) debido a que la energía nuclear sigue siendo una importante fuente energética en España (en torno al 21% de la energía total producida, REE 2017). Por el contrario, este subsistema, sólo supera el 10% en otras 5 categorías: eutrofización de agua dulce (21,8%), toxicidad carcinogénica humana (15,4%), formación de partículas (14,1%), acidificación terrestre (13,1%) y agotamiento de minerales (11,7%).

Respecto al transporte solo es destacable su contribución en la categoría de ecotoxicidad terrestre (40,7%), mientras que el resto de subsistemas tienen una contribución a las categorías analizadas poco importante. Así, el subsistema que hace referencia al consumo de agua en la bodega contribuye en un 15,8% a la categoría de consumo de agua, siendo despreciable su peso en el resto de categorías, las emisiones procedentes de la fermentación del mosto afectan únicamente al cambio climático (9,0%), la obtención de otras materias primas tiene su máxima afección a la eutrofización marina (1,6%) y los productos de limpieza (sosa) a la eutrofización de agua dulce (0,22%).

Los subsistemas que más influyen de manera perjudicial en la categoría de cambio climático según el método ReCiPe midpoint son los envases y los residuos. Dentro del subsistema envases, son las botellas de vidrio las que generan mayores emisiones de GEI, en concreto el 81% de las asociadas a este subsistema. En el subsistema de residuos, la deposición en vertedero supone casi el 99% de las emisiones vinculadas a los residuos generados en la bodega.

6.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este estudio permiten determinar las actividades que más inciden en el medio ambiente y centrar en ellas los esfuerzos para mejorar el comportamiento ambiental de la bodega a estudio.

El subsistema que más influye en los impactos ambientales, correspondiente a la etapa de cultivo de la uva en el viñedo, como se detalló anteriormente, es el uso de fertilizantes, lo que coincide con los resultados de un estudio sobre la producción de vino en Nueva Escocia (Canadá) (Point, 2008), en el que se concluye que los fertilizantes fosfatados y nitrogenados son lo que aportan una mayor contribución en las categorías de impacto ambiental analizadas, debido principalmente a las emisiones derivadas del uso de estos fertilizantes, así como de los impactos de su fabricación. Asimismo, Ferrari et al. (2018) en un estudio llevado a cabo en Italia también destaca el importante efecto nocivo de los fertilizantes, especialmente en la categoría de ecotoxicidad terrestre debido a las emisiones de zinc y cobre al suelo. Por tanto,

reducir los impactos en el sistema del viñedo pasa por reducir el uso de los fertilizantes químicos. Una alternativa interesante podría ser el compostaje y su posterior uso como abono de los residuos orgánicos generados tanto en la bodega como en el viñedo, tal y como se indica en un manual de viñedo ecológico publicado por la Junta de Andalucía (Mudarra et al., 2013).

Por otra parte, los resultados del análisis medioambiental de la bodega han mostrado que uno de los subsistemas que ejerce un mayor impacto sobre las categorías ambientales estudiadas son los envases, especialmente las botellas de vidrio, conclusión a la que también han llegado diversos autores que han analizado la producción de distintos tipos de vino en Italia, España, Luxemburgo y Canadá (Arzoumanidis et al., 2014; Point, 2008; Meneses et al., 2016; Vázquez et al., 2013), debido principalmente a la elevada generación de electricidad necesaria para su fabricación. En concreto, Arzoumanidis et al. (2014) ha destacado el efecto dañino de las botellas en las categorías de transformación de la tierra, el agotamiento de la capa de ozono, la radiación ionizante y el cambio climático. Posibles mejoras para reducir los impactos de este subsistema sería implantar un sistema de reutilización de las botellas, cuyos resultados se analizarán posteriormente en uno de los escenarios propuestos en este trabajo, emplear botellas fabricadas principalmente a partir de vidrio reciclado, o utilizar botellas de vidrio más ligeras. De hecho, al analizar la fase de embotellado, Vázquez et al. (2013), encontró que existe una correlación entre el peso de la botella de vidrio y el impacto ambiental global de la etapa de embotellado. Además, según se recoge en un documento de referencia de la Generalitat de Catalunya, utilizar botellas fabricadas con vidrio reciclado puede reducir la huella de carbono en un 20% y la huella hídrica en un 50% (Generalitat de Catalunya, 2011). Por último, Cleary (2013), realizó un estudio comparando diversos envases para vino en Toronto (Canadá) y llegó a la conclusión de que las botellas de vidrio reutilizables y los bricks son los que generan menores impactos ambientales globales (hasta un 87% menos que la botella convencional), seguidos por los envases de PET y las botellas de vidrio ligeras, siendo las botellas de vidrio convencionales son las que generan mayores impactos.

La generación de residuos es otro de los subsistemas a tener en cuenta para plantear posibles mejoras. Teniendo en cuenta que en COGERSA (Compañía para la Gestión de Residuos Sólidos en Asturias) se dispone de planta de compostaje de residuos vegetales y el tamaño de la bodega de este estudio, tanto el compostaje ex situ como in situ de los residuos orgánicos parece ser una opción viable cuyos resultados se analizarán en un apartado posterior. Los residuos orgánicos de mayor relevancia son los restos de la uva (raspón, hollejo y pepitas) y su valorización mediante compostaje reduciría los impactos ambientales que genera su deposición en vertedero. Además, la posterior utilización del abono producido en el proceso de compostaje

de los residuos como fertilizante en las viñas podría reducir significativamente los impactos del uso de fertilizantes químicos en el sistema del viñedo.

7. HUELLA DE CARBONO

Para el análisis de la huella de carbono (HC) de la actividad de la bodega “Vidas” durante el año 2017 se empleó el método Greenhouse Gas Protocol V.1.02 del software SimaPro, partiendo de los datos del inventario anteriormente detallados. Mediante esta metodología se obtiene el CO₂ eq. fósil (proviene de la combustión de combustibles fósiles), el CO₂ eq. biogénico (proviene de fuentes biológicas), el CO₂ eq. de transformación de la tierra y el CO₂ captado por las plantas durante su crecimiento. De acuerdo a la norma ISO 14067, en la HC de un determinado proceso o producto lo habitual es considerar únicamente el CO₂ fósil y biogénico.

7.2. VIÑEDO

En la figura 7-2 se muestran los resultados de la huella de carbono de las uvas expresados como kg de CO₂ eq. por kg de uva.

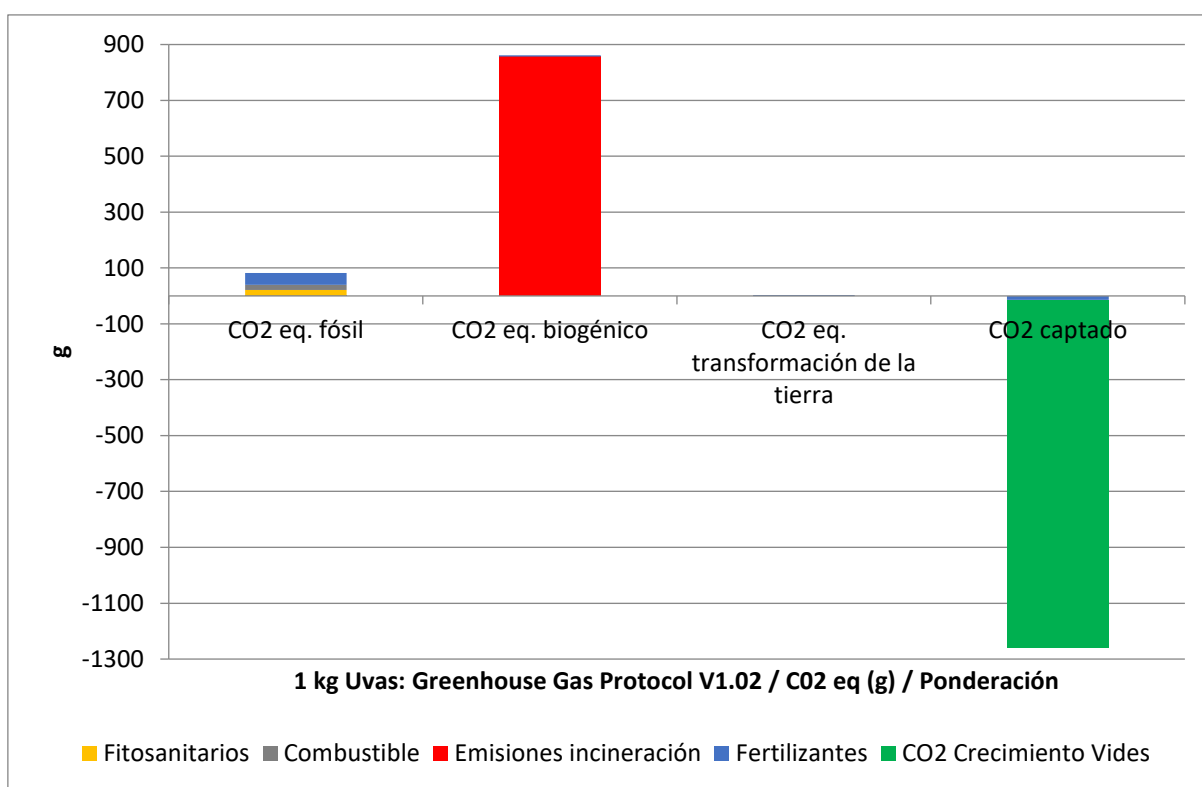


Figura 7-1: Ponderación de huella de carbono asociada a la producción de 1 kg de uvas en los viñedos de la bodega “Vidas” según el método Greenhouse Gas Protocol

Respecto al CO₂ eq. fósil el subsistema más influyente es el del uso de fertilizantes (51,5%), seguido de los fitosanitarios (24,6%) y el consumo de combustible (23,8%).

Analizando el CO₂ eq. biogénico se observa que el subsistema que más influye nocivamente son las emisiones derivadas de la incineración de los restos de poda (99,5%).

Es muy destacable el impacto beneficioso del crecimiento de las vides en cuanto al CO₂ captado, siendo el 98,9% del total captado.

Se han obtenido los siguientes resultados para el CO₂ fósil y biogénico:

- ✓ CO₂ eq. fósil: **81,0 g CO₂ eq.** por kg de uva producida
- ✓ CO₂ eq. biogénico: **861,6 g CO₂ eq.** por kg de uva producida

Sumando los valores anteriores se obtiene la huella de carbono total para el viñedo, que es de **0,94 kg de CO₂ eq.** por kg de uva producida, si no se considera el CO₂ de la transformación de la tierra ni el captado.

La huella de carbono también se puede analizar en términos de alcance como se detalló en el apartado 3.3. de este trabajo. El alcance 1 incluye las emisiones debidas al consumo de combustible, la incineración de los restos de poda, lo que suma un total de **0,88 kg de CO₂ eq.** por kg de uva producida. En el alcance 1+2 se suma el valor de la electricidad, por lo tanto, para el viñedo sería el mismo valor que en el alcance 1 al no existir consumo eléctrico. El alcance 1+2+3 considera todos los aspectos estudiados, siendo el valor **0,94 kg CO₂ eq.** por kg de uva producido.

La comparación con otros estudios de huella de carbono en la fase de viticultura (tabla 7-1) muestran que el resultado de la huella de carbono en la producción de uva bajo D.O.P. Cangas es notablemente superior. En diversos estudios el consumo de diesel es el principal aspecto impactante debido a la fuerte mecanización de los trabajos agrícolas en el viñedo, aspecto muy poco importante en el vino de Cangas por su forma de trabajo totalmente manual y menos dependiente de la mecanización. Sin embargo, la incineración de los residuos de poda si ningún tipo de aprovechamiento contribuye muy negativamente, siendo responsable de que la HC sea tan elevada.

Tabla 7-1: Análisis comparativo de los resultados de huella de carbono de este trabajo y diversos estudios ambientales de producción de uva

Referencia	Origen	Objetivo	Conclusiones	Huella de carbono (kg CO ₂ / kg uva)
Este trabajo	Asturias (España)	Calculo huella de carbono bodega D.O.P. Cangas para uva tinta y blanca	Impactos nocivos de la incineración de los residuos de la poda y del uso de fertilizantes e impacto beneficioso por CO ₂ captado	0,94
Recchia et al., 2018	Florenia (Italia)	Calculo de huella de carbono en la fase de viticultura	Impactos nocivos por consumo de diesel y uso de pesticidas	0,231
Ferrari et al., 2018	Italia	ACV en la producción de vino tinto Lambrusco	Impactos nocivos de las emisiones derivadas de fertilizantes y pesticidas y ocupación de la tierra	0,06
Rinaldi et al., 2016	Umbría (Italia)	Calculo de huella de carbono de vino tinto y blanco para fase agrícola	Impactos nocivos del uso de fertilizantes y pesticidas y consumo de diesel	0,284
Vázquez-Rowe et al., 2013	España	Cálculo de huella de carbono de vino blanco Ribeiro para la fase de viticultura	Influencia negativa del uso de fertilizantes	1,6

7.2. BODEGA

En la figura 7-2 se muestran los resultados de la huella de carbono del vino expresados en kg CO₂ eq. por botella de vino.

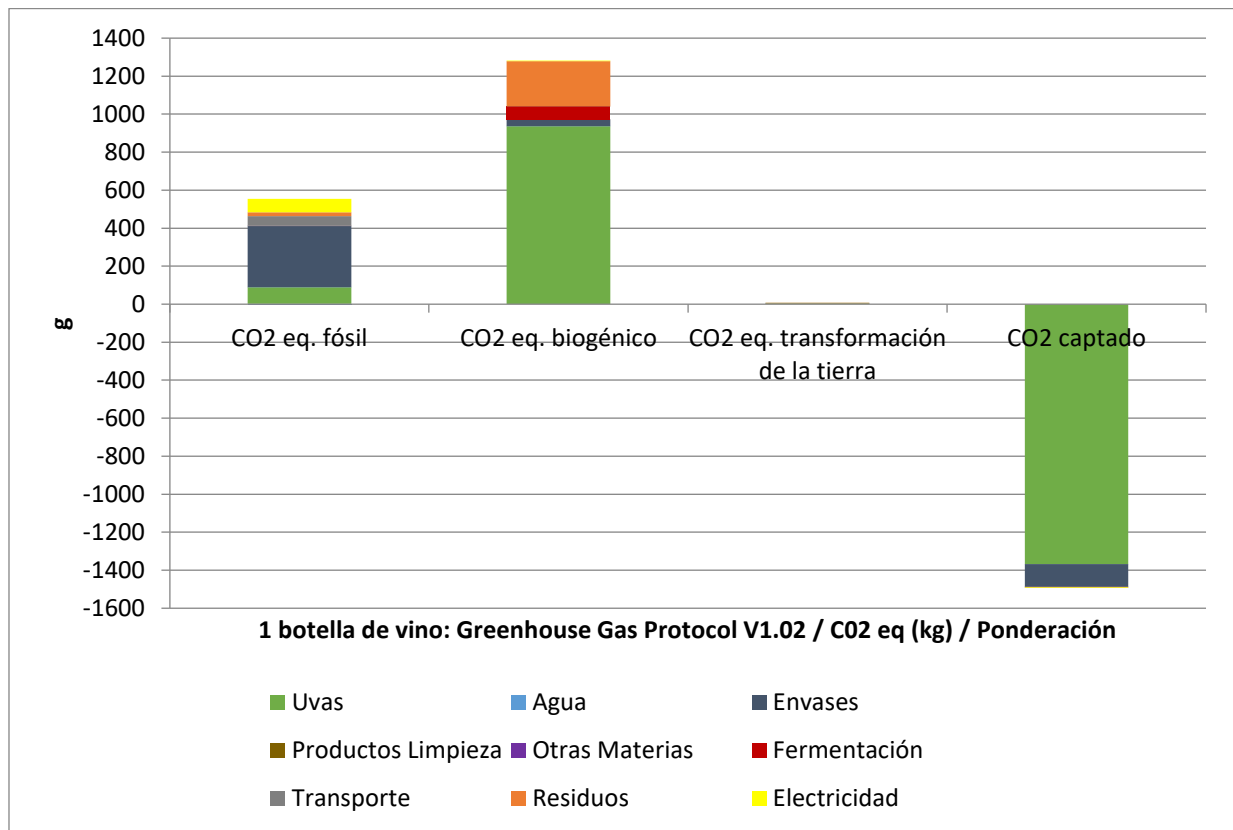


Figura 7-: Ponderación de la huella de carbono asociada a la producción de 1 botella de vino en la bodega “Vidas” según el método Greenhouse Gas Protocol.

Respecto al CO₂ eq. fósil el subsistema más influyente son los envases (58,2%), seguido de la producción de las uvas (15,9%), el consumo eléctrico (12,8%) y el transporte (9,1%). El resto de subsistemas tienen una influencia poco significativa.

En cuanto al CO₂ eq. biogénico, el subsistema más perjudicial resulta ser la producción de las uvas (ya discutida en el apartado anterior) (73,0%) debido a la incineración de los residuos de la poda, seguido del subsistema residuos (18,6%) a consecuencia de la descomposición de la materia orgánica tras su deposición en el vertedero. El resto de subsistemas tienen una influencia inferior al 6%.

Por el contrario, el subsistema asociado a la producción de las uvas contribuye beneficiosamente (89,0%) a la captura de CO₂, como se comentó en el apartado anterior. Este aspecto, sin embargo, no favorece a la huella de carbono del vino si esta se calcula únicamente mediante la suma del CO₂ fósil y biogénico.

Se han obtenido los siguientes resultados para el CO₂ fósil y biogénico:

- ✓ CO₂ eq. fósil: **553,0 g de CO₂ eq.** por botella de vino producida.
- ✓ CO₂ eq. biogénico: **1.282,8 g de CO₂ eq.** por botella de vino producida.

Sumando los valores anteriores se obtiene la huella de carbono total asociada a la producción de vino, que es de **1,84 kg de CO₂ eq.** por botella de vino producida (0,75 litros).

En términos de alcance los resultados se detallan a continuación. Considerando la etapa de la bodega, el alcance 1 incluye únicamente el CO₂ emitido en la fermentación, siendo **0,07 kg de CO₂ eq.** por botella de vino. El alcance 1+2 tiene en cuenta además el subsistema de consumo eléctrico y se obtiene como resultado **0,14 kg de CO₂ eq.** por botella. Por último, el alcance 1+2+3 considera todos los aspectos estudiados y el resultado es **1,84 kg de CO₂ eq.** por botella de vino producida. Se puede concluir que en torno al 92% de las emisiones de CO₂ eq. son emisiones indirectas asociadas a la adquisición de materiales por parte de la bodega y a su transporte.

La comparación con la huella de carbono de otros estudios previos (tabla 7-2) determina que la huella de carbono en la producción de vino bajo la D.O.P. Cangas es superior a la calculada para la mayoría de vinos. Un estudio de Cichelli et al. (2016) referente a vino de montaña italiano, el cual estudia la fase agrícola y enológica de varias bodegas sin tener en cuenta el embotellado, concluye que el número de tratamientos fitosanitarios aplicados en el viñedo es un aspecto determinante, llegando a contribuir en un 50% a los impactos totales, debido principalmente al gasto en combustible para realizar dichos tratamientos. En el caso de la aplicación de fertilizantes, esta contribuye significativamente en las emisiones de GEI en todos los casos analizados. Otro factor determinante en la fase agrícola es la eficiencia de la maquinaria utilizada. En nuestro caso, el principal responsable de la huella de carbono es la gestión realizada con los residuos, tanto en la etapa agrícola (incineración), como en la etapa de vinificación (vertedero).

Tabla 7-2: Análisis comparativo de los resultados de huella de carbono de este trabajo y diversos estudios ambientales de producción de vino

Referencia	Origen	Objetivo	Conclusiones	Huella de carbono (kg CO ₂ /0,75 l vino)
Este trabajo	Asturias (España)	Calculo huella de carbonobodega DOP Cangas (de la cuna a la puerta de la bodega)	Influencia negativa de la producción de las uvas, los envases y los residuos	1,84
Solid Forest, 2012	La Rioja (España)	Caculo huella de carbono en vinos de La Rioja de la cuna a la tumba	Influencia negativa de las botellas de vidrio, refrigeración en depósitos y fertilizantes	1,023-1,064
Arzoumanidis et al., 2017	Italia	ACV y huella de carbono en vino tinto de la cuna a la tienda	La fase agrícola y de envasado Tuvieron los mayores impactos	1,94
Rinaldi et al., 2016	Umbria (Italia)	Cálculo de huella de carbono de vino tinto y blanco (de la cuna a la tumba)	Influencia negativa del embotellado, distribución y producción de uva	1,43 (tinto) 1,38 (blanco)
Bonamente et al., 2016	Italia	Cálculo de huella de carbono de un vino tinto italiano con denominación de origen protegida (de la cuna a la tumba)	Influencia negativa del embotellado debido al vidrio de la botella	1,07
Vázquez-Rowe et al., 2013	Italia España Luxemburgo	Cálculo de huella de carbono de varios vinos en 3 países	Las variaciones se deben a la optimización de los insumos, tiempo de envejecimiento y uso de fertilizantes.	0,65-0,85 (vino tinto italiano) 1,2 (vino blanco italiano) 2,5 (vino blanco español, Ribeiro) 0,7 (vino tinto luxemburgués) 0,5 (vino blanco Luxemburgués)

8. HUELLA HÍDRICA

Para el análisis de la huella hídrica de la actividad de la bodega “Vidas” durante el año 2017 se empleó el método AWARE V.1.01 del software SimaPro, mencionado en el apartado 3.4. de este trabajo, partiendo para ello de los datos del inventario anteriormente detallados.

8.1. VIÑEDO

La caracterización muestra las influencias en términos porcentuales de los distintos subsistemas de la producción de uva en los diferentes aspectos considerados por el método AWARE (figura 8-1). Únicamente tres subsistemas contribuyen de manera significativa a la huella hídrica, siendo el más importante los fertilizantes (84,1%), seguido de los pesticidas (9,4%) y el consumo de diesel (6,5%).

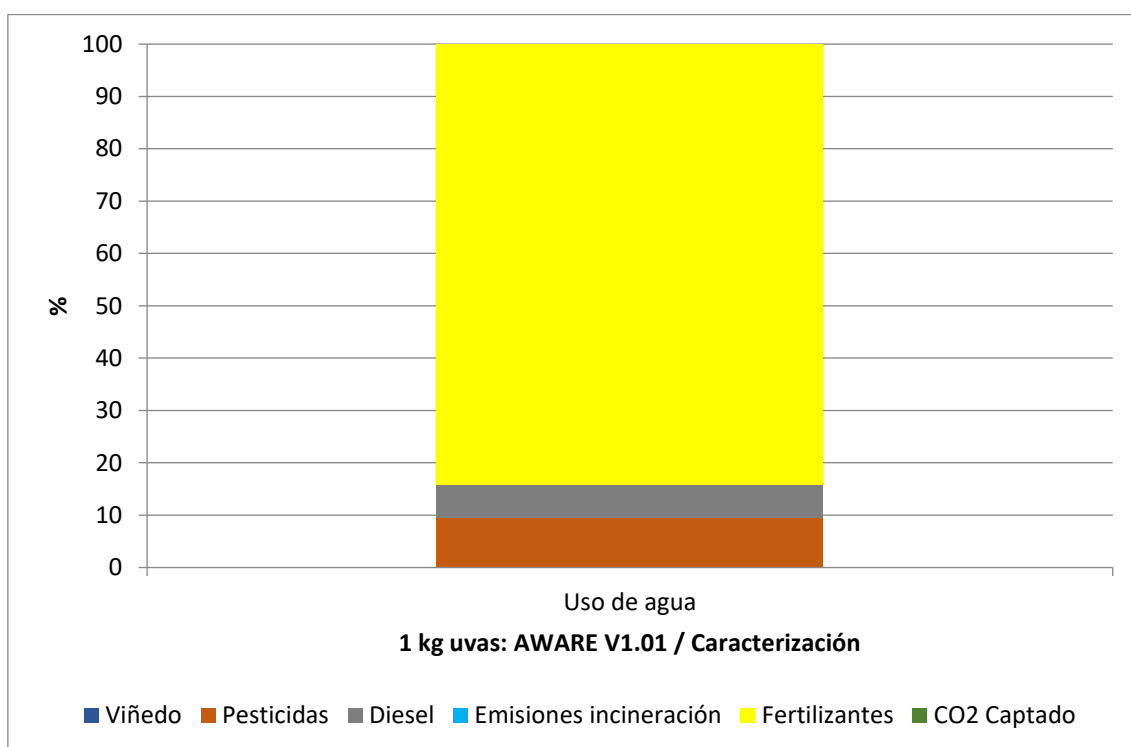


Figura 8-1: Caracterización de la huella hídrica asociada a la producción de 1 kg de uvas en la bodega “Vidas” según el método AWARE.

La huella hídrica asociada a la producción de uvas en el caso a estudio es de **72,2 litros** por kg de uva producida.

En el diagrama de bloques (figura 8-2) se muestran los subsistemas que más contribuyen a la huella hídrica en la producción de uva. Se observa que el mayor consumo de agua es debido a la producción del potasio (K_2O) (30,8 litros por kg de uva) y del nitrógeno (N) (17,0 litros)

empleado como fertilizante. Estos dos componentes son responsables del 66,2% de la huella hídrica de la producción de uva.

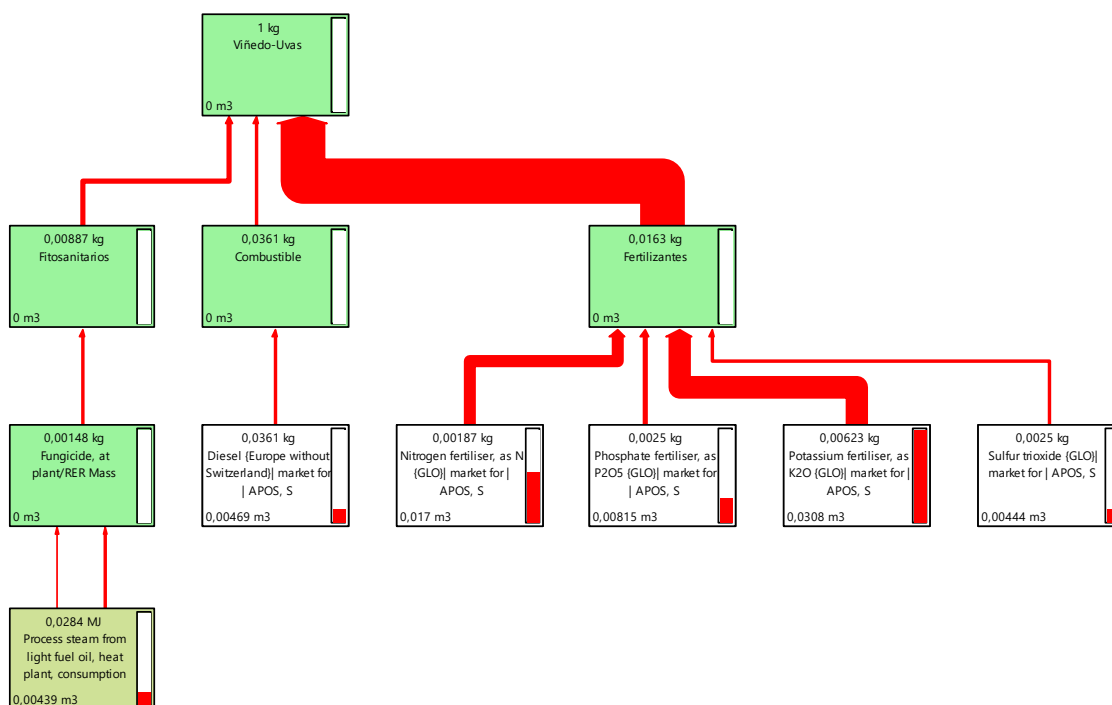


Figura 8-2: Diagrama de bloques y cargas ambientales para la huella hídrica en la producción de 1 kg de uvas en la bodega “Vidas” según el método AWARE. Valor de corte: 5,0%.

En los viñedos estudiados no existe sistema de regadío y este es el principal aspecto que contribuye a que la HH en la producción de la uva sea tan baja en relación con otros estudios, como los realizados por Rinaldi et al. (2016) y Bonamente et al. (2016) que concluyen que la HH asociada a la producción de uva es de entre 458 y 504 L por botella de vino producida.

8.2. BODEGA

En la figura 8-3 se muestra la caracterización en la producción de vino según el método AWARE para los subsistemas considerados. El subsistema que más contribuye a la huella hídrica asociada a la producción de 1 botella de vino en el caso de estudio son los envases (47,1%), seguido de la producción de uvas (27,3%), el consumo eléctrico (13,3%) y el propio consumo de agua en la bodega (10,1%). La gestión de residuos contribuye favorablemente en la HH (18,0%) debido a que el tratamiento de las aguas residuales permite la devolución al medio natural de parte del agua consumida.

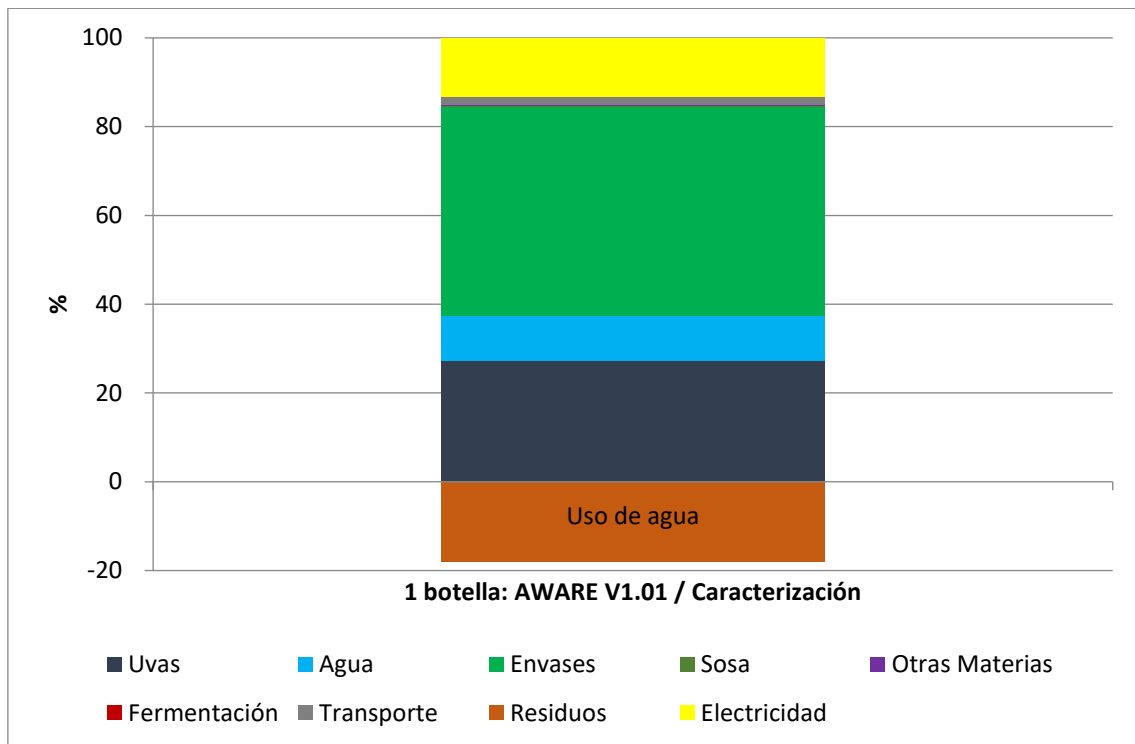


Figura 8-3: Caracterización de la huella hídrica asociada a la producción de 1 botella de vino en la bodega “Vidas” según el método AWARE.

La huella hídrica asociada a la producción de vino en el caso a estudio es de 236,0 litros por botella de vino producida (0,75 litros de vino).

En el diagrama de bloques (figura 8-4) se muestran los subsistemas que más contribuyen a la huella hídrica de la producción de vino. Se observa, como se mencionó anteriormente, que los envases son los que más contribuyen al consumo de agua, debido principalmente a la producción del aluminio que contienen las cápsulas (85,3 litros por botella), seguido de la producción del vidrio para las botellas (36 litros). El consumo de agua en producción de uva se debe principalmente a los fertilizantes utilizados como ya se comentó anteriormente. El consumo eléctrico supone una huella hídrica de 38,2 litros, y el consumo de agua 29,0 litros. El tratamiento de las aguas residuales supone un impacto beneficioso en la huella hídrica de 56,0 litros.

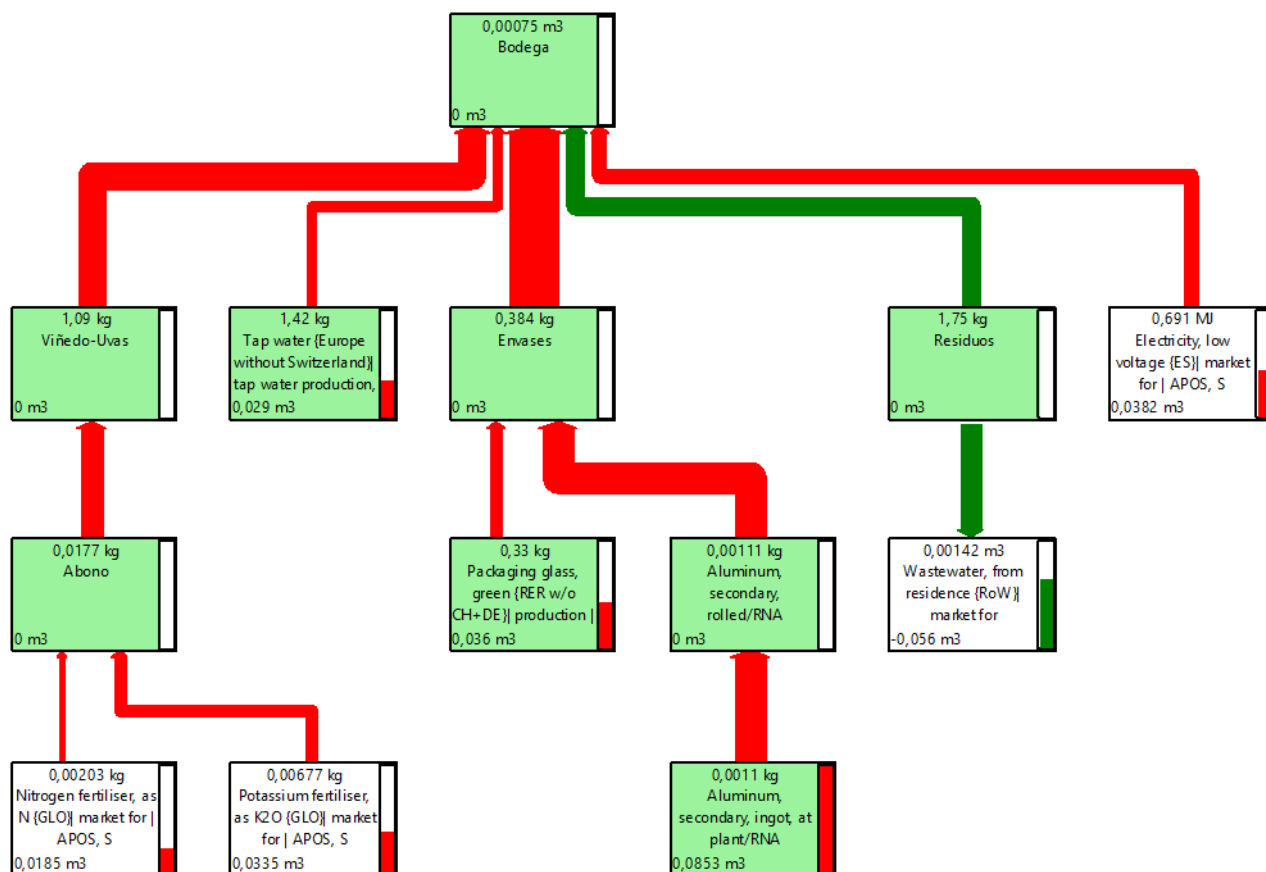


Figura 8-4: Diagrama de bloques y cargas ambientales para la huella hídrica de la producción de 1 botella de vino en la bodega “Vidas” según el método AWARE. Valor de corte: 5,0%.

Estudios en bodegas italianas realizados por Rinaldi et al. (2016) y Bonamente et al. (2016) cuyo límite del sistema va desde la cuna a la comercialización del vino, dan como resultado una HH de entre 504 y 578 L por botella de vino producida, valores que duplican la HH aquí calculada. En todos los casos, más del 80% del consumo de agua se debe a la fase agrícola, como se comentó anteriormente, debido a la importancia del regadío en la HH final. Por lo tanto, en cuando a la HH, no utilizar un sistema de regadío en el viñedo es lo que determina que la HH en la producción de vino de la D.O.P. Cangas sea notablemente inferior a la de otros estudios.

9. PROPUESTAS DE MEJORA

Para analizar los resultados de las propuestas de mejora se han modificado los datos del inventario comentados en el apartado 3.2. de este trabajo y a continuación se realizará una comparativa respecto al escenario real (A) planteado en el estudio.

Reutilizar el 50% de las botellas (escenario B) supone una disminución de los impactos nocivos en todas las categorías analizadas a excepción del agotamiento de los recursos fósiles (figura 9-2). La reducción es más acusada, superior al 20%, en las categorías de ecotoxicidad terrestre (33,8%), eutrofización de agua dulce (27,1%), agotamiento de minerales (24,2%), formación de partículas (23,4%), formación de ozono (salud humana) (21,5%) y cambio climático (20,1%).

El compostaje en la planta de COGERSA de los residuos orgánicos generados en el viñedo y en la bodega (escenario C) disminuye los impactos en todas las categorías ambientales analizadas a excepción de la acidificación terrestre, aumenta en un 33,3%, la formación de partículas, la cual aumenta un 14,5%, y en el uso del suelo y radiación ionizante donde aumentan ligeramente. En seis categorías la reducción es muy superior al 50%, se trata de la reducción de la capa de ozono (125,5%), toxicidad no carcinogénica humana (91,1%), ecotoxicidad de agua dulce (89,7%), ecotoxicidad marina (89,5%), eutrofización marina (73,6%) y cambio climático (65,4%). En cuanto al sistema del viñedo, el compostaje de los residuos de poda supone una disminución de los impactos en 11 de las 18 categorías analizadas, especialmente en la reducción de la capa de ozono (129,1%), toxicidad no carcinogénica humana (111,5%), ecotoxicidad marina (87,6%), ecotoxicidad de agua dulce (85,9%), formación de ozono (ecosistemas terrestres) (70,7%), eutrofización de agua dulce (68,2%) y formación de ozono (salud humana) (60,6%). Por el contrario, los impactos aumentan en 7 categorías, especialmente en la acidificación terrestre (68,7%), formación de partículas (48,8%) y toxicidad carcinogénica humana (41,7%).

El escenario D, que aúna las mejoras consideradas en los escenarios B y C, es decir, una reutilización del 50% de las botellas y el compostaje de todos los residuos orgánicos generados, permite una mejora de todas las categorías de impacto estudiadas salvo en el caso de la acidificación terrestre, aumenta un 16,4%, y el agotamiento de los recursos fósiles, la cual se incrementa en un 2,3%. En cinco categorías la reducción de los impactos es superior al 50%, se trata de la reducción de la capa de ozono (133,5%), toxicidad no carcinogénica humana (94,1%), ecotoxicidad de agua dulce (91,9%), ecotoxicidad marina (91,9%), cambio climático (85,5%) y eutrofización marina (75,0%).

En la tabla 9-1 se muestra la huella de carbono e hídrica de los cuatro escenarios analizados. La reutilización del 50% de las botellas (escenario B) reduce la huella de carbono en 0,12 kg CO₂ eq. por botella de vino, es decir, un 6,5%. La huella hídrica se reduce en solo 20 litros por botella de vino, un 8,5%, debido a que la reutilización de las botellas precisa de un lavado que aumenta el consumo de agua.

Tabla 9-1: Comparativa huella de carbono (kg CO₂ eq./0,75 L vino) y huella hídrica (litros agua/0,75 L vino) para los escenarios A, B, C y D.

Huella de Carbono				Huella hídrica			
A	B	C	D	A	B	C	D
1,84	1,72	0,97	0,85	236	216	224	204

El compostaje de los residuos orgánicos generados en el viñedo y en la bodega (escenario C) sería capaz de reducir la HC en 0,87 kg CO₂ eq. por cada botella de vino producida, un 47,3%, mientras que la huella hídrica solo se reduciría en 12 litros, un 5,1%. La HC asociada a la producción de un kg de uvas se reduce en 0,63 kg de CO₂ eq., es decir, un 67,0% respecto al valor real.

Planteando ambas mejoras (escenario D), la reducción de la huella de carbono sería de 1,0 kg CO₂ eq. por botella, un 53,8% respecto a la huella de carbono real. Respecto a la huella hídrica, esta se reduciría en 32 litros por cada botella fabricada, lo cual supone una reducción del 13,6% respecto a la huella hídrica real.

La reutilización de un porcentaje elevado de las botellas y sobre todo el compostaje de los residuos orgánicos se evidencia como alternativas viables para la reducción de los impactos ambientales asociados a la producción de vino en la bodega “Vidas” en general y en particular para reducir de manera significativa las emisiones de gases de efecto invernadero.

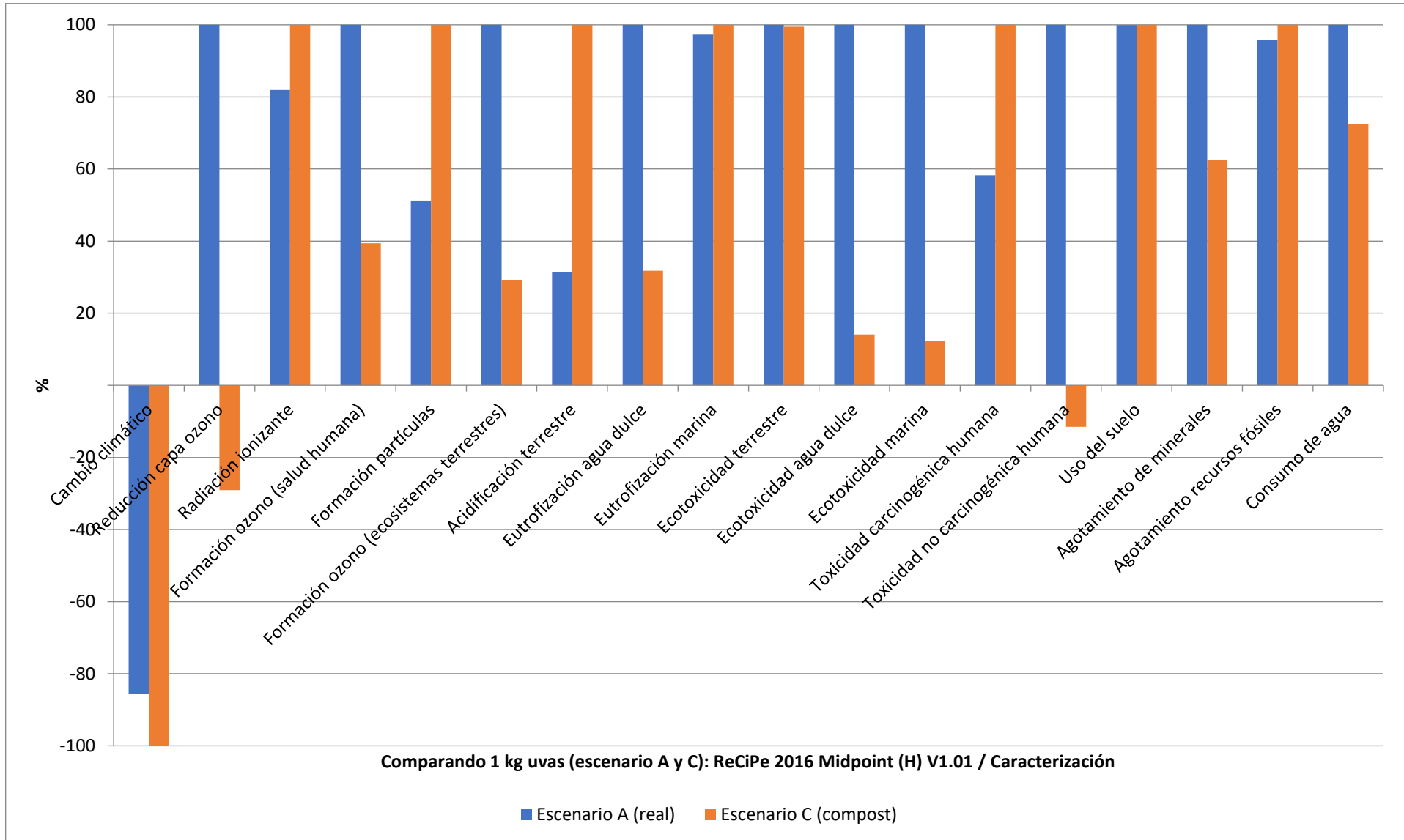


Figura 9-1: Comparación caracterización de los impactos ambientales asociados a la producción de 1 kg uva en los viñedos de la bodega “Vidas” para los escenarios alternativos propuestos según el método ReCiPe midpoint

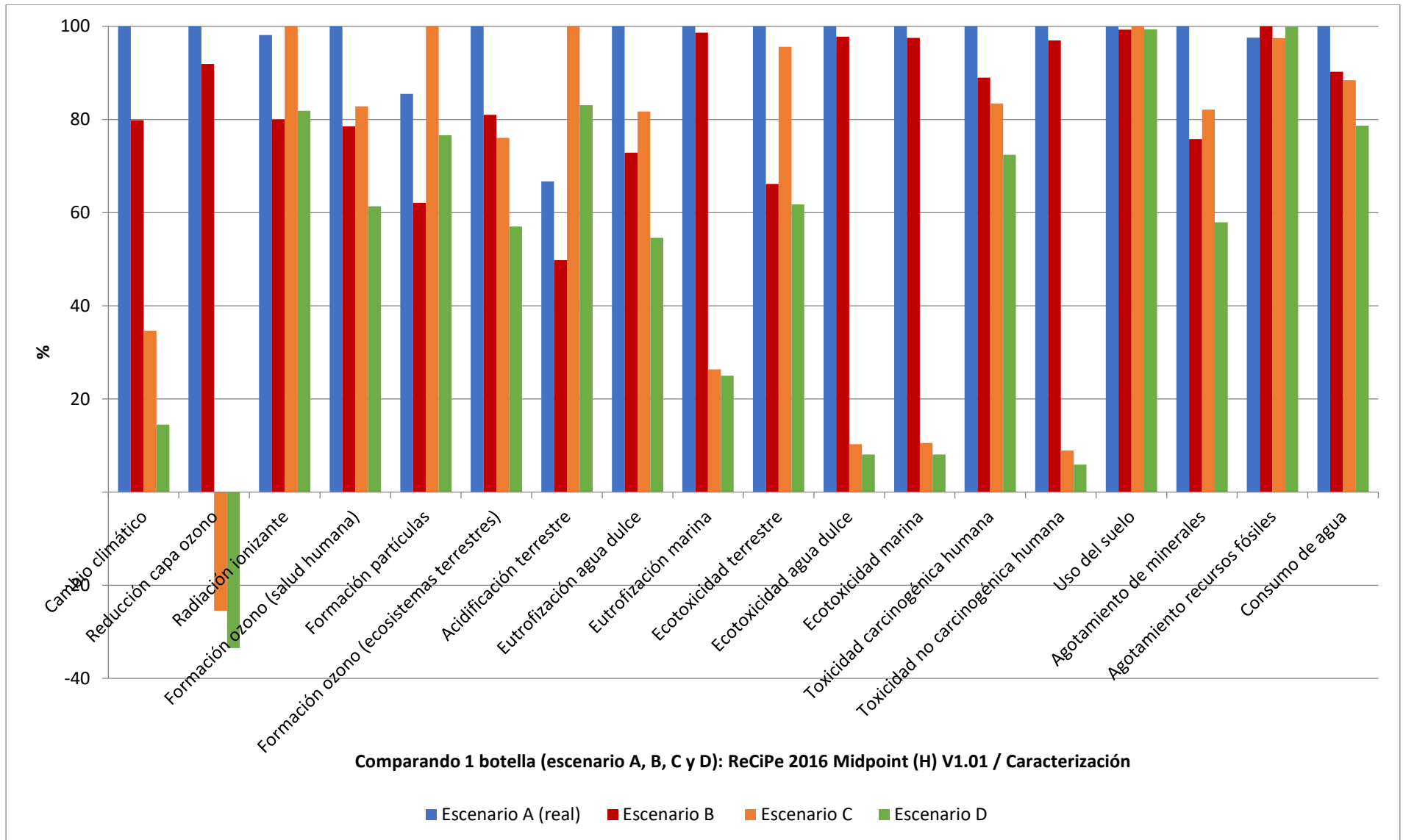


Figura 9-2: Comparación caracterización de los impactos ambientales asociados a la producción de 1 botella de vino en la bodega “Vidas” para los escenarios alternativos propuestos según el método ReCiPe midpoint

10. CONCLUSIONES

- El subsistema que más contribuye en la mayoría de las categorías de impacto ambiental analizadas es el uso del fertilizante para el sistema del viñedo, mientras que la producción de los materiales de embotellado, la gestión de residuos generados y la producción de uvas son los subsistemas que generan mayores impactos en el sistema de la bodega.
- La huella de carbono, considerando solo CO₂ fósil y biogénico, para la bodega estudiada es de **0,94 kg CO₂** equivalente por kg de uva producida y de **1,84 kg de CO₂** equivalente por botella de vino elaborada. La actividad que más contribuye a ambas huellas es la quema de los residuos de la poda en el viñedo, lo que implica que la HC sea superior a otros estudios similares.
- La huella hídrica es de **72,2 litros** por kg de uva producida y de **236 litros** por botella de vino fabricada. En el viñedo es el uso de fertilizantes el que más contribuye a la HH, mientras que en el sistema bodega es la producción de las uvas y los envases.
- Los cambios encaminados a mejorar el comportamiento medioambiental de la producción de vino deben centrarse en valorizar los residuos orgánicos generados evitando su incineración y depósito en vertedero, sustituir la utilización de fertilizantes químicos por abono orgánico y reutilizar una parte importante de las botellas de vidrio o emplear botellas más ligeras.
- El compostaje de los residuos orgánicos, procedentes de la poda y el prensado de la uva, y la reutilización del 50% de las botellas vidrio reduciría la huella de carbono en un 53,8%, la huella hídrica en un 13,6% y los impactos ambientales en el 89% de las categorías ambientales.

BIBLIOGRAFÍA

- Abín, R. “Impactos ambientales de la producción de huevos: Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono”. Universidad de Oviedo. 2016
- Anderson, K., Nelgen, S. & Pinilla, V. “Global wine markets, 1860 to 2016: a statistical compendium”. Ed. University of Adelaide. 2017
- Arzoumanidis, I., Raggi, A. & Petti, L. “Considerations when applying simplified LCA approaches in the wine sector”. *Sustainability*, 6 (pp. 5018-5028). 2014
- Arzoumanidis, I., Salomone, R., Petti, L., Mondello, G., Raggi, A. “Is there a simplified LCA tool suitable for the agri-food industry? An assessment of selected tools”. *Journal of Cleaner Production*, 149 (pp. 406-425). 2017
- Bonamente, E., Scrucca, F., Rinaldi, S., Cleofe, M., Asdrubali, F. & Lamastra, L. “Environmental impact of an Italian wine bottle: Carbon and water footprint assessment”. *Science of the Total Environment*, 560-561 (pp. 274-283). 2016
- Boulay, A., Bare, J., Benini, L., Berger, M., Lathuilliere, M., Manzardo, A., Margni, M., Motoshita, M., Núñez, M., Pastor, A., Ridoutt, B., Oki, T., Worbe, S. & Pfister, S. “The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE)”. *Int J Life Cycle Assess*, 23 (pp. 368-378). 2018
- Canellada, F. “Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono de una quesería tradicional asturiana”. Universidad de Oviedo. 2017
- CERVIM. Centro de Investigación, Estudio, Salvaguarda, Coordinación y Valorización de la Viticultura de Montaña. Disponible en: www.cervim.org (acceso 18/03/2018)
- Cichelli, A., Pattara, C. & Petrella, A. “Sustainability in mountain viticulture. The case of the Valle Peligna”. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8 (pp. 65-72). 2016
- Chacón, J.R. “Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV)”. *Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería*, 72 (pp. 37-70). 2008
- Chang, M. “Análisis de Ciclo de Vida de la producción industrial de una cerveza tipo Lager envasada en botella de 330 centímetros cúbicos en la ciudad de Guayaquil”. *Escuela Superior Politécnica del Litoral*. Ecuador. 2017

- Denominación de Origen Protegida Cangas. Disponible en: www.vinosdeasturias.es (acceso 18/03/2018)
- Eurostat. Oficina Europea de Estadística. Disponible en: <http://ec.europa.eu/eurostat> (acceso 15/03/2018)
- Ferrari, A., Pini, M., Sassi, D., Zerazion, E. & Neri, P. “Effects of grape quality on the environmental profile of an Italian vineyard for Lambrusco red wine production”. *Journal of cleaner production*, 172 (pp. 3760-3769). 2018
- Ferrer, J., Mujica, D. & Páez, G. “Producción de un compostaje a partir de desechos de uva”. *Rev. Téc. Ing. Universidad del Zulia*, 16 (pp. 191-198).1993
- Fleet, G. “Yeast interactions and wine flavour”. *International Journal of Food Microbiology*, 86 (pp. 11-22). 2003
- Flora Ibérica. Disponible en: www.floraiberica.es (acceso 07-03-2018)
- Fundación Eco-raee, Sistema Integrado de Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. “Informe de resultados del ACV del proceso”. 2013
- Garnett, T. “The alcohol we drink and its contribution to the UK's greenhouse gas emissions: a discussion paper”. Centre for Environmental Strategy. University of Surrey. 2007
- Generalitat de Catalunya. “Aplicació de les millors tècniques disponibles en l’elaboració del vi i cava”. Departament de Territori i Sostenibilitat. 2011
- Gerhard, R. “Tecnología del vino”. Ed. Omega. Barcelona. 1985
- Haya, E. “Análisis de Ciclo de Vida”. Escuela de Organización Industrial. España. 2016
- Heinonen, J., Säynäjoki, A., Junnonen, J.M., Pöyry, A. y Junnila, S. “Pre-use phase LCA of a multi-story residential building: Can greenhouse gas emissions be used as a more general environmental performance indicator?” *Building and Environment*, 95 (pp. 116-125). 2016
- Huijbregts, M., Steinmann, Z., Elshout, P., Stam, G., Verones, F., Vieira, M., Zijp, M., Hollander, A. & Zelm, R. “ReCiPe201: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level”. *Int J Life Cycle Assess*, 22 (pp. 138-147). 2016
- Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. “Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono”. Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca. Gobierno Vasco. 2009

- Junta de Andalucía. “Análisis de la incidencia de la supresión de la quema de residuos agrícolas sobre la reducción de emisiones de gases contaminantes en Andalucía”. Secretaría General del Medio Rural y la Producción Ecológica, Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2009
- Keyes, S., Tyedmers, P. & Beazley, K. “Evaluating the environmental impacts of conventional and organic apple production in Nova Scotia, Canada, through life cycle assessment”. *Journal of Cleaner Production*, 105 (pp. 40-51). 2015
- L. Christ, K. & L. Burritt, R. “Critical environmental concerns in wine production: an integrative review”. *Journal of Cleaner Production*, 53 (pp. 232-242). 2013
- Laca, A., Herrero, M. & Díaz, M. “Process considerations: life cycle assessment in biotechnology. *Comprehensive Biotechnology*, Second Edition, 2 (pp. 839-851). 2011
- Iannone, R., Miranda, S., Riemma, S. & De Marco, I. “Life Cycle Assessment of Red and White Wines Production in Southern Italy”. *The Italian Association of Chemical Engineering*, 39 (pp. 595-600). 2014.
- MAPAMA. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. “Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización”. Madrid, 2016.
- MAPAMA. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. “Anuario de Estadística 2016”. Madrid, 2017.
- Madrid, A. “Manual de enología práctica”. Ed. Almansa. Madrid. 1987
- Mendívil, M., Muñoz, P., Morales, M., Juárez, C. & García-Escudero, E. “Chemical characterization of pruned vine shoots from La Rioja (Spain) for obtaining solid bio-fuels”. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 5. 2013
- Meneses, M., Torres, C. & Castells, F. “Sensitivity analysis in a life cycle assessment of an aged red wine production from Catalonia, Spain”. *Science of the Total Environment*, 562 (pp. 571-579). 2016
- Moreno, P. “Caracterización de los recursos fitogenéticos de vid (*Vitis vinifera* L.) del Principado de Asturias”. Córdoba, 2011.
- Mudarra, I. & García, R. “El viñedo ecológico”. Servicio de Asesoramiento a los Agricultores y Ganaderos Ecológicos. Junta de Andalucía. 2013

- OIV (International Organisation of Vine and Wine). “2017 World Vitiviniculture Situation”. Disponible en: <http://www.oiv.int/public/medias/5479/oiv-en-bilan-2017.pdf> (acceso 12/02/2018)
- Pérez, F. “Análisis del Ciclo de Vida comparativo de una mermelada de naranja ecológica y no ecológica”. Universidad de Valladolid. 2013
- Point, E. “Life cycle environmental impacts of wine production and consumption in Nova Scotia, Canada”. Dalhousie University. 2008
- Recchia, L., Sarri, D., Rimediotti, M., Boncinelli, P., Cini, E. & Vieri, M. “Towards the environmental sustainability assessment for the viticulture”. *Journal of Agricultural Engineering*, 586 (pp. 19-28). 2018
- Rinaldi, S., Bonamente, E., Scrucca, F., Merico, M., Asdrubali, F. & Cotana, F. “Water and carbon footprint of wine: methodology review and application to a case study”. *Sustainability*, 8 (pp. 621). 2016
- Rugani, B., Vázquez-Rowe, I., Benedetto, G. & Benetto, E. “A comprehensive review of carbon footprint analysis as an extended environmental indicator in the wine sector”. *Journal of Cleaner Production*, 54 (pp. 61-77). 2013
- Solid Forest S.L. “Cálculo de la huella de carbono-Informe de sostenibilidad energcocina”. Bodega Antigua, Vinos Azenari. La Rioja. 2012
- Vázquez, I., Rugani, B. & Benetto, E. “Tapping carbon footprint variations in the European wine sector”. *Journal of Cleaner Production*, 43 (pp. 146-155). 2013
- Vinopedia.tv. Disponible en: www.vinopedia.tv. (acceso 12/03/2018)
- Vinosdiferentes. Disponible en: www.vinosdiferentes.com. (acceso 10/03/2018)
- Vivanco. Disponible en: www.vivancoculturadelvino.es. (acceso 13/03/2018)