

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV) DE UNA CERVEZA ARTESANAL



**TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

Autora: Ainhoa San Miguel Arricibita

Año académico: 2020/2021

Directora: Junkal Gutierrez Caceres

Codirector: Gorka Gallastegui Ruiz de Gordoa

Índice

Resumen

Abstract

1. Introducción	1
2. Objetivo	3
3. Desarrollo	3
3.1. Descripción del producto	3
3.2. Metodología	4
3.3. Alcance del ACV	4
3.3.1. Unidad funcional	4
3.3.2. Límites del sistema	4
3.3.3. Suposiciones	5
3.3.4. Categorías de impacto.....	6
3.4. Análisis del Inventario del Ciclo de Vida (ICV).....	7
3.5. Descripción de las fases del ciclo de vida	8
3.6. Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV)	10
3.6.1. Huella de Carbono.....	17
3.7. Propuestas de mejora ambiental del producto	18
4. Conclusiones	21
5. Bibliografía	22

Resumen

El actual modelo económico lineal es el origen de la notable aceleración en el consumo de los recursos naturales. La continua extracción de materias primas debe sustituirse por otros sistemas económicos más sostenibles. Para completar la transición hacia la economía circular multitud de productos del sector agroalimentario son evaluados siguiendo las directrices de las normas ISO 14040 e ISO 14044, esto es, mediante el Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

Entre estos productos, la cerveza artesanal es cada vez más demandada en el País Vasco. Dentro de las marcas de cerveza artesanal, *Gastheiz* es una marca local que destaca por su ingrediente estrella: la patata. La concepción que la sociedad tiene de los productos artesanos y del empleo de materias primas de proximidad, como podría ser la patata en el caso de *Gastheiz*, crea una convicción de que estos son más beneficiosos para el desarrollo sostenible en comparación con los grandes fabricantes de cerveza.

En este estudio, la cerveza artesana *Gastheiz* es sometida a un ACV mediante el software *SimaPro 9.1.1* con el fin de localizar los impactos ambientales generados desde el transporte de las materias primas hasta el fin de ciclo de vida, y proponer mejoras ambientales del producto. Tras analizar 11 categorías de impacto, los resultados indican que la ecotoxicidad marina es la más perjudicada (6.650 kg 1,4-DB eq). Dentro de las fases del ciclo de vida destaca el embotellado y el empaquetado (65 %), seguido del reparto (24 %) y de la producción de la cerveza (11 %).

Abstract

The current linear economic system is the origin of the significant acceleration in the consumption of natural resources. The continuous extraction of raw materials must be replaced by more sustainable economic systems that focus on closing life-cycles of products and services. In order to complete this transition towards the circular economy, a large number of products in the agri-food sector are evaluated following the guidelines of ISO 14040 and ISO 14044 standards, in other words, through Life Cycle Assessments (LCA).

Among these products, craft beer is increasingly in demand by the inhabitants of the Basque Country. Within the craft beer brands, *Gastheiz* is a local brand that is characterised by the use of potato as an ingredient. Society's conception of craft products and the use of local raw materials, such as potatoes in the case of *Gastheiz*, creates a conviction that these are more beneficial for sustainable development compared to large manufacturers of beer.

In this study, *Gastheiz* craft beer is subjected to an LCA using *SimaPro 9.1.1* software. The objective is to locate the environmental impacts generated from the transport of raw materials until the end of its life cycle, and subsequently propose environmental improvements of the product. After analysing 11 impact categories, results indicate that marine ecotoxicity is the most affected one (6.650 kg 1,4-DB eq). Furthermore, bottling and packaging is the life cycle stage that has the greatest contribution (65 %), followed by distribution (24 %) and beer production (11 %).

1. Introducción

El continuo aumento de la demanda de materias primas, junto con el incremento de la población mundial en las últimas décadas, ha provocado una significativa aceleración en el consumo de los recursos naturales. Esto se debe al actual modelo económico lineal de producción y consumo, cuyo origen se remonta a la Revolución Industrial y se basa en el irreflexivo principio de “producir-consumir-tirar” o “extraer-fabricar-eliminar” (Falappa et al., 2019). Este sistema económico no tiene en cuenta la capacidad limitada de la que dispone el planeta, tanto a la hora de extraer materias primas, como a la hora de generar residuos y emisiones y, por ello, desde 1970 el día de la sobrecapacidad de la tierra¹ no ha dejado de adelantarse. Sin ir más lejos, en el año 2019, los recursos naturales capaces de regenerarse en doce meses se habrían agotado a finales de julio (Global Footprint Network, 2019).

A pesar de haberse logrado avances importantes en la mejora de la eficiencia del uso de recursos, cualquier sistema cuyo eje principal sea el consumo y no la sostenibilidad conlleva grandes pérdidas a lo largo del ciclo de vida del producto (Espialat, 2017). Es imperativo reconstruir el modelo económico actual (Figura 1) y completar la transición hacia un sistema alternativo cuyo objetivo sea cerrar el círculo del ciclo de vida de los productos y servicios: la economía circular (Cerdá y Khalilova, 2016).

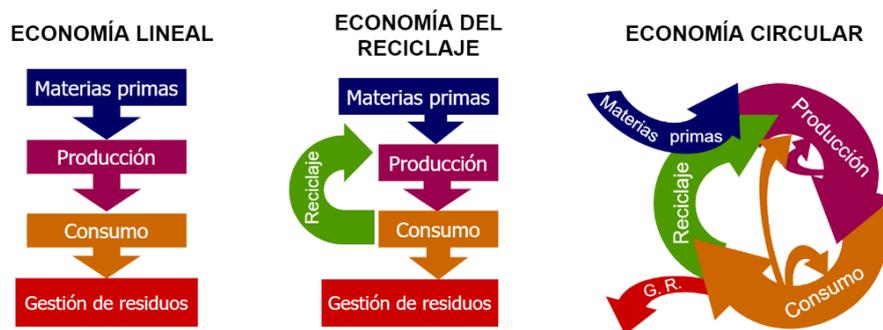


Figura 1. Diferencias entre economía lineal, economía del reciclaje y economía circular.

(Adaptación de Government of the Netherlands, s.f.).

Existen diversas herramientas, a día de hoy desafortunadamente voluntarias, para facilitar la implementación de un modelo sostenible basado en la economía circular de productos y servicios, pero la gran mayoría de ellas requieren un Análisis de Ciclo de Vida (ACV), parcial o total. El ACV consiste en cuantificar, evaluar e identificar los orígenes de los potenciales impactos ambientales asociados a un producto o servicio “desde la cuna a la tumba”, es decir, desde la adquisición de las materias primas hasta su disposición final (Asociación

¹ Corresponde con la fecha en la que la demanda de recursos y servicios ecológicos de la humanidad en un año determinado excede lo que la tierra puede regenerar ese mismo año (Global Footprint Network, 2021).

Española de Normalización y Certificación [AENOR], 2006a). Además de ayudar a entender la complejidad de los sistemas que abarcan el ciclo de vida de un producto, permite diseñar estrategias para su mejora ambiental y, por consiguiente, la mejora de la empresa.

Dado que el sector agroalimentario está considerado una de las mayores amenazas ambientales debido a su carácter intensivo y gestión insostenible, no es de extrañar la expansiva incorporación de los ACV en este ámbito; en este caso, "desde el campo hasta la mesa", y posteriormente, hasta la gestión de los residuos alimentarios (Notarnicola et al., 2017).

Un producto alimentario muy presente hoy en día es la cerveza, llegando a ser la bebida fría más consumida fuera del hogar en el País Vasco. Dentro del sector cervecero, el mercado de la cerveza artesanal (o cerveza *craft*) se encuentra en pleno auge. Se trata de un mercado alternativo a las grandes marcas de cerveza industrial que opta por materias primas de proximidad y de primera calidad, y que año tras año va aumentando su protagonismo en el mercado. De hecho, los datos más recientes indicaron un aumento del 19 % en la producción total en Euskadi, llegando a rozar el millón y medio de litros producidos en 2019 (Figura 2). Además, ese mismo año obtuvo una cuota de mercado del 2,4 % respecto al global de ventas del sector (Euskal Garagardo Elkarte, 2019).

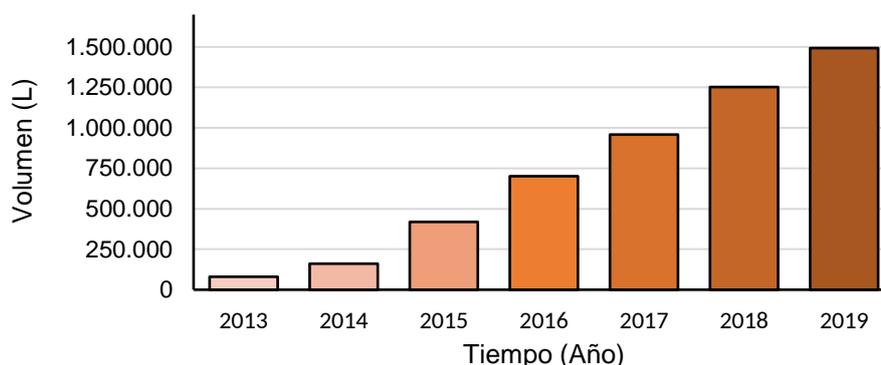


Figura 2. Evolución de la producción de cerveza artesanal en Euskadi. (Adaptación de Euskal Garagardo Elkarte, 2019).

Entre las cervezas artesanales producidas en Euskadi, la cerveza *Gastheiz* destaca por ser la primera cerveza del estado hecha con patata. Tal y como ocurre en la mayoría de pequeñas marcas emprendedoras de cerveza artesana, *Gastheiz* tiene que recurrir a una fábrica externa o cervecera nómada para poder llevar a cabo el proceso de producción. Asimismo, es importante mencionar que gran parte de la materia prima empleada es importada y, además, no cuenta con un sistema de distribución optimizado. Otro factor significativo es la inexperiencia de las emprendedoras y creadoras de *Gastheiz* en el sector cervecero, por lo que podrían desconocer aspectos relevantes relacionados con las nuevas oportunidades de mercado, así como con las posibles mejoras ambientales del producto (Conde, 2018).

En todo caso, existe un cliché en la sociedad por el que se cree que el mercado artesano está más alineado con los principios del desarrollo sostenible, puesto que, *a priori*, puede parecer que crea productos más ecológicos en comparación con las grandes industrias.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente mencionado, la cerveza artesanal *Gastheiz* se presenta como candidata ideal para ser sometida a un ACV y emplearla como referencia para entender el verdadero papel que desempeñan las cervezas *craft* en la transición hacia una economía más circular.

2. Objetivo

El objetivo principal de este estudio es evaluar el impacto ambiental asociado a las etapas del ciclo de vida de la cerveza artesanal *Gastheiz* (producción de la bebida, embotellado y empaquetado, reparto, consumo y gestión de residuos) mediante un Análisis de Ciclo de Vida. Para ello, se tendrán en cuenta las directrices de las normas ISO 14040:2006 (AENOR, 2006a) e ISO 14044:2006 (AENOR, 2006b) sobre Gestión Ambiental y Análisis de Ciclo de Vida.

Por un lado, se pretende identificar los orígenes de los principales impactos ambientales para proponer acciones de mejora ambiental del producto. Por otro, se comprobará la verdadera sostenibilidad de los productos artesanos en comparación con aquellos creados en grandes industrias.

3. Desarrollo

3.1. Descripción del producto

La marca *Gastheiz* fue creada en el año 2016 por dos estudiantes de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) y se mantuvo en el mercado hasta el año 2019. Se trataba de una cerveza alavesa del tipo Golden-Ale con una graduación alcohólica de 5,8 % y cuyos ingredientes principales eran la malta de cebada, el lúpulo, el agua y la patata, ingrediente que caracteriza la bebida. Su fabricación se realizaba de manera íntegra (desde la molienda de la malta hasta el embotellado) en Nanclares de Oca (Cervecería *Býra*). El producto (Figura 3) se vendía en hostelería mediante el canal distribución para alimentos HORECA, en distintas ferias en botellines individuales de vidrio reciclable de 33 cL, y vía online a particulares distribuidos en packs de 6 y en cajas de 12 botellas (Conde, 2018).



Figura 3. Formas de venta de la cerveza *Gastheiz* (Conde, 2018).

3.2. Metodología

La principal fuente de información para la correcta realización del ACV ha sido la Dr. Ainhoa Ocio, maestra cervecera y cofundadora de la cerveza *Gastheiz*. Adicionalmente, se ha consultado el proceso productivo directamente con la cervecera *Býra* y se ha realizado una búsqueda bibliográfica de artículos científicos de la misma temática para solventar las restantes incógnitas.

Una vez obtenida toda la información relevante, se ha utilizado el software especializado en Análisis de Ciclo de Vida *SimaPro 9.1.1* combinado con la base de datos de factores de emisión *EcoinventTM 3.7* para calcular los principales impactos y conocer sus orígenes. Para ello, ha sido necesario definir en el programa los objetivos, la unidad de referencia, los límites del sistema y las categorías de impacto. A continuación, se ha realizado el análisis de Inventario del Ciclo de Vida (ICV), reflejando los flujos de entrada y salida de cada etapa. Finalmente, se han interpretado los resultados del ACV mediante la Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida (EICV) con el propósito de buscar alternativas y mejoras ambientales del producto.

3.3. Alcance del ACV

3.3.1. Unidad funcional

La unidad funcional es la base sobre la cual se calculan los balances de materia y energía a lo largo del ciclo de vida del producto y se utiliza como referencia en la posterior cuantificación del impacto ambiental. Además, debe reflejar la función que tiene el producto en el mercado; en el caso de *Gastheiz*, el consumo de la bebida. En definitiva, es de vital importancia definirla adecuadamente ya que se utiliza como referencia en todas las fases del ACV (Ruiz y Zúñiga, 2012).

El producto cuenta con distintas formas de venta (Figura 3). A la hora de definir la unidad funcional del estudio, se ha tenido en cuenta la forma principal de distribución del producto: una caja de cartón de 12 botellines de vidrio de 33 cL (3,96 L de cerveza). Su éxito de venta se basaba en la cancelación de los gastos de envío al adquirir dos cajas vía online.

3.3.2. Límites del sistema

A la hora de realizar un ACV se tiende a buscar la excelencia y, por consiguiente, querer incluir toda la información posible desde la extracción de materias primas hasta el fin de ciclo de vida del producto. No obstante, debe primar la veracidad de la información y situar unos límites realistas, puesto que en muchos casos hay datos imposibles de conseguir.

En el caso a estudio, el ACV abarca desde el origen y transporte de las materias primas, hasta el fin de ciclo de vida de la caja de 12 botellines, de modo que quedan incluidos el consumo y la posterior gestión de los envases generados (Figura 4, línea discontinua roja).

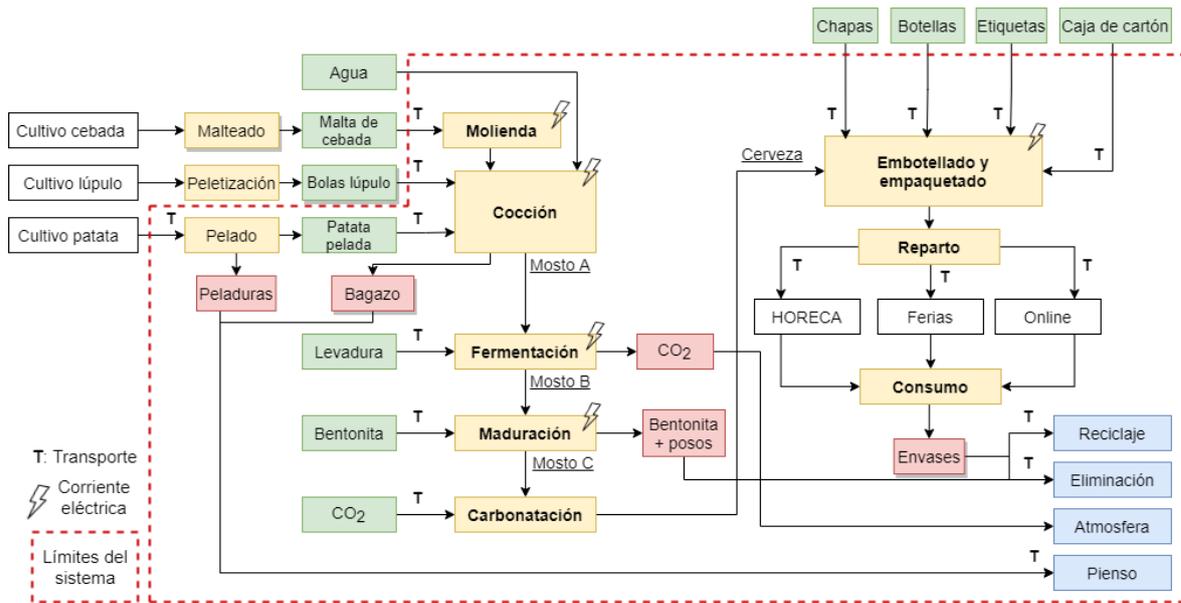


Figura 4. Ciclo de vida de la cerveza artesanal *Gastheiz* y límites del sistema del ACV.

Nota. Materias primas (verde), procesos (amarillo), flujos de salida (rojo) y fin de ciclo de vida (azul).

Como se observa en la Figura 4, quedan excluidos de este análisis los procesos de producción de las materias primas; esto incluye los procesos de transformación de las materias primas realizado por empresas externas, como son el malteado y la peletización (*Apartado 3.5. Descripción de las fases del ciclo de vida*).

Asimismo, quedan fuera de los límites del sistema los datos relativos al agua de lavado, esto es, el agua empleada durante la limpieza periódica de los equipos y su tratamiento previo vertido a cauce.

3.3.3. Suposiciones

Dadas las características del caso a estudio, se estableció que las materias primas fueron transportadas en camiones ya que se considera el medio de transporte habitualmente empleado para este tipo de productos (Cimini y Moresi, 2016).

Además, en lo que respecta a la distribución en furgoneta del producto adquirido por el cliente vía online, tras distintas entrevistas con las productoras de la cerveza, se otorgó el doble de posibilidades a la ciudad de Gasteiz como destino final en comparación con Donostia y Bilbao.

Al tratarse de una cerveza nómada, se desconocían los datos relativos a los consumos eléctricos de las 6 etapas que forman el proceso de elaboración de la cerveza *Gastheiz*. Es por ello que estos datos se completaron a partir de una minuciosa revisión bibliográfica relacionada con el impacto ambiental causado por las microcerveceras (Talve, 2001; De Marco, 2016; Conduah et al., 2019).

3.3.4. Categorías de impacto

Una categoría de impacto es una clase definida que representa un problema ambiental a la cual se le pueden asignar los flujos de entrada y salida del Inventario de Análisis de Ciclo de Vida (*Apartado 3.4. Análisis del Inventario del Ciclo de Vida* (AENOR, 2006a)).

Siguiendo las directrices marcadas por la metodología *CML baseline* (Guinée et al., 2002), la Tabla 1 muestra las 11 categorías de impacto asociadas para evaluar el perjuicio causado por la producción y consumo de la cerveza artesana *Gastheiz*. Esta categorización fue creada en el Instituto de Ciencias Ambientales de la Universidad de Leiden (Países Bajos) a partir de diversas modificaciones de uno de los primeros trabajos de metodología para ACV de la historia (Heijungs et al., 1992). Se trata de una metodología *midpoint*, es decir, está orientada al problema y, por lo tanto, es más factible una futura intervención ambiental, además de estar más recomendada para su aplicación en trabajos de investigación. Cabe destacar que *CML baseline* es de las metodologías con mayor aprobación en la comunidad de profesionales del ACV ya que sus categorías son las que cuentan con el mayor consenso a nivel internacional (Ruiz y Zúñiga, 2012).

Tabla 1. Categorías de impacto de la metodología *CML baseline*, abreviaturas y sus respectivas unidades.

Categoría de impacto	Abreviatura	Unidad
Agotamiento abiótico	AA	kg Sb eq
Agotamiento abiótico (Combustibles fósiles)	AAcf	MJ
Calentamiento global	CG	kg CO ₂ eq
Reducción de la capa de ozono	RCO	kg CFC-11 eq
Toxicidad humana	TH	kg 1,4-DB eq
Ecotoxicidad en aguas dulces	EAD	kg 1,4-DB eq
Ecotoxicidad en aguas marinas	EAM	kg 1,4-DB eq
Ecotoxicidad terrestre	ET	kg 1,4-DB eq
Oxidación fotoquímica	OF	kg C ₂ H ₄ eq
Acidificación	A	kg SO ₂ eq
Eutrofización	E	kg PO ₄ eq

Cada una de las 11 categorías que componen la metodología *CLM baseline* tiene asignada una sustancia de referencia (denominada factor de caracterización) como indicador del impacto, a pesar de que el impacto pueda estar generado por distintas sustancias. Por ejemplo, en el caso de la acidificación, la sustancia de referencia es el SO₂ y, sin embargo, los óxidos de nitrógeno (NO_x) también son causantes del impacto. Dicho de otro modo, las emisiones de NO_x se transforman en unidades de SO₂ para caracterizar su aportación a la acidificación.

3.4. Análisis del Inventario del Ciclo de Vida (ICV)

Un análisis del Inventario del Ciclo de Vida (ICV) muestra la recopilación y la cuantificación de las entradas y salidas para un sistema del producto a través de su ciclo de vida (AENOR, 2006a). Así, la Tabla 2 resume los flujos de entrada y salida del ciclo de vida de la cerveza *Gastheiz* tomando como referencia la unidad funcional definida.

Tabla 2. Inventario de flujos de entrada y salida por etapas del ciclo de vida.

Fases del ciclo de vida	Flujo (In / Out)	Cantidad	Unidad
Producción de cerveza			
Consumo malta de cebada	In	0,733	kg
Transporte malta de cebada	In	0,733·1298	kg·km
Consumo eléctrico molienda	In	0,061	kW·h
Consumo lúpulo peletizado	In	0,005	kg
Transporte lúpulo	In	0,005·1678	kg·km
Consumo patata	In	0,145	kg
Transporte patata	In	0,145·28,4	kg·km
Consumo total agua	In	3,6	kg
Electricidad cocción	In	0,483	kW·h
Consumo levadura	In	0,002	kg
Transporte levadura	In	0,002·1149	kg·km
Consumo eléctrico fermentación	In	0,007	kW·h
Consumo bentonita	In	7,2·10 ⁻⁵	kg
Transporte bentonita	In	7,2·10 ⁻⁵ ·355	kg·km
Consumo eléctrico maduración	In	0,008	kW·h
Consumo CO ₂	In	0,022	kg
Transporte CO ₂	In	0,022·66,5	kg·km
Cantidad cerveza	Out	3,616	kg
Cantidad peladuras de patata	Out	0,123	kg
Cantidad bagazo	Out	0,56	kg
Transporte bagazo + peladuras	Out	0,683·28,4	kg·km
Cantidad CO ₂ fermentación	Out	0,158	kg
Cantidad bentonita + posos	Out	0,05	kg
Embotellado y empaquetado			
Cantidad cerveza	In	3,616	kg
Consumo eléctrico	In	0,03	kW·h
Cantidad botellas de vidrio	In	0,246·12	kg·unidades
Transporte botellas	In	2,953·650	kg·km
Cantidad chapas de acero	In	0,002·12	kg·unidades
Transporte chapas	In	0,026·66,5	kg·km
Cantidad etiquetas de vinilo	In	181,4·12	cm ² ·unidades
Transporte etiquetas	In	0,043·66,5x	kg·km
Cantidad caja de cartón	In	0,2	kg
Transporte caja	In	0,2·66,5	kg·km
Cantidad caja 12 botellines llenos	Out	6,838	kg
Reparto			
Cantidad caja 12 botellines llenos	In	6,838	kg
Transporte hostelería	In	(6,838·12,5)·0,12	(kg·km)·x
Transporte online	In	(6,838·137)·0,7	(kg·km)·x
Transporte ferias	In	(6,838·52,3)·0,18	(kg·km)·x
Cantidad caja 12 botellines transportados	Out	6,838	kg
Consumo y gestión de residuos			
Cantidad caja 12 botellines transportados	In	6,838	kg
Reciclaje botellas de vidrio	Out	2,953·0,67	kg·y
Eliminación botellas de vidrio	Out	2,953·0,33	kg·z
Reciclaje chapas de acero	Out	0,026·0,88	kg·y
Eliminación chapas de acero	Out	0,026·0,12	kg·z
Reciclaje etiquetas de vinilo	Out	0,043·0,76	kg·y
Eliminación etiquetas de vinilo	Out	0,043·0,24	kg·z
Reciclaje caja de cartón	Out	0,2·0,94	kg·y
Eliminación caja de cartón	Out	0,2·0,06	kg·z

Nota. En la columna "Flujo": In (flujo de entrada) y Out (flujo de salida).

En la columna "Unidades": x (porcentaje de ventas), y (tasa de reciclado) y z (tasa de eliminación).

3.5. Descripción de las fases del ciclo de vida

A continuación, se describen secuencialmente las distintas fases del ciclo de vida del producto, atendiendo a las etapas que se sitúan dentro de los límites del sistema (Figura 4).

1. Molienda

Una vez obtenidas las materias primas, el primer paso es triturar la malta de cebada para hacer más accesibles sus propiedades esenciales y permitir una maceración adecuada (Galicia, 2019). En este caso, se emplean las variedades *Pilsen* y *Caramelo Munich* de la empresa belga *Malteria Dingemans*.

2. Cocción

Esta etapa consiste en el hervido de la malta de cebada, el lúpulo y la patata (previamente pelada) para conseguir un mosto esterilizado y refinado y, al mismo tiempo, dotar a la cerveza de su sabor, aroma y amargor específico. Este proceso se lleva a cabo en 2 etapas secuenciales; se cuece la mezcla a 70 °C durante 90 min y, posteriormente, durante 10 min a más de 75,6 °C. Se filtra la muestra y se retira el filtrado. El residuo sólido, denominado bagazo, se gestiona mediante su reciclado como pienso, donándolo junto con las peladuras de patata a una explotación ovina de la provincia de Araba. El aprovechamiento del bagazo por instalaciones agropecuarias es una práctica muy extendida entre las microcerveceras (Morgan et al., 2021).

Entre los ingredientes, el lúpulo (variedades *Citra* y *Tettnanger*) proveniente de Baviera (Alemania) es el encargado de aportar el aroma y el amargor a la bebida. Previamente a su entrada en la cervecera, el lúpulo es peletizado, es decir, los conos de lúpulo se convierten en gránulos para facilitar su manipulación y su adición al mosto (Moir, 2020). En lo que respecta a la patata, se opta por patata nueva, esto es, patata recolectada antes de que se madure por completo aprovechando que el almidón contenido en sus fibras no se ha convertido en su totalidad en azúcar, factor que ayuda en el proceso de fermentación. El origen de este ingrediente es la Llanada Alavesa y las variedades elegidas son *Mona Lisa* y *Miren*, por su alto contenido en almidón. Por último, el agua se obtiene de la red de abastecimiento local y es el componente más abundante de la bebida.

3. Fermentación

Se trata de la etapa más relevante en la elaboración de la cerveza, puesto que el resultado de la bebida puede variar mucho si no se hace cuidadosamente y se vigila la evolución del metabolismo de la levadura empleada (Aroni et al., 2015). En este caso, se emplea levadura Ale (variedad *SafAle K-97*) procedente de la empresa *Fermentis* (Marcq-en-Barœul,

Francia). Este tipo de levadura destaca por su utilización en cervezas de fermentación alta y con aromas y sabores florales/frutales (Loviso y Libkind, 2018).

Una vez añadida la levadura al mosto, el proceso de fermentación se prolonga durante 14 días a una temperatura de 19,4 °C. Durante esta etapa se expulsan aproximadamente 4 kg de dióxido de carbono (CO₂) a la atmosfera por cada 100 L de cerveza (Atlas Copco, s.f.).

4. Maduración

Tal y como detalla Galicia (2019), durante la etapa de maduración la cerveza sufre un reposo prolongado (en este caso, durante 30 días a una temperatura constante de 18,3 °C) en el que alcanza una mejora de sus condiciones organolépticas debido a la separación y precipitación de las sustancias enturbiantes del producto. La decantación de los sólidos del mosto se logra con la ayuda de bentonita activa fabricada en España. Posteriormente, los posos y la bentonita se retiran y son gestionados mediante su eliminación, siendo su destino final el vertedero.

5. Carbonatación

Se trata del último paso antes de obtener la bebida final. El mosto necesita ser carbonatado y, a pesar de existir diversas formas de hacerlo, *Gastheiz* opta por la carbonatación forzada; esto es, inyección de carbono dióxido a alta presión. El suministrador del CO₂ era Carbueros Metálicos (empresa ubicada en Bizkaia)

6. Embotellado y empaquetado

Como se ha indicado en el *Apartado 3.3.1. Unidad funcional*, la bebida resultante se embotella y se empaqueta, en este caso, en una caja de 12 botellines de vidrio reciclable de color marrón, 33 cL de capacidad y provenientes de Portugal. Las etiquetas y las chapas son de vinilo y acero con recubrimiento de plástico, respectivamente y están fabricadas en Bizkaia. Finalmente, por cada 12 botellines se utiliza una caja de cartón (26 x 19 x 24 cm), fabricada también en Bizkaia.

7. Reparto

A la hora de hacer el reparto, el producto parte de dos orígenes distintos, la propia fábrica de *Býra* y el almacén de *Nacex* situado en Barakaldo. En cuanto a los destinos, existen 3 tipos:

- **HORECA (Hoteles, restaurantes y cafeterías):** Las ventas en hostelería constituyen el 12 % del total, correspondiéndose con distintos bares y comercios ubicados en el centro de la ciudad de Vitoria-Gasteiz. Se utilizó como referencia para el cálculo de la distancia promedio uno de los bares ubicados en la Plaza Nueva. En este caso, el origen del producto es la propia fábrica situada en Nanclares de Oca.

- **Online:** La compra online destaca por encima de los otros canales de venta al corresponderse con el 70 % del total. Dado que la venta online se limita al País Vasco, se tomó como referencia las 3 capitales de provincia. En este caso, el origen es el almacén ubicado en Barakaldo.
- **Ferias y mercados:** Representa el 18 % restante. Se utilizó como referencia cuatro ferias celebradas en distintas plazas de Vitoria-Gasteiz:
 - XVI Mercado Agrario Transparente
 - Fiestas de la Virgen Blanca
 - Oktoberfest Gasteiz
 - Mercado de Navidad

8. Consumo y gestión de residuos

Una vez el producto es consumido, los envases se convierten en residuo y dependiendo de su gestión, el producto puede tener distintos finales de ciclo de vida. Para conocer su destino final, se tuvieron en cuenta las tasas de reciclado de Euskadi de los distintos materiales que forman el envase de la cerveza (Tabla 3).

Tabla 3. Tasa de reciclado de cada parte del envase (Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco, 2019).

Parte del envase	Material	Tasa de reciclado
Botellín	Vidrio	67,0 %
Etiqueta	Vinilo (Plástico)	75,6 %
Chapa	Acero (Metal)	87,6 %
Caja	Cartón	90,4 %

3.6. Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV)

La Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV) implica extraer conclusiones sobre el impacto ambiental del producto estudiado e identificar los puntos críticos mediante la evaluación de los impactos causados por las acciones recogidas en el ICV. Se identifican en este apartado, por un lado, las categorías de impacto más significativas y, por otro lado, las etapas del ciclo de vida del producto causantes de un mayor impacto.

Tal y como se ha avanzado en el *Apartado 3.2. Metodología*, el software relaciona los flujos de entrada y salida introducidos (Tabla 2) con las sustancias de referencia (indicadores de impacto) de las distintas categorías (Tabla 1) y, de esta forma, se obtiene el valor del daño ambiental generado por cada flujo en las diversas categorías de impacto. En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos para cada categoría de impacto.

Tabla 4. Caracterización de los resultados en base a la unidad funcional.

Categoría de impacto	Total	Unidad
Agotamiento abiótico	$9,434 \cdot 10^{-5}$	kg Sb eq
Agotamiento abiótico (Combustibles fósiles)	51,550	MJ
Calentamiento global	4,052	kg CO ₂ eq
Reducción de la capa de ozono	$5,43 \cdot 10^{-7}$	kg CFC-11 eq
Toxicidad humana	3,740	kg 1,4-DB eq
Ecotoxicidad en aguas dulces	2,368	kg 1,4-DB eq
Ecotoxicidad en aguas marinas	6646,966	kg 1,4-DB eq
Ecotoxicidad terrestre	0,010	kg 1,4-DB eq
Oxidación fotoquímica	0,001	kg C ₂ H ₄ eq
Acidificación	0,025	kg SO ₂ eq
Eutrofización	$6,89 \cdot 10^{-3}$	kg PO ₄ eq

La categoría que sufre el impacto del mayor número flujos es la ecotoxicidad en aguas marinas (EAM), entre los que destacan el vidrio, los flujos derivados de la explotación de cobre, escombros y residuos municipales. En cambio, la categoría de impacto de agotamiento abiótico (AA) es atacada por un número reducido de flujos y se corresponden principalmente con actividades de la explotación de zinc y cobre.

Por otro lado, para poder comparar entre sí los valores obtenidos para cada categoría de impacto es necesario normalizar previamente dichos valores. Este proceso consiste en dividir los resultados obtenidos en el software entre unos valores establecidos a una escala concreta, denominados factores de normalización. Existen distintos factores dependiendo del sistema de referencia seleccionado, por ejemplo, un producto o una escala geográfica (regional o mundial). A pesar de no ser un proceso de obligado cumplimiento según la norma ISO 14044, puede llegar a desempeñar un papel significativo sobre la magnitud relativa de los impactos ambientales, factor que a su vez puede ser determinante en las acciones de mejora del producto (Crenna et al., 2019).

Desde un punto de vista científico, está más justificado utilizar un sistema de referencia construido a escala global. No obstante, muchas veces reducir el marco geográfico crea un sistema de referencia más ajustado a la realidad (Sleeswijk, 2008). En todo caso, debe quedar claro que el valor de los resultados normalizados no es indicativo de la gravedad de las problemáticas ambientales; así, un mismo valor asignado para distintas categorías puede provocar consecuencias ambientales de distinta magnitud, puesto que el umbral de los efectos provocados no es el mismo (Koroneos et al., 2005).

En la Figura 5 se compara, a nivel europeo y mundial, la contribución relativa asociada a cada categoría de impacto. Se observa claramente que la ecotoxicidad en aguas marinas (EAM) es la categoría de impacto más perjudicada por la producción de la cerveza artesana *Gastheiz*, con contribuciones relativas del 85,9 % (Europa) y 91,6 % (Mundo). A

continuación, le siguen las categorías de ecotoxicidad en aguas dulces (EAD) y toxicidad humana (TH) con contribuciones inferiores al 10 %.

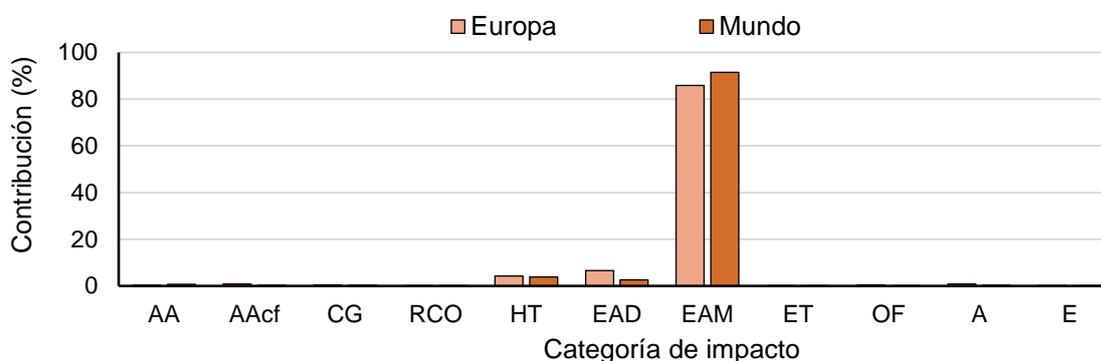


Figura 5. Normalización de las categorías de impacto según la escala europea y global.

Los resultados difieren en gran medida de los presentados por Koroneos et al. (2005). Pese a emplear límites del sistema análogos y asignar también el mayor impacto a la etapa de embotellamiento (ver *subapartado B. Embotellado y empaquetado*), el estudio presentado por estos autores reflejó una mayor afectación en las categorías de impacto relativas a la ecotoxicidad terrestre y la oxidación fotoquímica. En cambio, en el estudio de Cordella et al. (2008), la categoría más claramente afectada fue el agotamiento abiótico de los combustibles fósiles. Se concluye por tanto que las características de cada caso afectan de manera significativa a los resultados de las categorías de impacto, independientemente de que se trate del ACV de un mismo producto (cerveza artesanal)

En la Figura 6, se representan las distintas cadenas de causa-efecto de las categorías de impacto más afectadas, desde que una sustancia tóxica es emitida hasta su salida. En otras palabras, quedan reflejados los caminos que siguen los distintos procesos físicos, químicos y biológicos que son generados a partir de la emisión de la sustancia tóxica en las categorías de ecotoxicidad y toxicidad humana. Desde el transporte de las materias primas hasta la gestión de residuos del envase de *Gastheiz*, hay un amplio abanico de sustancias químicas que se emiten continuamente al medio ambiente. Algunas presentan un gran potencial ecotóxico (generalmente sustancias orgánicas e iones metálicos), por lo que si su destino final es un medio acuático, el flujo de entrada tendrá un efecto directo en los ecosistemas y empeorará su calidad. Si por el contrario el destino final de la emisión entra en contacto con la actividad humana, el efecto se traducirá en el crecimiento de la incidencia de distintas enfermedades, provocando en este caso, daño en la salud humana (Norwegian University of Science and Technology [NTNU], 2019).

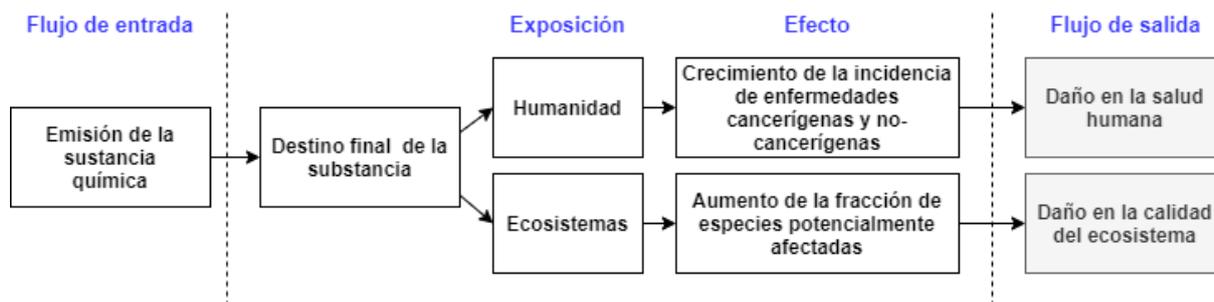


Figura 6. Cadena de causa-efecto de las categorías de ecotoxicidad y toxicidad en la salud humana de las emisiones químicas (Adaptación de NTNU, 2019).

Una vez realizado el análisis general de las distintas categorías de impacto, a continuación, se estudia la contribución de cada una de las etapas que conforman el ciclo de vida de la cerveza *Gastheiz* (Figura 7). Para ello, y con el fin de poder comparar los resultados obtenidos con otros publicados en la literatura, se decidió agrupar las etapas individuales en las siguientes 4 categorías: A) Producción de cerveza (incluye los siguientes subprocesos: molienda, cocción, fermentación, maduración y carbonatación), B) Embotellado y empaquetado, C) Reparto y D) Consumo y gestión de residuos.

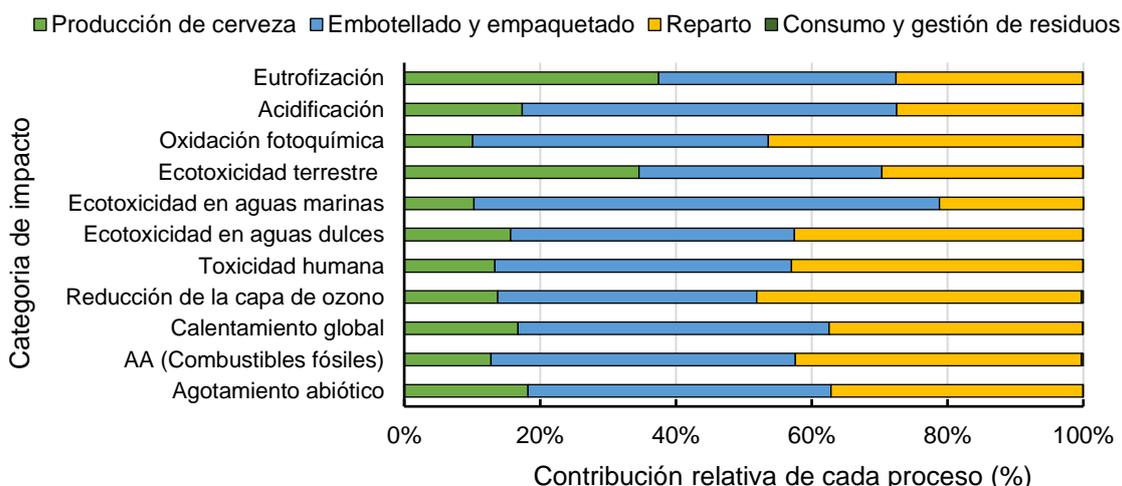


Figura 7. Contribución relativa de cada etapa del ciclo de vida a las distintas categorías de impacto.

A. Producción de cerveza

Pese a su contribución en todas las categorías de impacto, no es la fase del ciclo de vida causante de los mayores perjuicios en el medio ambiente (Amienyo y Azapagic, 2016; Morgan et al., 2021). La eutrofización es el efecto negativo más relevante causado durante la producción de la cerveza (Morgan et al., 2021), con una contribución del 39,1 % sobre el total de esta categoría. Este problema ambiental es producto del exceso de nutrientes en los ecosistemas acuáticos, originado por el uso reiterativo y excesivo de fertilizantes en la agricultura. Teniendo en cuenta que es a lo largo de los distintos subprocesos de esta etapa donde se introducen los productos agrícolas, no es de extrañar la contribución relativa en esta etapa.

La Figura 8 muestra en detalle la contribución a la categoría de impacto eutrofización de los 5 subprocesos (molienda, cocción, fermentación, maduración y carbonatación) que componen la etapa de producción, siendo únicamente los 2 primeros los que causan algún tipo de impacto. Estos dos subprocesos coinciden con la introducción de la malta de cebada, el lúpulo y la patata en el proceso productivo, lo que confirma la relación entre las materias primas provenientes de cultivos y el potencial de eutrofización de la etapa de producción de la bebida. De hecho, un estudio indica que la producción agrícola de la cebada es la fuente dominante de las emisiones causantes de la eutrofización (University of Michigan Center for Sustainable Systems, 2017).

Otra de las categorías más significativas en esta etapa es la ecotoxicidad terrestre (35,4 %), impacto generado por las emisiones de sustancias que acaban en el medio terrestre y que provoca cambios en la estructura y en las funciones de los distintos ecosistemas. Los campos agrícolas de carácter intensivo ocupan superficies muy extensas en el medio terrestre, por lo que cualquier emisión proveniente de su actividad tiene un efecto ecotóxico directo en los ecosistemas que lo componen. La Figura 8 muestra como la aportación de los subprocesos en el potencial ecotóxico del medio terrestre nuevamente se reparte entre la molienda y la cocción, siendo en este caso la etapa de cocción la que mayor contribución presenta. Por lo tanto, los procesos agrícolas relativos a la patata y el lúpulo, dentro de la etapa de producción de la cerveza, tienen un mayor aporte en esta problemática ambiental.

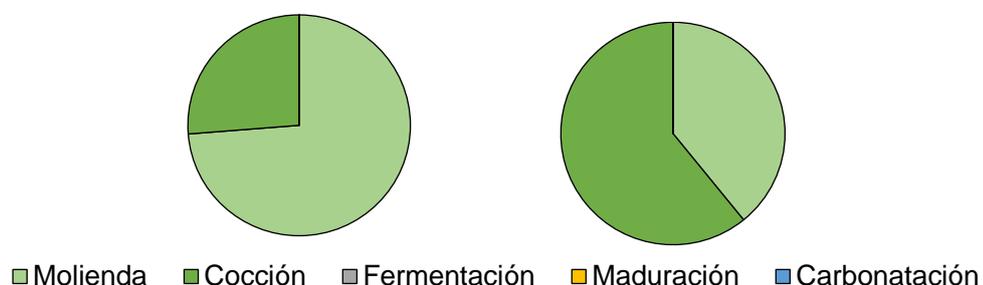


Figura 8. Contribución del potencial de eutrofización (izquierda) y ecotoxicidad terrestre (derecha) de los subprocesos de la producción de cerveza.

B. Embotellado y empaquetado

En la Figura 7 se aprecia de manera clara que la fase del embotellado y el empaquetado es la etapa que provoca los mayores impactos a lo largo del ciclo de vida de *Gasttheiz*. Esta fase es, además, la causante de gran parte de los daños ocasionados en el medio marino, con un valor de 4.556,44 kg 1,4-DB eq. La acidificación y el calentamiento global son dos categorías muy perjudicadas en esta etapa, con porcentajes relativos del 58,1 % y 47,8 %, respectivamente. En esta etapa destacan también la oxidación fotoquímica (OF), el agotamiento de combustibles fósiles (AAcf), la toxicidad humana (TH) y el agotamiento

abiótico (AA). A continuación, en la Figura 9 se muestran los potenciales de ecotoxicidad en aguas marinas y el potencial de acidificación a lo largo del ciclo de vida de la cerveza. El punto de inflexión de las emisiones que generan ambos impactos se encuentra en esta fase.

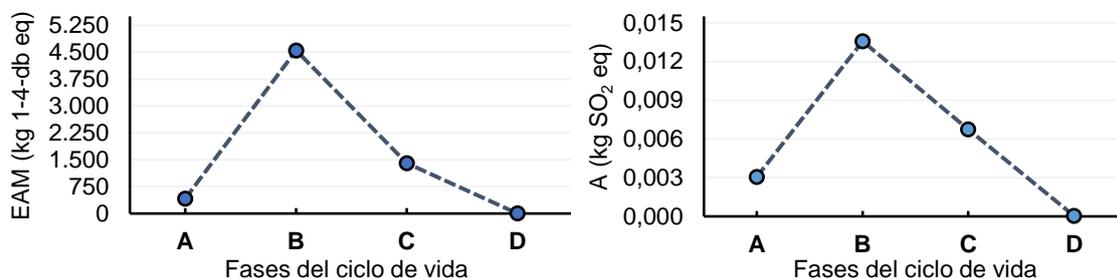


Figura 9. Evolución de las categorías de ecotoxicidad en aguas marinas (izquierda) y acidificación (derecha) a lo largo del ciclo de vida.

Entre los materiales empleados en esta fase predomina el vidrio por la cantidad de masa y por ser el principal determinante en la sensibilidad a los cambios en las categorías de impacto (Cimini y Moresi, 2018). Los resultados obtenidos coinciden con el estudio realizado por Amienyo y Azapagic (2016) en el cual se comparan distintos tipos de envases de cerveza, siendo el embotellado realizado en botellín de vidrio de 0,33 L la etapa con mayor contribución en la categoría de impacto ecotoxicidad en aguas marinas (EAM). En el caso de Hospido et al. (2005), la acidificación (A) y el calentamiento global (CG) fueron las categorías de impacto con mayores contribuciones en esta etapa.

Por lo tanto, se reafirma que la raíz de esta problemática ambiental este en el envase y su ciclo de vida individual. Para el consumo de 3,96 L de bebida se utilizan distintos materiales en los envases, entre los que destaca el vidrio. La creación, distribución y gestión de cada uno de ellos conlleva un impacto individual que de forma conjunta es significativo en el ciclo de vida de *Gastheiz*.

C. Reparto

Se trata de una etapa crítica en el ciclo de vida de *Gastheiz*, siendo la segunda que más contribuye en la carga ambiental global del producto, con contribuciones relativas entre el 28 y el 50 % en todas las categorías de impacto. De hecho, en el caso de las categorías reducción de la capa de ozono (RCO) y oxidación fotoquímica (OF), el reparto es la etapa con más peso a lo largo del recorrido del ciclo de vida de la cerveza con un 50 y 48,03 %, respectivamente (Figura 10).

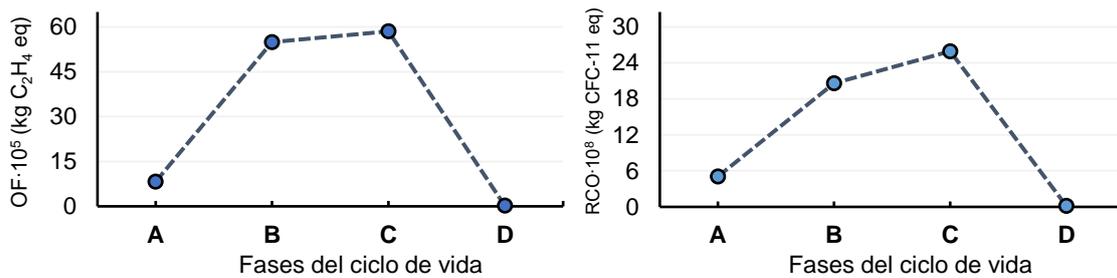


Figura 10. Evolución de las categorías de oxidación fotoquímica (izquierda) y reducción de la capa de ozono (derecha) a lo largo del ciclo de vida.

La reducción de la capa de ozono (RCO) es la destrucción gradual de la capa que se encuentra en la parte superior de la atmósfera, causada por la emisión antropogénica de sustancias con cloro y bromo (ej., compuestos clorofluorocarbonados (CFC)) derivadas de la actividad industrial y el transporte. Asimismo, la RCO está directamente relacionada con la oxidación fotoquímica generada por la reacción entre los óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos, el oxígeno y la radiación ultravioleta del sol.

Teniendo en cuenta que el impacto generado en estas categorías viene determinado por la cantidad de kilómetros recorridos, el uso de combustibles fósiles, el medio de transporte empleado y el peso del producto, la etapa de reparto no siempre destaca en los ACV por realizar con contribuciones relevantes en las diferentes categorías de impacto, tal y como sucede en el caso de las cervezas de elaboración industrial (Koroneos et al., 2005). En el caso de Cimini y Moresi (2016), el reducido impacto de esta etapa pudo deberse al hecho de excluir el reparto del producto final al cliente del ACV realizado a una cerveza *pale lager* de la marca *Birra Peroni*. Sin embargo, un estudio posterior realizado por los mismos autores, en el que sí incluyeron la distribución hasta el consumidor, se observó que la etapa de reparto tampoco contribuía notablemente en la carga ambiental total del producto (Cimini y Moresi, 2018).

En conclusión, la gestión menos eficiente del reparto llevada a cabo por las cerveceras artesanales provoca que la consideración de esta etapa sea significativa en comparación con las grandes cerveceras.

D. Consumo y gestión de residuos

En lo que respecta a la etapa de consumo y gestión de residuos, la contribución relativa a las diferentes categorías de impacto, en todos los casos, cuentan con valores por debajo del 1 %. Entre las limitaciones del presente ACV se encuentra la exclusión del agua de lavado, resultando ser un posible condicionante en esta etapa (*Apartado 3.3.2. Límites del sistema*).

Cabe mencionar que la forma de limitar la última etapa varía de manera significativa entre los ACV; mientras unos se limitan al consumo del producto o incluyen la gestión de residuos

en otras etapas (Koroneos et al, 2005), otros solo tienen en cuenta el agua de lavado del proceso productivo (Hospido et al., 2005). El hecho de que los límites en esta fase varíen de manera considerable entre los distintos estudios se debe a la falta de información de la disposición final del producto. Es decir, algunos autores optan por excluir la gestión final de los residuos por tratarse de una aproximación a la realidad; no es posible conocer las acciones y decisiones de cada consumidor respecto a la gestión final del producto.

Sin embargo, el ACV de De Marco et al. (2016) cuenta con limitaciones similares a las de *Gastheiz* y apoya la idea de que esta fase presenta pequeñas aportaciones en la carga ambiental global del producto.

3.6.1. Huella de carbono

A día de hoy, el cambio climático o calentamiento global (CG) es la categoría de impacto más conocida y recurrida. Está considerado uno de los indicadores más comunes para determinar el grado de impacto ambiental porque es un buen predictor de las demás categorías (Amienyo et al., 2013); de hecho, es la única que cuenta con ecoetiqueta, la huella de carbono (Carbon Footprint Ltd, s.f.). Se trata de una forma de etiquetado empleada para describir el cálculo de las emisiones de todos los gases de efecto invernadero asociados al cambio climático (Ruiz y Zúñiga, 2012). A partir de la realización de una ACV y su respectivo indicador de CG, es posible obtener la huella de carbono y resulta muy útil puesto que es el comunicador de sostenibilidad ambiental de productos más conocido a nivel mundial.

La huella de carbono por cada litro de cerveza *Gastheiz* es de 980,2 g de CO₂ eq. A continuación, la Figura 11 muestra la huella de carbono de las distintas etapas de *Gastheiz*. Prácticamente la mitad de la huella de carbono se debe a la etapa de embotellado y empaquetado (467,4 g CO₂ eq L⁻¹), y le siguen las fases de reparto (381,8 g CO₂ eq L⁻¹) y la producción de cerveza (129,7 g CO₂ eq L⁻¹). Por último, el consumo y la gestión de residuos tienen un valor ínfimo.

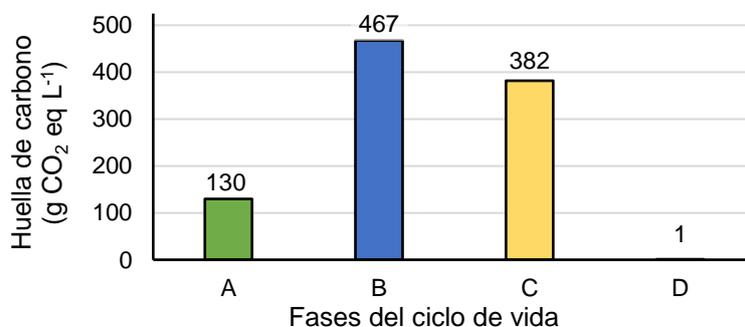


Figura 11. Huella de carbono de cada litro de cerveza a lo largo de las distintas fases del ciclo de vida.

La huella de carbono se encuentra por debajo de la media de las 7 cervezas artesanales analizadas en el estudio de Morgan et al. (2021) (1.175,7 g de CO₂ eq L⁻¹). Sin embargo, las

cervezas producidas en las grandes industrias presentan valores muy inferiores a los mencionados, pudiendo ser hasta la mitad en comparación con las artesanales (Gavinelli et al., 2016). De hecho, las fases de producción de cerveza y reparto presentan valores más altos que la cerveza industrial del estudio de Amienyo y Azapagic (2016). Además, Morgan et al. (2021) afirman que, en lo que a la huella de carbono respecta, las microcerveceras presentan sus propios desafíos, y muchas veces están ligados con las complicaciones en el medio de transporte de la etapa de reparto.

Los datos bibliográficos sobre la huella de carbono apoyan los resultados obtenidos en *Gastheiz*, dando respuesta a las erróneas ideas preconcebidas que existen en la sociedad entorno a los productos artesanales.

3.7. Propuestas de mejora ambiental del producto

La composición del impacto ambiental generado por los procesos que tienen lugar durante el ciclo de vida de la cerveza *Gastheiz* muestra como las etapas de embotellado y empaquetado son las máximas responsables de la carga ambiental del producto (Figura 12). El impacto restante se divide entre el reparto (24 %) y la producción de la bebida (11 %), siendo insignificante el aporte relacionado con la gestión de residuos final.

El análisis más detallado de la contribución de las etapas principales señala la influencia de varios factores: material, peso, volumen, grosor y procedencia del envase, así como su proceso productivo, distribución, la propia acción de embotellar y la posterior gestión de residuos. En todo caso, al igual que en el presente estudio, diversos autores coinciden en señalar a la producción de botellines de vidrio reciclable de 1 solo uso como principal factor de las alteraciones medioambientales (Talve, 2001; Koroneos et al., 2005; Amienyo y Azapagic, 2016).

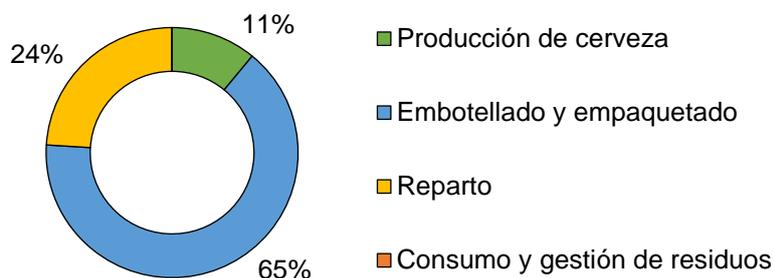


Figura 12. Relevancia de la carga ambiental de las etapas del ciclo de vida de *Gastheiz*.

No debe olvidarse que el vidrio es el generador de los mayores impactos ya que su alto peso conlleva una gran cantidad de material vítreo a producir y, al mismo tiempo, un elevado consumo energético durante su producción (el vidrio funde a 1.400-1.600 °C) (Ferrara et al., 2020). El indicador de impacto más común para baremar el daño ambiental de los distintos recipientes es el potencial de cambio climático (CG) (Amienyo et al., 2013). Entre los

recipientes más comunes de la cerveza, se ha comprobado que los valores más altos pertenecen a las botellas de vidrio de un solo uso (Boesen et al., 2019).

Por lo tanto, la mejora ambiental del producto debe centrarse en el embotellado para conseguir así una reducción del impacto global del producto. Posteriormente, se proponen alternativas para las etapas de reparto y producción de cerveza.

- Ecodiseño del envase

Está fuertemente arraigado en el subconsciente colectivo la creencia de que los envases de vidrio tienen un menor impacto en comparación con las latas o botellas de plástico. Sin embargo, no es este el motivo por el que los consumidores prefieren el vidrio; lo hacen por los hábitos de consumo contruidos en la sociedad. En un estudio realizado en torno al consumo de vino, el 91 % de las personas entrevistadas no concebían ingerir la bebida en un recipiente que no fuese la botella de vidrio de un único uso y achacaban su negativa a la pérdida de calidad de la bebida y a los elevados precios de los envases ecológicos (Ferrara et al., 2020).

Teniendo en cuenta estos precedentes, se decide que *Gastheiz* no debe renunciar al envase de vidrio y que las medidas para reducir el impacto ambiental deben estar enfocadas en el ecodiseño, esto es, la introducción de criterios ambientales en las fases diseño y producción con el fin de reducir la carga ambiental global asociada al ciclo de vida del producto.

La primera alternativa que se plantea es la reducción del gramaje del botellín de vidrio (su peso original es de 246 g). Esta estrategia de ecodiseño es cada vez más recurrida por grandes marcas de bebidas, como es el caso de *Heineken*, que ha logrado reducir un 30 % el peso del botellín desde el año 2000 (Pressgraph Mediagroup S.L, 2020). Otra estrategia a valorar consiste en sustituir los botellines de vidrio de un único uso por otros retornables, es decir, recipientes que, sin ser destruidos, se limpian y son aptos para nuevos usos. Así, *Coca-Cola* ha optado por recoger los botellines de los bares, someterlos a un proceso de lavado y volverles a dar una nueva vida, pudiendo tener hasta 35 usos de media (Villaécija, 2016).

En conclusión, lo idílico es un cambio en los hábitos de consumo de la sociedad. Mientras esto no ocurra, el ecodiseño del recipiente de *Gastheiz* es, sin duda, la opción más viable para reducir el impacto global del producto.

- Optimización de la distribución

La etapa de reparto puede ser un obstáculo en las pequeñas marcas de cerveza artesanal, puesto que muchas de ellas no tienen una carga de pedidos muy grande y utilizan transportes pequeños de mercancía. Un estudio afirma que haciendo el reparto en camión se reduce el impacto generado en un 45 %; sin embargo, esto requeriría repartos menos frecuentes (Morgan et al., 2021).

Las propias diseñadoras de la marca han manifestado que no contaban con un sistema de reparto eficiente. Sin ir más lejos, todos los pedidos online (siendo el 70 % de las ventas totales) partían del almacén de Barakaldo sin importar el destino final y, además, la mayoría ellas se dirigían a Vitoria-Gasteiz. En este caso, una propuesta razonable debe enfocarse en la utilización de algún local cercano a la propia cervecera como almacén para los pedidos procedentes de Álava. Otra posible estrategia es buscar empresas que tengan rutas similares y colaborar con ellas.

Cabe destacar que, a pesar de no pertenecer a la fase de reparto, está muy vinculado a este apartado el transporte de las materias primas importadas. La procedencia de materias primas en muchos casos es lejana, llegando a recorrer distancias superiores a los 1000 km en el caso del lúpulo (Alemania), la levadura (Francia) y la malta de cebada (Bélgica).

Por lo tanto, dentro de esta estrategia de reducción del daño ambiental asociado al transporte, debe hacerse hincapié en la reorganización de los repartos, poniendo especial atención en los pedidos online y la búsqueda de proveedores de materias primas locales (Cimini y Moresi, 2016).

- Reducción del impacto ambiental de proceso productivos

El hecho de que algunas marcas artesanales tengan mayores impactos que las producidas en grandes industrias, como es en el caso de la categoría de calentamiento global, se atribuye a que las microcerveceras utilizan más cantidad de malta de cebada y, en general, una mayor proporción de materia prima (Gavinelli et al., 2016). También suelen contar con una eficiencia energética menor y tecnologías menos ecoeficientes (Conduah et al., 2019).

Desde hace unos años, marcas como *Damm* han impulsado la utilización de fuentes de energía renovables y energéticamente más eficientes (por ejemplo, la cogeneración a partir de biogás), consiguiendo una reducción de un 45 % los últimos 10 años. Además, después del estado de alarma de la pandemia COVID-19, la cerveza remanente en los bares fue convertida en energía para el autoabastecimiento de las fábricas, reduciendo así el volumen de residuos y ahorrando energía (La Vanguardia, 2020). Dentro de las microcerveceras, la implantación de energías renovables suele conllevar elevados gastos económicos, por lo que la implantación a corto plazo de técnicas de control o modificaciones en el equipamiento son opciones más realistas (Conduah, 2019). No obstante, la marca contaba con la ventaja de subcontratar la producción y, por lo tanto, no dependía de ninguna maquinaria. De este modo, hubiera sido posible en un futuro cambiar el lugar de producción en la búsqueda de un rendimiento más ecoeficiente de los procesos productivos (Conde, 2018).

4. Conclusiones

En el presente estudio se ha realizado un ACV mediante el software *SimaPro 9.1.1* para conocer el impacto ambiental de las distintas etapas que conforman el ciclo de vida de la cerveza artesana *Gastheiz*. Por un lado, se ha determinado que la categoría de impacto más afectada es la ecotoxicidad de aguas marinas (6.650 kg 1,4-DB eq) derivado de las emisiones de sustancias químicas de los distintos procesos. Por otro lado, se ha detectado que el origen de los mayores impactos está en el embotellado y empaquetado (65 %), seguido del reparto (24 %) y del proceso de producción de la bebida (11 %). Por el contrario, las etapas de consumo y gestión de residuos no cuentan con una contribución relativa significativa. A partir de los resultados del ACV, se proponen distintas estrategias para reducir el impacto del producto, siendo el ecodiseño del producto la opción más viable.

A pesar de haber colaborado directamente con las emprendedoras de la marca en la realización del ACV, ha habido algunos vacíos de información, traducidos en algunas suposiciones o búsquedas bibliográficas acordes con el tipo de producto. Este hecho no ha supuesto una merma en la calidad de los resultados obtenidos.

En consonancia con los resultados mostrados por otros autores, la cerveza artesanal presenta mayores cargas ambientales en algunas categorías de impacto en comparación con aquellas producidas en grandes industrias. Un ejemplo de ello es la huella de carbono, pudiendo llegar a ser el doble en el caso de las *craft beers* o cervezas artesanales. Este dato contradice la concepción general que tiene la sociedad sobre los productos etiquetados como “artesanales”, puesto que en algunos casos las marcas de alimentación lo usan para obtener una apariencia más ecológica e incurrirían, por tanto, en ecoblanqueo o *greenwashing*.

Se suele decir que “lo que se analiza, se gestiona” y, por consiguiente, lo que no se analiza o no se puede analizar conlleva el riesgo de ser olvidado (Hauschild et al., 2018). Así, los ACV juegan un papel clave en la transición hacia la economía circular. Al igual que los proyectos, programas y obras tienen como requisito realizar evaluaciones de impacto ambiental, y las fábricas y empresas necesitan la aprobación de una auditoría ambiental, el ACV debería contar con un mayor respaldo legal para los productos y servicios.

El ACV es una de las metodologías más eficaces para obtener una cuantificación objetiva del impacto derivado de las actividades antropogénicas en el medio ambiente. En la actualidad, la comunidad ACV cuenta con una cantidad significativa de recursos (softwares, bases de datos, metodologías, etc.), muchos de ellos de pago. Si la prioridad es intentar eliminar o al menos mitigar el impacto de dichas actividades, el acceso a esta herramienta debe ser público y accesible para todas las personas interesadas, sin priorizar el aspecto económico.

5. Bibliografía

- Amienyo, D. y Azapagic, A. (2016). Life cycle environmental impacts and costs of beer production and consumption in the UK. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21, 492-509. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1028-6>
- Amienyo, D., Gujba, H., Stichnothe, H. y Azapagic, A. (2013). Life cycle environmental impacts of carbonated soft drinks. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18, 77-79. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0459-y>
- Aroni, J., Bellina, J., Díaz, H., Escurra, C. y Pérez, S. (2015). Diseño de una línea de producción para la elaboración de cerveza artesanal de Algarroba. [Proyecto universitario, Universidad de Piura]. <https://hdl.handle.net/11042/2345>
- Asociación Española de Normalización y Certificación (2006a). *Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia* (UNE-EN ISO 14040:2006).
- Asociación Española de Normalización y Certificación (2006b). *Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices* (UNE-EN ISO 14044:2006).
- Atlas Copco (s.f.). *Recuperación del CO₂ del proceso de fermentación de la cerveza*. <https://www.atlascopco.com/es-es/compressors/industry-solutions/brewery-air-compressor>
- Boesen, S., Bey, N. y Niero, M. (2019). Environmental sustainability of liquid food packaging: Is there a gap between Danish consumers' perception and learnings from life cycle assessment?. *Journal of cleaner production*, 210, 1193-1206. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.055>
- Carbon Footprint Ltd. (s.f.). *Carbon Footprint Standard*. Carbon Footprint™. <https://www.carbonfootprint.com/cfpstandard.html>
- Cerdá, E. y Khalilova, A. (2016). Economía circular. *Economía industrial*, 401, 11-20. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5771932>
- Cimini, A. y Moresi, M. (2016). Carbon footprint of a pale lager packed in different formats: assessment and sensitivity analysis based on transparent data. *Journal of Cleaner Production*, 112, 4196-4213. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.063>
- Cimini, A. y Moresi, M. (2018). Effect of brewery size on the main process parameters and cradle-to-grave carbon footprint of lager beer. *Journal of Industrial Ecology*, 22, 1139-1155. <https://doi.org/10.1111/jiec.12642>

- Conde, J. (2018). *Plan de Comunicación para el Lanzamiento y Posicionamiento de Gastheiz (cerveza de patata/patata garagardoa)*. [Trabajo de Fin de Grado, Universidad del País Vasco]. <http://hdl.handle.net/10810/25927>
- Conduah, J., Kusakana, K. y Hohne, P. A. (2019). *Energy efficiency improvements in a microbrewery in South Africa*. En 2019 Open Innovations (132-137). IEEE.
- Cordella, M., Tugnoli, A., Spadoni, G., Santarelli, F y Zangrando, T. (2008). LCA of an Italian Lager Beer. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13, 133-139. <https://doi.org/10.1065/lca2007.02.306>
- Crenna, E., Secchi M., Benini, L. y Sala, S. (2019). Global environmental impacts: data sources and methodological choices for calculating normalization factors for LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 24, 1851-1877. <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01604-y>
- De Marco, I., Miranda, S., Riemma, S. y Iannone, R. (2016). Life cycle assessment of ale and lager beers production. *Chemical Engineering Transactions*, 49, 337-342. <https://doi.org/10.3303/CET1649057>
- Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco. (2019). *Residuos de envases generados en la C.A. de Euskadi y valorizados o incinerados en instalaciones de incineración de residuos con recuperación de energía dentro o fuera del Estado miembro. 2017*. Eustat. https://www.eustat.eus/estadisticas/tema_454/opt_0/tipo_1/ti_residuos/temas.html
- Espaliat, M. (2017). *Economía circular y sostenibilidad. Nuevos enfoques para la creación de valor*. CreateSpace.
- Euskal Garagardo Elkarte. (2019). *Estado de la Cerveza Artesana en Euskadi en 2019*.
- Falappa, M.B., Lamy, M. y Vazquez, M. (2019). *De una economía lineal a una circular, en el siglo XXI* [Tesina de grado, Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Económicas]. <https://bdigital.uncuyo.edu.ar/14316>
- Ferrara, C., Zigarelli, V. y De Feo, G. (2020). Attitudes of a sample of consumers towards more sustainable wine packaging alternatives. *Journal of Cleaner Production*, 271, 122581. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122581>
- Galicia, M. (2019). *Diseño y dimensionamiento de una línea de elaboración de cerveza artesana acondicionada en botella con levadura no-Saccharomyces, con una capacidad de 6.000 l/semana en Abanto Ciérvana (Vizcaya)*. [Trabajo de Fin de Grado, Universidad Politécnica de Madrid]. <http://oa.upm.es/56981/>

- Gavinelli, C., Dotelli, G. y Recanati, F. (2016). Comparing the environmental performances of craft and industrial beer: strengths and weaknesses of Life Cycle Assessment. 10th International Conference on LCA in the Food and Agriculture Sector, Dublin, Irlanda.
- Global Footprint Network. (2019). *Past earth overshoot days*. Earth overshoot day. <https://www.overshootday.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/>
- Global Footprint Network. (2021). *How the date of earth overshoot day 2020 was calculated*. earth overshoot day. <https://www.overshootday.org/2020-calculation/>
- Government of the Netherlands. (s.f.). *From a linear to a circular economy*. <https://www.government.nl/topics/circular-economy/from-a-linear-to-a-circular-economy>
- Guinée, J.B., Gorrée, M., Heijungs, R., Huppes, G.R.K., de Koning A., Wegener Sleeswijk A., Suh, S., Udo de Haes, H., Bruijn, H., Duin, R. y Huijbregts, M.A.J. (2002). *Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards*. Dordrecht, The Netherlands. Kluwer.
- Hauschild, M.Z., Rosenbaum, R.K., y Olsen, S.I. (2018). *Life cycle assessment*. Springer International Publishing, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3>
- Heijungs, R., Guinée, J. B., Huppes, G., Lankreijer, R. M., Udo de Haes, H. A., Wegener Sleeswijk, A., Ansems A. M. M., Eggels, P. G., van Duin, R., Goede, H. P. (1992). *Environmental life cycle assessment of products: guide and backgrounds*.
- Hospido, A., Moreira, M. T., y Feijoo, G. (2005). Environmental analysis of beer production. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 4, 152-162. <https://doi.org/10.1504/IJARGE.2005.007197>
- Koroneos, C., Roumbas, G., Gabari, Z., Papagiannidou, E., y Moussiopoulos, N. (2005). Life cycle assessment of beer production in Greece. *Journal of Cleaner Production*, 13, 433-439. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2003.09.010>
- La Vanguardia. (21 de octubre de 2020). Así se reduce el consumo de energía en la fabricación de cerveza. La Vanguardia. <https://www.lavanguardia.com/natural/energia/20201021/484221079956/asi-se-reduce-el-consumo-de-energia-en-la-fabricacion-de-cerveza.html>
- Loviso, C. L., Libkind, D. (2018). Síntesis y regulación de compuestos del aroma y el sabor derivados de la levadura en la cerveza: ésteres. *Revista Argentina de Microbiología*, 50, 436-446. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.11.006>
- Moir, M. (2000). Hops - A millennium review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 58, 131-146. <https://doi.org/10.1094/asbcj-58-0131>

- Morgan, D. R., Styles, D. y Lane, E. T. (2021). Thirsty work: Assessing the environmental footprint of craft beer. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 242-253. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.11.005>
- Norwegian University of Science and Technology. (2019). *Ecosystem quality*. LC-IMPACT. https://lc-impact.eu/ecosystem_quality.html
- Notarnicola, B., Sala, S., Anton, A., McLaren, S. J., Saouter, E. y Sonesson, U. (2017). The role of life cycle assessment in supporting sustainable agri-food systems: A review of the challenges. *Journal of Cleaner Production*, 140, 399-409. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.071>
- Pressgraph Mediagroup S.L. (13 de febrero de 2020). Heineken logra reducir un 30% el peso de su botella de vidrio en los últimos 20 años. *Infopack*. <https://www.infopack.es/es/noticia/heineken-logra-reducir-un-30-el-peso-de-su-botella-de-vidrio-en-los-ultimos-20-anos>
- Ruiz, D. y Zúñiga, I. (2012). *Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono*. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Sleeswijk, A. W., van Oers, L. F., Guinée, J. B., Struijs, J., y Huijbregts, M. A. (2008). Normalisation in product life cycle assessment: an LCA of the global and European economic systems in the year 2000. *The Science of the total environment*, 390, 227-240. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.09.040>
- Talve, S. (2001). Life cycle assessment of a basic lager beer. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 6, 293-298. <https://doi.org/10.1007/BF02978791>
- University of Michigan Center for Sustainable Systems. (2017). *Food product environmental footprint literature summary: beer*. State of Oregon Department of Environmental Quality. <http://css.umich.edu/factsheets/food-footprints>
- Villaécija, R. (31 de enero de 2016). Las vidas 'infinitas' de una botella de Coca-Cola. *El Mundo*. <https://www.elmundo.es/economia/2016/01/31/56a9d358268e3e2c608b457b.html>