

Gestión ambiental empresarial: cálculo de la huella de carbono en la industria vitivinícola

*Enterprise Environmental Management: calculation of the carbon footprint in
the wine industry*

Rosa Ana Rodríguez*
Adriana Belfort Martínez**
Stella Maris Udaquiola***

*Fecha de recepción: 1 de febrero de 2013
Aceptación: 29 de noviembre de 2013
Recibido versión final: 20 de enero de 2014*

Resumen

La huella de carbono es un indicador ambiental que busca cuantificar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GHG). Su medición se convierte en una herramienta que permite trabajar bajo el concepto de eco-eficiencia e identificar oportunidades de reducción de consumo energético, ya que este último es la principal fuente de emisión de GHG a nivel mundial. El presente trabajo aplica la metodología PAS 2050:2011 para la medición de la huella de carbono, en la producción del vino blanco. La misma excluye las emisiones asociadas con los insumos humanos de energía, el transporte de los consumidores al punto de venta y el transporte provisto por animales. Sin embargo, se consideran todas las emisiones involucradas con el ciclo de vida del producto. Como producto principal de este trabajo, se obtuvo una planilla de cálculo que puede aplicarse al cálculo de huella de carbono de cualquier producción de vino blanco, independientemente de su tamaño y proceso. Se incluyó una estimación de la emisión de GHG, teniendo en cuenta todas las posibles variantes que pudiese tener el proceso en la región de Cuyo, definiéndose los límites de la empresa y operaciones a evaluar, desde la vendimia hasta la disposición final.

Palabras clave

Ciclo de vida, producción de vino, indicador ambiental.

* Doctora en Ingeniería. Docteur dans Sciences de l'Ingénieur, spécialité Génie des Procédés. Magister en Tecnologías Ambientales. Ingeniera Química. Profesora en el Instituto de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, Argentina. Correo electrónico: rrodri@unsj.edu.ar

** Máster en Administración Industrial - Universidad Autónoma de Tamaulipas. Becaria del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Estancia en el Instituto de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, Argentina. Correo electrónico: adrianabelfort@hotmail.com

*** Doctora en Ingeniería. Ingeniera Química. Profesora en el Instituto de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, Argentina. estelaudaquiola@unsj.edu.ar

Abstract

The carbon footprint is an environmental indicator that attempts to quantify the amount of greenhouse gases (GHG) emissions. Its measurement is a tool to work under the concept of eco-efficiency and opportunities to reduce energy consumption can be identified, since the latter is the main source of GHG emissions worldwide. This paper applies the PAS 2050:2011 methodology for measuring the carbon footprint of the production of white wine. It excludes emissions associated with human energy inputs to processes, transport of consumers to the point of sale and transportation provided by animals. However, considering all the emissions involved with the product life cycle. In this work, a spreadsheet was obtained in order to calculate the carbon footprint of any white wine production, regardless of size and process. An estimate of GHG emissions was included, considering all possible variants in the process, defining the limits of the enterprise and operations to evaluate, from the harvest to final disposition.

Key words

Life cycle, wine production. environmental indicator

Introducción

Las altas emisiones de GHG durante un proceso de manufactura, implican un impacto negativo sobre el medio ambiente, lo cual repercute directamente en el cambio climático. Por lo tanto, resulta necesario conocer las fuentes de emisión de GHG dentro de un proceso productivo para calcular la huella de carbono, es decir la cantidad de estos gases liberados a la atmósfera en unidades de dióxido de carbono (CO_2) (Wackernagel y Rees 1995). El objetivo de conocer el valor de esta huella, es lograr la reducción de emisiones de GHG a la atmósfera y por tanto, la reducción del consumo energético, el cual constituye la principal fuente de emisiones de estos gases a nivel mundial (Edwing et ál. 2010). Así la huella de carbono no es sólo un indicador de información, sino también de desempeño ambiental de un proceso productivo.

Considerando que el proceso regulatorio en la Unión Europea, demuestra que la implementación del etiquetado de huella de carbono en agroalimentos, es una realidad a mediano plazo, que ya cuenta con definiciones metodológicas y aceptación en las principales cadenas de comercialización y sus consumidores, así como con el claro objetivo de mantener el acceso a estos mercados, se plantea la necesidad de definir una estrategia de cálculo de la huella de carbono.

Una de estas industrias es la industria vitivinícola, la cual constituye uno de los sectores industriales impulsores de la economía nacional de Argentina (INV 2011), su inserción en los mercados internacionales generó una notable innovación en la vitivinicultura, motivada principalmente por la necesidad de adecuarse a las nuevas exigencias de los mercados importadores. Actualmente pretende establecer estrategias en sus procesos de manufactura, para mitigar los efectos negativos al ambiente y promover la sustentabilidad.

Dentro de una bodega vitivinícola, las emisiones gaseosas incluyen GHG, las cuales provienen de fermentación (CO_2), como también de la producción de energía y del transporte de las materias primas y del producto. Las calderas se emplean para suministrar agua caliente y vapor, utilizados en etapas como la pasteurización y embotellado, así como en las tareas de limpieza y esterilización. La energía en forma de frío se utiliza en etapas tales como el desfangado, preenfriamiento, fermentación y estabilización (Rodríguez y Udaquiola 2009).

La falta de un procedimiento estandarizado para evaluar las emisiones de CO_2 , que involucre todos los factores asociados a la elaboración del vino en la industria argentina, genera inconvenientes al momento

de proyectar un cálculo de las mismas. Así el objetivo de este estudio es sistematizar el cálculo de la huella de carbono para la producción de vino blanco. Para ello se aplicó la metodología PAS 2050:2011 en la producción del vino blanco.

Con este cálculo es posible reducir las emisiones de GHG en el proceso de elaboración del vino blanco de las bodegas de San Juan, Argentina. Se identifican los puntos de mayor emisión para una posterior reducción, así como para certificar y comunicar la huella de carbono a los clientes, a fin de optimizar su comercialización. Se desarrolló una planilla de cálculo que contempló todas las posibilidades de producción de vino blanco, transporte de materias primas y productos, disposición final, entre otros. Se identificaron los puntos críticos y las oportunidades de reducción de emisión de GHG.

Metodología

Inglaterra es, junto con Francia, líder europeo y mundial en la elaboración de estrategias y herramientas de determinación y valorización de la Huella de Carbono a nivel de productos, de empresas y eventos. Particularmente el Gobierno inglés, a través del Departamento para el Medio Ambiente, la Alimentación y los Asuntos Rurales (DEFRA – Department for Environment, Food and Rural Affairs), creó Carbon Trust, entidad dedicada a buscar soluciones para lograr una economía baja en carbono y elaborar estrategias, medios de evaluación y uso de esta huella. Uno de los productos de Carbon Trust, elaborado en conjunto con el British Standard Institute, es el Publicly Available Standard 2050 (PAS 2050), herramienta metodológica para la medición de la huella de Carbono del ciclo de vida de productos y servicios. La misma es una especificación de libre acceso, publicada en el año 2008 (BSI 2008), la cual cuenta con una revisión en el año 2011 (BSI 2011). Las organizaciones que reclamen la conformidad del cálculo de la huella de carbono de sus productos según

el PAS 2050, deben garantizar el análisis completo del ciclo de vida de éstos. Definiéndose el análisis de ciclo de vida como una técnica para evaluar aspectos ambientales y los potenciales impactos asociados a un producto (según la Norma ISO 14040: 2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia). Así, el ciclo de vida corresponde al proceso de la elaboración, modificación, transporte, depósito, desechos y el reciclaje de dichos bienes y servicios. La aplicación de esta metodología, requiere que se consideren al menos y de forma no limitante, toda una serie de fuentes de emisión tales como: el uso de energías, los procesos de combustión, la reacción química y las pérdidas de gases refrigerantes y otros gases volátiles. Este estándar puede ser empleado en una amplia gama de procesos formales e informales, a fin de mejorar su performance respecto a la emisión de gases de efecto invernadero y comunicarla a los consumidores. Se enfoca particularmente en la emisión de GHG de bienes y servicios finales o intermedios, sin tener en consideración otros impactos potenciales, como la utilización del agua, la biodiversidad, los estándares laborales e impactos sociales (Pappendieck 2010). El proceso de medición según la metodología PAS 2050 es de ciclo completo («life cycle assessment»), por lo que genera la necesidad del compromiso de toda la cadena de producción.

Esta metodología no consiste en un programa que incluye una base de datos de factores de emisión, sino que se presenta como una guía metodológica que describe paso a paso los criterios a determinar y tomar en cuenta. La metodología PAS 2050, excluye las emisiones asociadas con los insumos humanos de energía, el transporte de los consumidores al punto de venta y el transporte provisto por animales. Esta guía está enfocada sólo al impacto de las distintas actividades, en la elaboración de un bien o servicio en el calentamiento global.

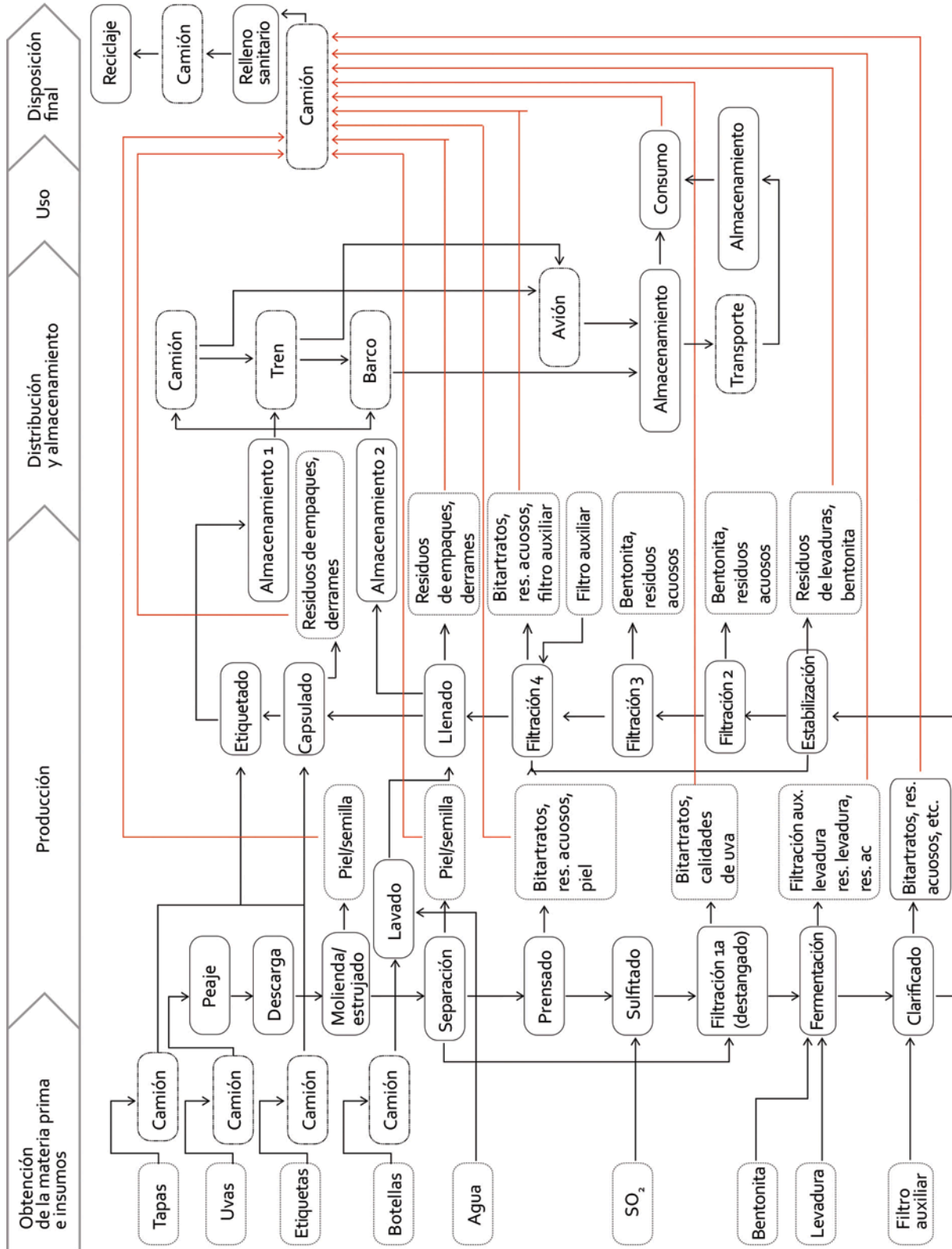


FIGURA 1. Mapa del ciclo de vida del vino blanco.

El enfoque de International Wine Carbon Calculator Protocol satisface los requisitos de la PAS 2050 en su redacción actual y se ajusta a la práctica común para la evaluación simplificada del ciclo de vida (International Wine Carbon Calculator Protocol 2008; Cerda et ál. 2010). Considerando que International Wine Carbon Calculator Protocol se basa en la metodología PAS 2050, en el presente trabajo se aplica esta última. Para calcular la huella de carbono en general, se han incluido las fuentes de emisión que constituyen más del 1% de la masa del producto o más del 1% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Este enfoque satisface los requisitos de la PAS 2050. Como resultado se excluyen: todos los elementos del ciclo del carbono a corto plazo, cambio de uso de la tierra, los elementos de infraestructura tales como tanques y maquinaria, incluyendo postes y alambre y los viajes de negocios de los empleados (Patarra et ál. 2012). Cabe considerar en este aspecto que los viñedos en la provincia de San Juan, datan en su mayoría, de más de 20 años.

Elección del producto y definición de la unidad de análisis. Mapa de ciclo de vida del producto

Debido a que el proceso consiste en la elaboración del vino blanco, se establece como unidad funcional 1 hectolitro. Se toma esta referencia ya que en San Juan existe producción a granel y producción en botellas. Se ha tomado como periodo de reporte un año.

El cálculo de la huella de carbono requiere el análisis del ciclo de vida, cuyas etapas son: obtención de la materia prima, producción, distribución y almacenamiento, uso y disposición final. La figura 1 muestra el mapa del proceso de elaboración del vino blanco, separando cada proceso dentro de cada una de las etapas del ciclo de vida.

Etapa 1. Obtención de la materia prima. Para elaborar el vino blanco se requieren las siguientes materias primas: uva, SO_2 , levadura, filtro auxiliar, agua, floculantes, empaque, botellas, etiquetas y tapas. Para el cálculo de la huella de carbono se consideraron las emisiones generadas por el cultivo de la uva y las etapas involucradas. Para los otros insumos se contabilizaron las emisiones generadas por concepto de transporte desde el punto de venta hasta la bodega y el camino de regreso con la unidad móvil vacía.

Etapa 2. Producción. Esta etapa comienza cuando la materia prima entra a la bodega y termina cuando se obtiene el vino. Se analizan todas las operaciones unitarias y las respectivas emisiones de GHG generadas. En algunas operaciones de la producción se requiere agua a diversas temperaturas, su acondicionamiento ha sido considerado en la planilla de cálculo.

Etapa 3. Distribución y almacenamiento. En esta etapa se toma en cuenta el traslado del producto desde el sitio de producción hasta comercios o lugares de almacenaje. Se considera en este caso, sólo el consumo interno. Generalmente, el vino es transportado a granel a la zona de su envasado y comercialización, la cual se encuentra en Buenos Aires. El almacenamiento no produce emisiones de GHG, debido a que el producto no necesita estar bajo una atmósfera controlada de humedad, presión o temperatura. Cabe destacar que en esta etapa, se consideró el traslado a granel y en botellas de 750 cm³.

Etapa 4. Uso. Esta etapa comienza cuando el consumidor adquiere el producto. El consumo puede ser inmediato o puede almacenarse a temperatura ambiente o en un refrigerador.

Etapa 5. Disposición final. Se contemplan los residuos del producto una vez consumido y los residuos del proceso industrial.

a. Los residuos del proceso industrial: restos de hojas y uva en mal estado generados en la etapa de cosecha; racimos y brotes (generados en la etapa de deshoje y bota de carga); restos de papel y cartón, envases plásticos, tijeras; efluentes líquidos provenientes de operaciones de lavado y residuos sólidos derivados de restos de materias primas. Estos últimos incluyen orujos, escobajos, borras, lodos del proceso (sustancias pépticas y mucilaginosas, retirados en la operación de estrujado y escurrido), residuos de estabilización (cristales, crémor tartárico), lodos de tratamiento (adicionalmente, las bodegas que cuentan con sistemas de tratamiento de efluentes de tipo biológico).

También son considerados los residuos del uso / consumo del producto (botella de vidrio, que son llevadas al relleno sanitario donde son separadas del resto de los desechos para ser recicladas).

Recolección de la información

Los datos recolectados para calcular la huella de carbono en el proceso de elaboración del vino blanco son de carácter primario y secundario, puesto que no se tiene acceso a todos de forma directa. Información como la emisión de diferentes tipos de transporte, que no ha sido medida específicamente en Argentina, o la emisión debida a la fabricación de una botella, o valores de los factores de emisión han sido extraídos de diferentes fuentes tales como Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting (2011), UK Greenhouse Inventory for England, Scotland Wales and Northern Ireland: 1990-2009 (Thomas et ál. 2011), Climate Leaders, Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance; Direct Emissions from Mobile Combustion Sources (USEPA, 2008). La información necesaria para el cálculo de la huella de carbono, es la que satisface la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones de CO}_2\text{e} = \text{Actividad} * \text{Factor de Emisión}^1$$

Analizando el proceso productivo de elaboración del vino blanco, se esquematizan las variantes del mismo y se genera un proceso estándar de la industria regional, con el objetivo de identificar las fuentes de emisión de GHG y así lograr generar las herramientas de cálculo específicas para esta industria. Se identifican las fuentes de emisión asociadas a sus operaciones, clasificándolas como emisiones directas (que son propiedad o están controladas por la empresa) o indirectas (consecuencia de las actividades de la empresa pero ajenas a su control).

Dentro de las emisiones directas se incluyen las emisiones móviles, estacionarias, de proceso y emisiones debidas al tratamiento de residuos. Además se contemplan las emisiones procedentes de los consumos eléctricos, que figuran en las facturas emitidas por la compañía suministradora de electricidad. Las emisiones indirectas son clasificadas en función de su procedencia:

Debidas a materiales adquiridos. SO₂, levadura, filtro auxiliar, floculantes, embalaje, botellas, etiquetas y tapas.

1. Todos los factores de emisión (FE) se encuentran expresados en unidades de dióxido de carbono equivalente (CO₂e)

Debidas al transporte de distribución del producto. Los productos pueden distribuirse en camión (transporte terrestre), avión (aéreo), barco (marítimo), en función del destino.

Otras emisiones: generadas por el tratamiento externo de los residuos sólidos, cuya disposición final en la región se realiza en rellenos sanitarios controlados.

Emisiones por agricultura (cultivo de la uva)

El proceso de preparación del terreno y la plantación, son actividades intensivas y requieren una cantidad de energía significativa. Las emisiones de GHG en el proceso de agricultura de la uva, son producto de la fertilización, cosecha y riego. Los principales GHG estimados para la agricultura son el CO₂ y N₂O. Dada la combinación de altura sobre el nivel del mar (generalmente entre los 800 y 2.500 msnm) y baja humedad, los viñedos argentinos se encuentran muy protegidos contra las diferentes enfermedades padecidas por viñedos de otras regiones, lo que permite cultivos de las vides con pocos o nulos pesticidas. El sistema de conducción del viñedo más usado es el parral, debido en gran parte a que este método se adecúa a variedades comunes. El segundo sistema más empleado es el espaldero bajo o viña. Dentro de los sistemas de riego más utilizados en la industria vitivinícola de la Argentina, están el riego tradicional por inundación, el riego por canales y, en menor medida, el sistema de riego por goteo.

- a. Fertilización. El sistema se evaluó tomando como unidad el cultivo de 1 hectárea de viñedo en espaldera, sin cubierta vegetal, a razón de 3.000 cepas/ha, usando ambos tipos de cultivo, tradicional y ecológico. En caso de que se esté trabajando con agricultura ecológica, únicamente se permite el uso de fertilizantes de origen orgánico y algunos de origen mineral natural. Se considera que se aplican fertilizantes de nitrógeno y potasio.
- b. Laboreo. En la tabla 1, se muestran las emisiones del combustible resultantes de la maquinaria agrícola, ligada a las labores de manejo del suelo, aplicación de fertilizantes y herbicidas.

TABLA 1. Emisiones de CO₂ generadas por la maquinaria agrícola.

Labores de mantenimiento	Orgánico (horas/ha y año)	Kg CO ₂ /ha orgánico	Tradicional (horas/ha y año)	Kg CO ₂ /ha tradicional
Fertilización	6	78	1 - 2	19,5
Laboreo	8	104	8	104
Herbicidas	0	0	2 - 3	32,5

Fuente: Aranda Usón y Ferreira 2010.

c. Cosecha. De acuerdo al tipo de maquinaria y combustible utilizado para la cosecha, se usan distintos factores de emisión. La cosecha puede ser manual o mecanizada. Se debe realizar un presulfitado con SO₂ disuelto en agua sobre la vendimia en los contenedores de transporte. El consumo del combustible de cada una de las maquinarias utilizadas para producir 1 hectolitro de vino, se calcula en función de la eficiencia del combustible por el tiempo de utilización de la maquinaria. Este consumo multiplicado por el factor de emisión, arroja como resultado las emisiones de GHG durante la cosecha.

Emisiones por transporte de la materia prima e insumos

Para transportar todos los insumos se utilizan camiones. Los GHG que se contabilizan son el CO₂, CH₄ y NO₂. Los factores de emisión que se utilizaron fueron desarrollados por AEA en acuerdo con el Departamento de Transporte, UK Greenhouse Gas Inventory en el año 2010 (ver Anexo 1). Los factores de emisión se clasificaron de acuerdo a la especificación de cada vehículo y al porcentaje de utilización del mismo. Una vez que se tiene el valor de todas las emisiones de los GHG para el transporte de todos los insumos, se convierten a CO₂e, multiplicando cada una de las emisiones de los distintos gases por el factor GWP (potencial de calentamiento global) que le corresponde. Finalmente se suman todas las emisiones. En el caso de calcular la huella de carbono de una botella de vino, se consideró la emisión de CO₂ por fabricación de una botella igual a 294 g, recomendada por la norma PAS 2050. En el caso de la producción de vino a granel, el mismo es trasladado en camiones cisternas por lo que no se considera un envase especial para su transporte.

Emisiones durante la producción

Durante la producción se consideran las siguientes fuentes de emisiones de GHG:

- Emisiones del consumo de energía eléctrica. Las emisiones se obtienen para cada uno de los equipos utilizados en la producción, que requieren energía eléctrica para funcionar. Las emisiones de GHG se calculan a partir de la energía eléctrica consumida y el factor de emisión de la red de suministro (SAyDS, 2008). Este último factor es un valor estimado conjuntamente entre la SAyDS (San Juan), la Secretaría de Energía y expertos de la JICA, en el marco del proyecto de cooperación sobre fortalecimiento de capacidades para el MDL en la Argentina, el mismo es igual a 0,5 kg CO₂/KWh. El consumo de energía eléctrica de cada uno de los equipos presentes en las operaciones unitarias de la etapa de producción del vino blanco, se obtienen del «Manual de mejores técnicas disponibles sector vitivinícola región del Maule», desarrollado en Chile por el Consejo Nacional de Producción Limpia y la Agencia Regional de Desarrollo Productivo Maule (CNPL 2010).
- Emisiones en la fermentación de la uva. Durante este proceso, la glucosa de la uva es convertida en etanol y CO₂. Un litro de mosto con 22°Bx genera 107 g de CO₂ (Oreglia 1978). Es importante señalar que las emisiones de CO₂ procedentes de la utilización de carbono biológico como materia prima, en este caso las uvas en los procesos de fermentación, no son contabilizadas como emisiones del proceso industrial, ya que se considera que se originan en fuentes de carbono incluidas en el ciclo cerrado de este elemento. Sin embargo se presentan en el estudio con fines de establecer medidas que prevengan

su liberación a la atmósfera. También se tienen en cuenta las emisiones por uso de refrigerantes, ya que es necesaria la disminución de temperatura para llevar a cabo procesos tales como el desfangado, preenfriamiento, fermentación y estabilización (Rodríguez y Udaquiola 2009). Los factores de emisión y la cantidad de carga utilizada por el equipo refrigerante, se tomaron de Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting (2011).

Estimación de emisiones por distribución y por uso/consumo del producto

En esta etapa, se contemplan las emisiones generadas por el vehículo que transporta al producto. Se siguió el mismo procedimiento descrito en el apartado «Emisiones por agricultura (cultivo de la uva)» y se consideró sólo el transporte terrestre. El almacenamiento se toma en cuenta para fines de cálculo de GHG, cuando involucra un gas refrigerante que esté dentro de los gases que conforman la huella de carbono (ver Anexo 1). Los datos utilizados se tomaron de Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting (2011). El consumo del producto en sí mismo no provoca emisiones de GHG. En caso de que el mismo no sea inmediato, se generan emisiones debido a la utilización de equipos de refrigeración para mantenerlo a una baja temperatura.

Emisiones en la disposición final

En el proceso productivo se genera un caudal de efluentes líquidos variable entre 1 y 7 litros, por litro de vino producido (Oreglia 1978). El gas cuantificado en este caso es el CH_4 . Para su cuantificación deben seguirse los siguientes pasos:

1. Calcular la cantidad de materia orgánica degradable en el efluente. Cálculo realizado en función de la cantidad de efluentes generados (m^3/ton producto) y de la demanda química de oxígeno.
2. Obtención del factor de emisión, el cual se estima usando la máxima capacidad de producción de CH_4 y su factor de corrección para las industrias.
3. Estimación de las emisiones de CH_4 . Calculadas en función de la materia orgánica degradable total presente en el efluente (kg de demanda química

de oxígeno/año), componente orgánico removido como lodo (kg demanda química de oxígeno / año), factor de emisión y cantidad de CH_4 recuperada (kg CH_4/kg de demanda química de oxígeno).

En las industrias vitivinícolas de San Juan, la disposición final de los desechos se realiza en un sitio que no pertenece a la bodega. Se contabilizan en la huella de carbono los GHG presentes en las emisiones de los desechos sólidos orgánicos, una vez que se encuentran en el relleno sanitario, sitio de su disposición final. El CO_2 producido no se toma en cuenta, puesto que es considerado como ciclo natural del carbono, únicamente se consideran las emisiones de CH_4 (British Standard Institution 2011). Las mismas se estimaron en función de la masa de materia orgánica húmeda tratada en el proceso, el factor de emisión para cada tratamiento y el total de CH_4 recuperado.

El cálculo de la huella de carbono para este estudio se realizó tras estandarizar el proceso de elaboración de vino blanco en las industrias vitivinícolas sanjuaninas; con el fin de obtener datos generales que den un panorama de la situación actual de las bodegas, sin enfocarnos en una en particular. Se consideró la vendimia 2011 y que el cultivo se realizó usando el sistema de parral, utilizando el cultivo no orgánico y la forma de riego por inundación. La cosecha fue considerada manual y el transporte en camiones. Se calcularon las emisiones del proceso teniendo en cuenta la refrigeración que se debe llevar a cabo durante el proceso usando HFC-134, la energía eléctrica consumida por los distintos equipos y la producción de un hectolitro de vino envasado en botellas de 750 cm^3 , las cuales se deben pasteurizar, para lo cual es necesario utilizar vapor. Además se consideró el uso de cintas transportadoras, embalajes, entre otros.

Se supuso que la distribución del producto se realizó en camiones, debido al tipo de producción y su refrigeración. Con respecto a la disposición final, se calcularon las emisiones de GHG teniendo en cuenta un tratamiento aeróbico de los efluentes líquidos y anaeróbico para los barros generados. Ya que la práctica usual en la región es la disposición final de residuos sólidos en rellenos sanitarios controlados, esta fue la forma considerada para calcular la huella de carbono.

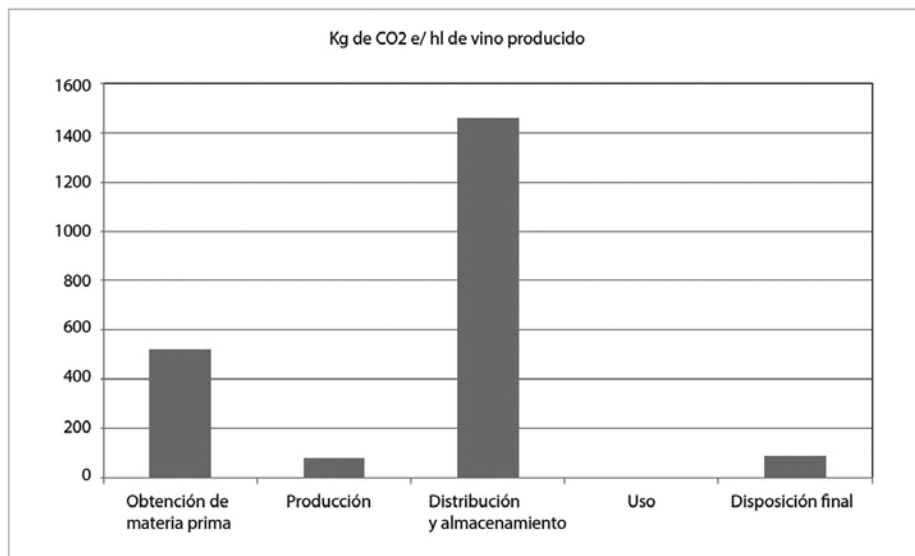


FIGURA 2. Kilogramos de CO₂e generados en cada una de las etapas del ciclo de vida de vino blanco.

Resultados obtenidos

Con el objetivo de diseñar la planilla de cálculo de huella de carbono para la elaboración de vino blanco, se tuvieron en cuenta todas las posibilidades descritas en la sección anterior. La planilla ofrece la flexibilidad para calcular la huella independientemente del proceso y tamaño analizado. Las hojas de cálculo, se ordenaron de acuerdo a las etapas del ciclo de vida, y ahí se anexaron todas las fórmulas correspondientes a las operaciones y etapas a las que pertenecen. Se diseñó de tal forma que sea de fácil utilización, tanto en el ingreso de la información como en la actualización de la información de las bases de datos. El resultado obtenido fue de 16,12 kg CO₂e por botella de vino blanco producida. En la figura 2 se observa la cantidad de kilogramos de CO₂e, emitidos a la atmósfera en cada una de las etapas del ciclo de vida.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y observando la gráfica, se puede decir que la mayor emisión de GHG se produce durante la distribución y almacenamiento del producto, elevando el valor obtenido para la huella de carbono.

Identificación de oportunidades de reducción

Analizando los resultados arrojados por la planilla electrónica y con base en ellos, se plantean medidas para reducir las emisiones de GHG a la atmósfera, durante el proceso de elaboración del vino blanco.

La primera estrategia para la reducción de la huella de carbono, estaría relacionada con el transporte. Se recomienda restablecer las unidades, con motores en buen funcionamiento para que sus emisiones sean menores.

Resulta imposible reducir las emisiones por concepto de distancia, sin embargo, una forma de reducir la huella de carbono es utilizar por un lado, una botella más liviana, lo cual disminuye el consumo de combustible y por el otro, modificar la forma de la misma, de tal modo que se puedan transportar más botellas de vino con menor cantidad de traslados.

Las empresas vitivinícolas también pueden reducir este indicador utilizando fuentes de energía más amigables con el medio ambiente tales como eólicas, solares, entre otras, e invertir en tecnologías que con baja emisión de GHG, pueden potencialmente ser mecanismos de desarrollo limpio. Dentro de este punto se debe considerar la reutilización de los residuos sólidos de naturaleza orgánica para la obtención de energía,

mediante procesos de combustión y/o gasificación usando tecnologías limpias. Así se reduce en más del 90% en volumen, los residuos sólidos por un lado y por otro se obtiene parte de la energía necesaria en la fabricación de vino blanco (Rodríguez y Udaquiola 2012).

Otra estrategia a implementar es la utilización de techos reflectivos. Esta iniciativa sugiere el recubrimiento de los techos de las edificaciones de las bodegas, con pinturas reflectivas para disminuir los efectos del sol sobre el proceso interno, reduciendo así los gastos de refrigeración en el proceso. Un estudio realizado por el Instituto Tecnológico de Mexicali y la Universidad Autónoma de Baja California, reveló que recubrir techos de concreto o de lámina con algún tipo de pintura reflectiva elastomérica de venta comercial, puede reflejar desde un 30% hasta un 90% el haz de luz y la radiación incidente sobre la superficie (dependiendo de la marca de pintura y la acumulación de polvo sobre la misma). Esto ayuda a reducir la ganancia de calor a través de los techos y paredes de una región de clima cálido (Amado et ál. 2004).

Es importante considerar que las tuberías conductoras de los fluidos destinados a enfriamiento o calentamiento, deben aislarse correctamente, aspecto que todavía no ha sido tenido en cuenta en algunos establecimientos locales productores de vino. En el proceso de elaboración del vino blanco, existen varias etapas en donde es requerido enfriar el mosto para la obtención de vino con las características deseadas. Estudios realizados anteriormente, revelan que existe un 67% de ahorro de liberación de frío por convección libre, en el recorrido que realiza el agua desde el compresor hasta el sector de enfriamiento, si las tuberías son cubiertas por un aislante, en el caso en cuestión, lana mineral (Rodríguez et ál. 2010).

Es importante considerar también el mantenimiento del sistema de bombeo. En el proceso de elaboración de vino, existen muchos equipos críticos a los cuales los operadores deben prestar mucha atención; sin embargo, las bombas son el equipo más utilizado en este proceso, ya que intervienen en todas las partes del mismo, principalmente para el transporte de agua de refrigeración. Dar un mantenimiento

correcto a las bombas de una bodega, puede significar un ahorro energético de hasta un 7 % (Borregaard et ál. 2009). Todas estas medidas que reducen el consumo de energía en el proceso de elaboración de vino blanco, reducen el consumo de combustibles necesarios para su producción, y por lo tanto también reducen la producción de GHG.

Otras medidas son: sustitución de equipos eléctricos por otros cuyo consumo energético sea menor y uso de centrifugación en lugar de SO_2 y bajas temperaturas, en operaciones de separación.

La cantidad de CO_2 emitido en el proceso de fermentación, actualmente es liberada a la atmósfera mediante ventilación natural, sin embargo se propone la instalación de una chimenea de extracción y tratamiento de gas (Rodríguez et ál. 2006), para impedir que lleguen a la atmósfera y sea parte de la huella de carbono. Se sugiere que en el área del proceso, donde se encuentren los fermentadores, se coloque una chimenea de extracción, la cual no debe tener salida directa a la atmósfera, sino a un tanque de almacenamiento en donde se llevará a cabo el proceso de tratamiento del CO_2 . Dicho tanque, en forma de columna de depuración, deberá contener una solución de hidróxido de sodio (NaOH). El producto principal tras una cadena de reacciones, es el carbonato de sodio (Na_2CO_3) y el secundario el agua (H_2O). El precipitado blanco (carbonato de sodio) se asienta en el fondo de la columna. Posteriormente se realiza una separación física (Cusi 2006).

Por último cabe considerar la implementación de un programa de reforestación vinícola. La iniciativa tiene por objetivo mitigar las emisiones de CO_2 generados en el ciclo de vida del vino.

Conclusiones

Considerando los resultados obtenidos, se observa que la mayor emisión de GHG se produce durante la distribución y almacenamiento del producto, seguida de la obtención de materia prima. Es decir que el mayor aporte a la emisión de GHG en el ciclo de vida del vino blanco, es debido al transporte. En este aspecto se hacen algunas sugerencias en el punto anterior con el objetivo de disminuir este indicador.

Por otra parte, cabe considerar que la logística juega un papel de integración de las actividades relacionadas con el aseguramiento de un flujo dirigido a suministrar al cliente los productos y servicios requeridos, en el momento que los demanda, con la calidad exigida y al costo que está dispuesto a pagar. Centra su actividad en realizar la coordinación de las siguientes actividades, en función de asegurar el flujo que garantiza un alto nivel de servicio al cliente y de reducción de costos: almacenaje, despacho, aprovisionamiento, compras, economía material, transporte externo, transporte interno, transporte entre empresas, distribución, tratamiento y atención de los pedidos, reciclaje de residuos y de los productos desechados por el cliente, planificación de la producción, control de producción, información y comunicaciones, control de calidad, finanzas, mantenimiento, mercadeo, ventas y protección del medio ambiente. La logística no asume la gestión de cada una de las actividades anteriores, sino que se encarga de realizar la coordinación de las variables de cada una de ellas, para garantizar soluciones integrales en función de ejecutar un flujo racional y que asegure un alto nivel de servicio al cliente con bajos costos. El reto actual de la logística es colocar los productos en el mercado con el menor costo energético y reduciendo al máximo el impacto ambiental de una empresa. Sólo con cadenas de valor más eficientes, menos contaminantes y con valores energéticos más ajustados, podrá hacerse frente a volúmenes crecientes de intercambios comerciales, con un número también en aumento de países y consumidores en diversos puntos del planeta, con mayor poder adquisitivo.

Así surge como tema emergente la huella de carbono de los diferentes productos agroalimentarios. A nivel mundial, la reducción de la huella de carbono ya se está llevando a cabo por algunas bodegas (Cerdea et ál. 2010), lo que significa una desventaja para Argentina porque, si bien unas cuantas bodegas argentinas han colaborado para la realización de estudios e investigaciones en el área, la mayoría aún sigue sin considerar la importancia de calcular la huella de carbono.

En este contexto, la huella de carbono se transforma en el lenguaje común e indicador reconocido para comprender esta dinámica. Hoy en día varios gobiernos de países desarrollados y organizaciones del sector privado, están imponiendo exigencias en relación a la comunicación de los gases emitidos durante todo el ciclo de vida de productos y servicios. Cabe mencionar que aunque hasta hace poco tales demandas eran presentadas de forma voluntaria, la tendencia apunta hacia la exigencia, como lo refleja el Gobierno de Francia con la Ley Grennelle 2, y sectores privados internacionales, tales como Tesco y Carrefour, entre otros. La adaptación de las economías a la generación de productos y servicios con bajo nivel de emisiones, es un nuevo paradigma y éstas serán a la larga competitivas en el mercado mundial.

La rotulación con el valor de la huella de carbono en los productos, permite a las empresas ganar ventajas competitivas, un mejor manejo de riesgos y dar un valor agregado a sus productos. Por otra parte, atrae a clientes concientizados debido a que la imagen de la empresa es de una bodega comprometida con el medio ambiente, ingresando así a otro nicho de mercado. La Huella de Carbono, entendida bajo el concepto de Gestión Ambiental y de Responsabilidad Social Empresarial, responde a un cambio global en la forma actual de hacer negocio. Este indicador también puede ser usado como una herramienta para optimizar procesos, especialmente aquellos referidos al uso eficiente de materias primas y energías, disminuyendo así costos de producción. Todos estos aspectos mejorarán la eficiencia y productividad de la empresa que se comprometa a calcular la huella de carbono y a reducirla.

Por otra parte, es importante destacar que el cálculo de la huella de carbono, le permitirá a las bodegas desarrollar un sistema de gestión ambiental, definiendo objetivos y metas ambientales, estableciendo compromisos de mejora continua y prevención, fomentando la formación medioambiental en los empleados y la aplicación de normas de gestión medioambiental por parte de los proveedores.

Referencias

- AEA. 2011. *Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting*. AEA for the Department of Energy and Climate and Change (DECC) and the Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra). <http://www.defra.gov.uk/environment/economy/business-efficiency/reporting>
- Amado, M., C. Pérez y A. Vázquez. 2004. *Pinturas reflectivas para aborrrar electricidad en edificaciones de climas cálidos*. Instituto Tecnológico de Mexicali, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México. www.bibliociencias.cu/gsd/collect/revistas/archives/...dir/doc.xml
- Aranda Usón A. y G. Ferreira. 2010. Emisiones de CO₂ generadas durante el cultivo tradicional y ecológico de la vid. *2ª Conferencia Internacional de Vitivinicultura Ecológica, Sostenible y Cambio Climático*, EcoSostenibleWine.
- Borregaard, N., Medina, J., Carretero, E. y E. Bordeu. 2009. *Eficiencia energética y cambio climático en el sector vitivinícola: procesos, herramientas y ejemplos de buenas prácticas*. Publicación del proyecto: Energía y cambio climático: Apresto de las exportaciones y aumento de competitividad en el sector vitivinícola. Santiago / Buenos Aires: Ed. V. Torres.
- British Standard Institution-BSI. 2011. PAS 2050:2011. *Your questions answered*. <http://www.bsigroup.com>
- British Standard Institution-BSI. 2008. Guide to PAS 2050: *How to assess the carbon footprint of goods and services*. <http://www.bsigroup.com/upload/Standards%20&%20Publications/Energy/PAS2050%20Guide.pdf>
- Brown, K., L. Cardenas, J. MacCarthy, T. Murrells, Y. Pang, N. Passant, G. Thistlethwaite, A. Thomson, N. Webb, N. 2012. *UK Greenhouse Gas Inventory, 1990 to 2010: Annual Report for submission under the Framework Convention on Climate Change*. National Atmospheric Emissions Inventory. http://naei.defra.gov.uk/reports/reports?report_id=693
- Cerda, A., L. García, N. Ilufi y V. Opazo. 2010. «Carbon Foot Print in the Chilean Wine Industry». *Rev. Interamericana de Ambiente y Turismo*. 6 (1): 9-27.
- Climate Leaders. 2008. Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance. Direct Emissions from Mobile Combustion Sources. USEPA. http://www.epa.gov/climateleadership/documents/resources/mobilesource_guidance.pdf
- Consejo Nacional de Producción Limpia / Agencia Regional de Desarrollo Productivo Maule. 2010. *Manual de mejores técnicas disponibles sector vitivinícola Región del Maule*. Chile. http://www.produccionlimpia.cl/medios/manuales/Manual_Vitivinicola.pdf
- Cusi, P. 2006. Eliminación del dióxido de carbono del gas natural por depuración húmeda empleando compuestos de sodio. Tesis de Maestría en Ingeniería Mecánica, Ica, Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica.
- Edwing, B., A. Reed, A., Galli, J. Kitzes, y M. Wackernagel. 2010. *Calculation Methodology for the National Footprint Accounts*. Oakland: Global Footprint Network. <http://www.footprintnetwork.org>
- Instituto Nacional de Vitivinicultura-INV. 2011. *Vitivinicultura argentina*. <http://www.inv.gov.ar>
- International Wine Carbon Calculator Protocol. Version 1.2. www.ipw.co.za
- Oreglia, F. 1978. *Enología Teórico-Práctica*. Buenos Aires: Instituto Salesiano de Arte.
- Papendieck, S. 2010. *Informe: La huella de carbono como nuevo estándar ambiental en el comercio internacional de agroalimentos*. http://www.insercionagricola.org.ar/uploads/huella_de_carbono_informe_final.pdf
- Pattara, C., A. Raggi y A. Cichelli. 2012. Life cycle assessment and carbon footprint in the wine supply-chain. *Environmental Management* 49 (6): 1247-1258.
- Rodríguez, R., P. Oliver, M. Castro, M. Echeagaray, C. Palacios, K. Hekto y S. Udaquiola. 2006. *Producción*

limpia en la industria vitivinícola. Uruguay: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental-AIDIS.

Rodríguez, R., A. Saffe, G. Traconis, S. Acosta y S. Udaquiola. 2010. Refrigeración del fermentador. Conducción del refrigerante en una bodega. *Jornadas de Ciencia y Técnica en la UNSJ*, San Juan, Argentina.

Rodríguez, R., y S. Udaquiola. 2012. «Combustion of Dry Sewage Sludge Particle in a Fluidized Bed Reactor». *Latin American Applied Research* 42 (4): 359-354.

Rodríguez, R. y S. Udaquiola. 2009. «Evaluación medioambiental de la industria del vino. Alternativas

para alcanzar una producción limpia». *Revista de Ingeniería Química* 35: 10-18.

SAYDS. 2008. *La huella de carbono del argentino promedio*. <http://www.ambiente.gov.ar>

Thomas, J., G. Thistlethwaite, J. MacCarthy, B. Pearson, T. Murrells, Y. Pang, N. Passant, N. Webb, C. Conolly, L. Cardenas, H. Malcolm y A. Thomson. 2011. *Greenhouse Gas Inventories for England, Scotland Wales and Northern Ireland: 1990-2009*. http://uk-air.defra.gov.uk/reports/cat07/1109061103_DA_GHGI_report_2009_Main_text_Issue_1.pdf

Wackernagel, M. y W. Rees. 1995. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on The Earth*. New York: New Society Publishers.

Cómo citar este artículo: Rodríguez, R., y A. Belfort, y S. M. Udaquiola. 2014. «Gestión ambiental empresarial: cálculo de la huella de carbono en la industria vitivinícola». *Gestión y Ambiente* 17 (1): 159-172.

Anexo 1

Emissiones por agricultura (Cultivo de la uva) *Cosecha*. De acuerdo al tipo de maquinaria y combustible utilizado para la cosecha, se emplean distintos factores de emisión. Las emisiones se calculan con las siguientes fórmulas:

$$E = CC * FE$$

$$CC = T * Ef$$

E: emisiones de GHG (kg CO₂/hl)

CC: consumo de combustible por hectolitro producido (l/hl)

FE: factor de emisión del combustible (kg CO₂/l)

T: tiempo de utilización del vehículo (h)

Ef: eficiencia del combustible (l/h)

Emissiones por transporte de la materia prima e insumos

Los GHG que se contabilizan son el CO₂, CH₄ y NO₂. La fórmula para la estimación de emisiones de GHG de un vehículo es la siguiente:

$$E_i = \sum_{kT} \text{nivel de actividad}_k * FE_{ikt}$$

E_i: emisiones del contaminante i por hectolitro producido (kg CO₂/hl)

nivel de actividad_k: nivel de actividad de la categoría vehicular k (kilómetros recorridos) (km/hl)

FE_{ikt}: factor de emisión del contaminante i para la categoría k para el tipo de emisiones t (kg/km) k: categoría vehicular

t: tipo de gas de emitido

Los FE que se utilizaron fueron desarrollados por AEA en acuerdo con el Departamento de Transporte, UK Greenhouse Gas Inventory en el 2010.

Emisiones durante la producción

Emisiones consumo de energía eléctrica. La fórmula utilizada para calcular las emisiones de GHG a partir de la energía eléctrica consumida es la siguiente (SAyDS 2008):

$$E = C * F_{red}$$

C: consumo de energía eléctrica (kWh/hl)

F_{red} : factor de emisión de la red de suministro de energía eléctrica (0,5 kg CO₂/KWh)

Emisiones en la fermentación de la uva.

Las uvas prensadas o mosto tienen un contenido de azúcar entre 22 y 28° Brix. Una vez conocida la cantidad de azúcar, se puede determinar la cantidad de CO₂ producido en la reacción de fermentación, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$E = (m_M / \rho_M) C$$

E: cantidad de CO₂ producido en la reacción de fermentación (kg CO₂/hl)

m_M : masa del mosto que se fermentó (kg CO₂/hl)

ρ_M : densidad del mosto (134,5 kg/hl)

C: radio de conversión del CO₂ igual a 10,7 kg CO₂/hl respectivamente.

Estimación de emisiones por distribución

Si se utilizan camiones, la fórmula para calcular las emisiones es la usada para calcular las Emisiones por transporte de la materia prima e insumos, para avión, tren y barco se utiliza la siguiente fórmula:

$$E = W * D * FE_{ik}$$

E: las emisiones del contaminante i por hectolitro producido (kg CO₂/hl)

W: carga del vehículo k (ton/hl)

D: distancia recorrida (km)

FE_{ik} : factor de emisión del contaminante i para la categoría k (kg CO₂/ton km)

k: categoría del vehículo

Los FE que se utilizan para emisiones en distribución fueron CE Delft 2006, DEFRA 2005, Australian Greenhouse Office 2006 y Apelbaum Consulting.

El almacenamiento se toma en cuenta para fines de cálculo de GHG cuando involucra un gas refrigerante, que esté dentro de los gases que conforman la HC. La fórmula para estimar las emisiones es:

$$E = n * CC * FE * GWP * T$$

n: número de equipos

CC: capacidad de carga que es la cantidad de refrigerante utilizada por del equipo (kg/hl)

FE: factor de emisión

GWP: potencial de calentamiento global para cada tipo de refrigerante

T: tiempo de vida del equipo (años)

Emisiones en la disposición final

a. Metano (CH₄). Los pasos para calcular las emisiones son los siguientes:

1. Calcular la cantidad de materia orgánica degradable en el efluente.

$$TOW = P * W * COD$$

TOW: total de materia orgánica degradable en el efluente industrial (kg COD/año)

P: producto industrial total (ton/año)

W: efluentes generados (m³/ton producto)

COD: demanda química de oxígeno (kg COD/m³)

2. Obtener el FE. Se debe estimar el FE usando la máxima capacidad de producción de metano y el factor de corrección de metano para las industrias.

$$EF = B_o * MCF$$

B_o : capacidad máxima de producción de CH₄ (kg CH₄/kg COD)

MC: factor de corrección del CH₄

3. Estimar las emisiones de CH₄

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \sum [(TOW - S) EF - R]$$

S: componente orgánico removido como lodo (kg COD/año)

R: la cantidad de CH₄ recuperada (kg CH₄/año).

Se contabilizan en la huella de carbono los GHG presentes en las emisiones de los desechos sólidos orgánicos, una vez que se encuentran en el relleno sanitario, sitio de su disposición final. El CO₂ producido no se toma en cuenta, puesto que es considerado como ciclo natural del carbono (British Standard Institution 2011).