

Huella de carbono del cultivo de rosas en Ecuador comparando dos metodologías: *GHG Protocol* vs. PAS 2050

Carbon footprint of the cultivation of roses in Ecuador comparing two methodologies: GHG Protocol vs. PAS 2050

Karina Guallasamin Constante (1) y Débora Simón-Baile (2)

(1) Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), Ecuador, karina_g0204@hotmail.com

(2) Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), Ecuador, ddsimon@espe.edu.ec

Fecha de recepción: 29 de noviembre de 2017

Fecha de aceptación: 15 de julio de 2018

Resumen

Ecuador es el tercer exportador de rosas a nivel mundial. Un factor clave para la competitividad internacional es calcular y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Por ello, se calculó la huella de carbono (HC) del cultivo de rosas en Ecuador, tomando como caso de estudio la Empresa Ecoroses S.A. en el año 2015. La empresa está ubicada en el cantón Mejía, provincia de Pichincha y dedica el 100% de su producción a las rosas. La HC se calculó mediante dos metodologías: *GHG Protocol* y PAS 2050, considerando los límites del sistema “de la cuna a la puerta”. Los factores de emisión fueron recopilados de bases de datos internacionales como IPCC y Ecoinvent v2.2. El resultado de la HC fue de 3,75 kg CO₂eq/kg de rosa exportada. Las tres fuentes de emisión de GEI que más afectan son: los productos agrícolas (37,7%), la energía eléctrica (13,3%) y el uso de combustibles fósiles (10,95%). Esta HC duplica a la del cacao seco y es más de 8 veces mayor que la del banano nacional. Por ello, se propone implementar buenas prácticas ambientales para reducir los GEI, en concreto, fertilizantes orgánicos, ahorro energético y biocombustibles.

Palabras clave: Ecuador; GHG Protocol; huella de carbono; PAS 2050; rosas

Abstract

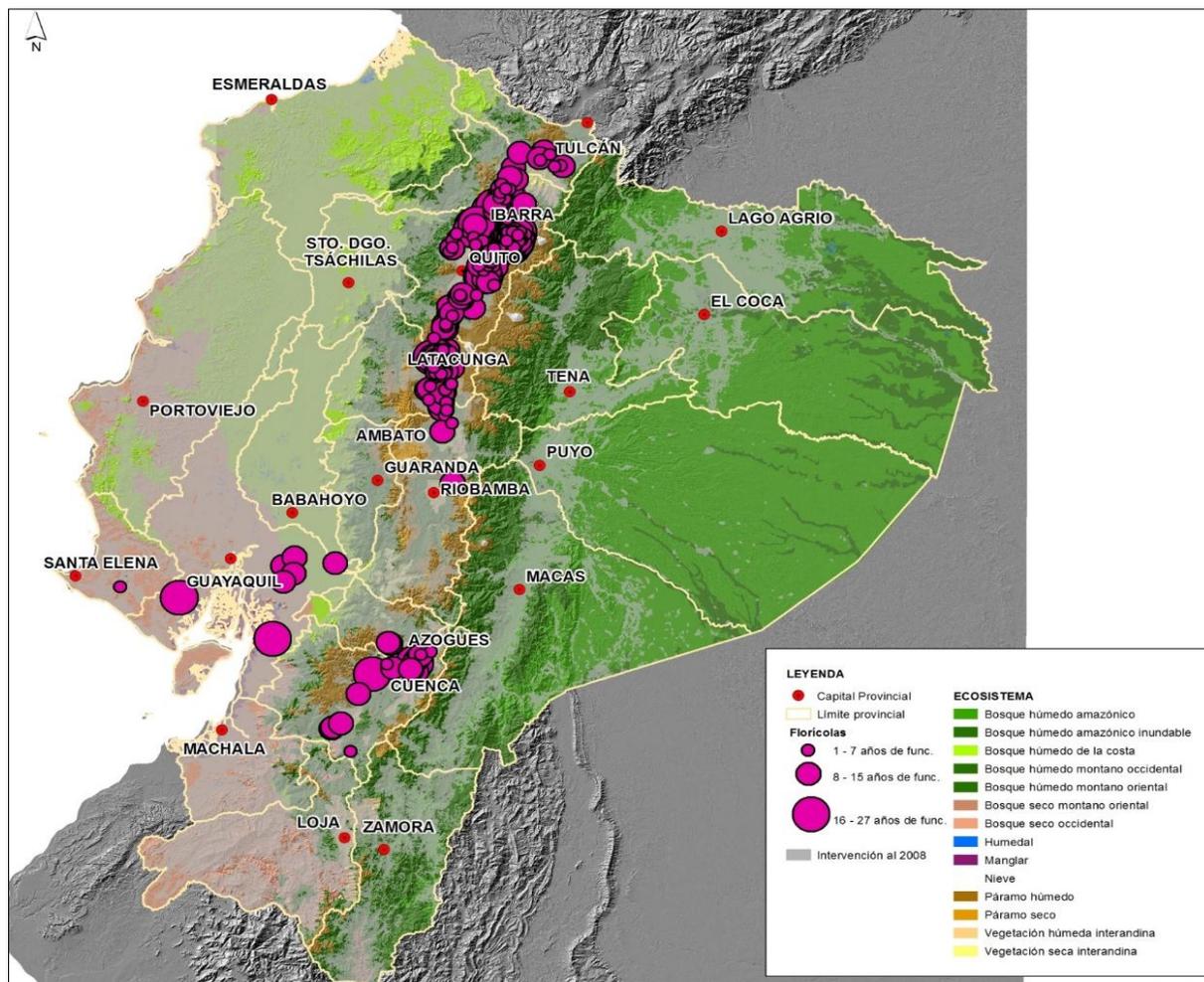
Ecuador is the third largest exporter of roses worldwide. A key factor for the international competitiveness is to calculate and reduce greenhouse gases (GHG). For this reason, we calculated the carbon footprint (CF) of the cultivation of roses in Ecuador, taking as a case study the Company Ecoroses S.A. in the year 2015. The company is located in the canton Mejia, province of Pichincha, and dedicates 100% of its production to roses. The CF was calculated using two methodologies, GHG Protocol and PAS 2050, considering the limits of the system “from the cradle to the door”. The emission factors were compiled from international databases such as IPCC and Ecoinvent v2.2. The result of the CF was 3,75 kg CO₂eq/kg of rose exported. The three sources of emission of GHG that most affect are: agricultural products (37,7%), electrical energy (13,3%), and the use of fossil fuels (10,95%). This CF doubles that of dry cocoa, and is more than 8 times higher than that of domestic bananas. Therefore, the implementation of good environmental practices is proposed to reduce GHG, specifically, organic fertilizers, energy saving, and biofuels.

Key words: carbon footprint; Ecuador; GHG Protocol; PAS 2050; roses

Introducción

En Ecuador los cultivos de rosas iniciaron en el siglo XIX, pues la biodiversidad geográfica y el clima favorecen el crecimiento de muchas especies de flores (Ecuador Oficial 2015). Es así que en 2016 existieron 5.163 hectáreas de rosas sembradas bajo invernadero, de las cuales se cosecharon 4.981 hectáreas. En las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Carchi e Imbabura se concentra el 99% del área de producción nacional de rosas (INEC 2016a) (mapa 1).

En el año 2015, las rosas continuaron siendo líderes en las exportaciones de productos primarios no tradicionales de Ecuador, con el 28% (PROECUADOR 2015), es decir, 145.848 toneladas de rosas (Banco Central del Ecuador 2016), lo que representa 820.131 dólares *Free on Board* (FOB). El país se convirtió en el tercer exportador mundial de rosas (Expoflores 2015) y sus principales mercados fueron: Estados Unidos, Rusia, Holanda e Italia (El Comercio 2015).

Mapa 1. Ubicación de las plantaciones florícolas en Ecuador.

Fuente: Bonilla *et al.* 2016.

Aunque el cultivo de rosas es un motor de desarrollo económico y genera significativos beneficios financieros, requiere más de 80 insumos químicos; por tanto, tiene altos impactos ambientales (Acción Ecológica 2000). El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) establece que el sector de la agricultura, la silvicultura y otros usos del suelo es responsable de alrededor de 10 a 12 GtCO₂eq/año de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) netas (IPCC 2014). La huella de carbono del cultivo de rosas es elevada debido principalmente al alto uso de agroquímicos y a los requerimientos de energía y agua, por lo que contribuye a los efectos negativos del cambio climático.

Considerando estos impactos ambientales, la presente investigación se alinea con un marco legal tanto nacional como internacional. En Ecuador, este estudio se encuentra amparado bajo el artículo 414 de la Constitución de la República, que establece las

medidas para mitigar el cambio climático, así como la política 4.5 del Plan Nacional del Buen Vivir (SENPLADES 2014) y los Decretos Ejecutivos 1815 y 495 (Ministerio del Ambiente 2009; 2012). Mientras que a nivel internacional, persigue cumplir con la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (Naciones Unidas 2015) y con el Acuerdo Internacional de Kyoto (Plassmann *et al.* 2010).

La venta de rosas en mercados internacionales en la actualidad requiere obtener certificaciones y etiquetados ambientales como el cálculo de Huella de Carbono, mecanismo de posicionamiento competitivo de los productos en el ámbito internacional. Para ello, se exigen avances inmediatos en los procesos de cuantificación de emisiones de GEI y en la disminución de los efectos del cambio climático. Sin embargo, Ecuador carece de cálculos actualizados sobre la huella de carbono del cultivo de rosas y los factores de emisión específicos del país, por lo que las medidas de reducción de emisiones a la producción no pueden ser específicas ni destinadas expresamente a las principales fuentes de emisión. Esto supone un riesgo para la exportación de rosas ecuatorianas porque podría causar una pérdida de competitividad en los mercados internacionales. Por ello, el objetivo del presente estudio es calcular la huella de carbono del cultivo de rosas en Ecuador a partir del estudio de caso de la empresa Ecoroses S.A., comparando dos metodologías internacionales. Con base en los resultados, se hace una propuesta de buenas prácticas ambientales para reducir las emisiones de GEI en el cultivo de rosas.

La huella de carbono abarca las emisiones de GEI producidas por una actividad, a lo largo del ciclo de vida, para un determinado producto o servicio. Se expresa normalmente en toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂eq) (Espíndola y Valderrama 2012). Existen varias metodologías para calcular la Huella de Carbono, pero en el presente estudio se han seleccionado dos: la norma *Greenhouse Gas* (GHG) Protocol y la norma *Publicly Available Specification* (PAS) 2050 (Espíndola y Valderrama 2012). Su elección se debe a que son las más ampliamente utilizadas y reconocidas en el mundo (Pandey, Agrawal y Pandey 2010) y están validadas por otros sectores productivos.

La investigación se desarrolló en 2016 en la Empresa Ecoroses S.A., ubicada en el cantón Mejía, parroquia de Aloasí. Fundada en el año 1998, dedica el 100% de su producción al cultivo de rosas. El año de estudio es 2015; durante ese periodo Ecoroses S.A. contó con 28 bloques, correspondientes a 25,5 hectáreas de producción, lo cual supuso 1159.63 toneladas de rosas exportadas.

Metodología

Como etapa inicial de la metodología se definió el límite de estudio, establecido “de la cuna a la puerta”. Se entiende como cuna el sitio de producción de cada materia prima que utiliza Ecoroses S.A., incluyendo el transporte internacional o nacional. La puerta es el sitio donde vende el producto final; en este caso, el aeropuerto internacional de Quito. La unidad funcional de estudio es kg CO₂ equivalente/kg de rosa exportada.

Posteriormente, con base en visitas técnicas a la empresa Ecoroses S.A., se desarrolló el mapa de procesos, que contiene información desglosada del uso de materias primas, de las etapas de producción y de las emisiones asociadas a cada una de ellas. Para generar la información de los procesos productivos se elaboraron formatos de registro y se recolectaron datos de las cantidades de materias primas compradas o usadas en 2015. Para calcular la huella de carbono de Ecoroses S.A. se utilizaron las normas *GHG Protocol* y PAS 2050, descritas a continuación.

El Protocolo GHG fue implementado en 2001 por el Consejo Mundial de Negocios para el Desarrollo Sustentable y por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés), cuya meta es establecer bases para contabilizar las emisiones de los GEI (World Resources Institute 2004). El Instituto ha desarrollado un conjunto de herramientas de software para calcular la Huella de Carbono en organizaciones y productos. El protocolo GHG clasifica a las emisiones en directas e indirectas, dando origen a tres tipos de alcances: el alcance 1 corresponde a las fuentes directas de emisión; el alcance 2, a las emisiones indirectas y el alcance 3 incluye las emisiones generadas por fuentes indirectas fuera de los límites de la empresa.

PAS 2050 es una especificación publicada por la *British Standards Institution* (BSI 2008). Comprende el ciclo de vida completo de las emisiones de un producto y focaliza los esfuerzos dirigidos a reducir los GEI (Asociación Española para la Calidad 2013). En esta metodología, el cálculo se realiza en forma global, sin diferenciar alcances o subcategorías.

Calcular las emisiones de GEI de Ecoroses S.A. requiere dos tipos principales de datos: la cantidad de materias primas compradas o usadas durante 2015 y el factor de emisión (FE) de cada una de ellas. Dado que las fórmulas para calcular las fuentes que intervienen en el desarrollo de la calculadora con la metodología PAS 2050 son las

mismas que fueron utilizadas bajo la metodología *GHG Protocol*, se presenta una fórmula general de cálculo.

$$\text{Emisiones} = \sum [\text{Datos}_{\text{actividad}} * \text{FE}]$$

Donde:

Emisiones = emisiones totales expresadas en kgCO₂eq/ud

Datos _{actividad} = cantidades referentes a la compra y/o uso de materias primas en 2015

FE = factor de emisión (kg CO₂eq/ud)

Según la comparación realizada por *GHG Protocol* (2011) entre las metodologías *GHG Protocol* y PAS 2050, de los 30 aspectos analizados, correspondientes a 19 subtemas, solo en 3 de ellos (10%) podrían existir diferencias en cuanto a los resultados en su aplicación (tabla 1). Los factores de emisión de las diferentes materias primas se obtuvieron principalmente de bases de datos internacionales como el IPCC (2006) y Ecoinvent, versión 2.2 y 3. Solo el FE de energía eléctrica, que es de 0,51 tCO₂/MWh (Ministerio del Ambiente 2013), estaba elaborado específicamente para Ecuador, con trabajo conjunto del Ministerio del Ambiente (MAE), el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, el Consejo Nacional de Electricidad y el Centro Nacional de Control de Energía.

Tabla 1. Comparación de diferencias entre *GHG Protocol* y PAS 2050 para medir las emisiones de los Gases de Efecto Invernadero. Modificado de *GHG Protocol* (2011).

Tema	Subtema	<i>GHG Protocol</i>			PAS 2050		
		Organización	Enfoque	Año	Organización	Enfoque	Año
		Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD)	Producto	2001	Instituto Británico de Normalización (BSI) y <i>Carbon Trust</i>	Producto	2008

Objetivo, alcance y principios	Normas del Sector de Productos	Toma en cuenta normas del producto	Introduce los requisitos complementarios (SRs), que incluyen orientación del sector y normas por la categoría del producto
Límite del sistema	Materialidad: cuando existe una brecha de datos, las exclusiones están permitidas en la norma (un umbral insignificante del 1% se da como una regla de oro, pero no es obligatorio).	Elimina los requisitos para aplicar la regla del 95% a las fuentes restantes cuando una única fuente es >50%, y no requiere escalar hasta dar cuenta del 100%	Permite exclusiones sobre la base de la materialidad (<1%), pero debe ser incluido al menos el 95% de la vida completa del producto
Asignación	Asignación	Física	Económica

Fuente: elaboración propia.

Es importante recalcar que los FE de las materias primas pueden presentar valores muy diferentes, por ejemplo, el FE de los plásticos de invernadero es de 2600 kgCO₂eq/kg (IPCC 2006), mientras que el FE de los residuos orgánicos de compostaje es de 0,19 kg CO₂eq/kg (IPCC 2006). Así mismo, los FE de dos productos agrícolas pueden variar hasta en un orden de 645, ya que el nitrato de calcio tiene un FE de 6,45 kgCO₂eq/kg comparado con el 0,01 del sulfato de calcio (tabla 2).

Tabla 2. Resumen de los alcances, etapas, fuentes de emisión, unidades y factores de emisión utilizados en el cálculo de la huella de carbono del cultivo de rosas.

Etapas	Fuente de emisión	Unidad	Factor de emisión (FE)	Fuente bibliográfica del FE
Alcance 1				
Uso de combustibles en fuentes fijas	Bunker	kg/TJ	77.400	(IPCC 2006)

Uso de combustibles en fuentes móviles	Súper, Extra	kg/TJ	69.300	(IPCC 2006)
	Diésel	kg/TJ	74.100	(IPCC 2006)
Uso de aceites	Aceites para tractores y plantas eléctricas	kg/l	2,95	(IPCC 2006)
Uso de refrigerante	R ₄₀₄	-----	3.922	(Reglamento Europeo 2014)
Residuos	Residuos orgánicos generados	kg CO ₂ eq/Kg	0,19	(IPCC 2006)
	Residuos inorgánicos generados	kg CO ₂ eq/Kg	2.600	(ASIPLA 2010)
Uso del suelo	Anterior uso del suelo	tCO ₂	109,62	(IPCC 2006)
Captación de carbono por el cultivo	Tiempo Conversión Años (17)	kg CO ₂ eq/ha	6.670	(RSPO GHG WORK GROUP)
Uso de productos agrícolas (fertilizantes)	Nitratos	kgCO ₂ eq/Kg	6,45	(Ecoinvent 2012)
	Ácidos	kgCO ₂ eq/Kg	2,20	(Ecoinvent 2016)
	Sulfatos	kgCO ₂ eq/Kg	1,05	(Ecoinvent 2016)
Uso de productos fitosanitarios	Switch	kgCO ₂ eq/Kg	10,60	(Ecoinvent 2016)
	Borneo	kgCO ₂ eq/Kg	16,60	(Ecoinvent 2016)
	Delfan Plus	kgCO ₂ eq/Kg	0,33	(Ecoinvent 2016)
Transporte de rosas Ecoroses-aeropuerto	Rutas de transporte de flores	kgCO ₂ eq/km	0,07	(CEPAL 2012)
Emisiones directas e indirectas de N ₂ O	N aplicado al suelo	kg CO ₂ e/kg N	4,68	(IPCC 2006)
	N volatilizado	kg CO ₂ e/(kg NH ₃ + Kg Nox)	4,68	(IPCC 2006)
	N lixiviado	kg CO ₂ e/kg N lix	3,51	(IPCC 2006)
Emisiones de CO ₂ por urea	Fertilizante N (urea)	kg CO ₂ eq/kg	0,7	(IPCC 2006)
Alcance 2				
Consumo energético por electricidad	Energía eléctrica	tCO ₂ /MWh	0,51	(Ministerio del Ambiente 2013)
Alcance 3				
Compra de combustibles de fuentes fijas	Bunker	kg CO ₂ eq/kg	0,498	(IPCC 2006)
Compra de aceites	Aceites para tractores y plantas eléctricas	kg/TJ	73.300	(IPCC 2006)
Compra de productos agrícolas	Bocashi	kgCO ₂ eq/kg	3,30	(Ecoinvent 2012)
	Violeta de Genciana	kgCO ₂ eq/kg	10,6	(Ecoinvent 2016)

Compra de productos fitosanitarios	Clorotex	kgCO ₂ eq/kg	0,18	(Ecoinvent 2011)
	Pudín	kgCO ₂ eq/kg	0,332	(Ecoinvent 2016)
Compra de insumos	Plástico de propileno	kgCO ₂ eq/kg	1,34	(ASIPLA 2010)
	Papel	kgCO ₂ eq/kg	1,84	(Universidad Santiago de Compostela 2009)
	Cartón	kgCO ₂ eq/kg	1,69	
Transporte de materias primas	Rutas de transporte internacional de materias primas	(tCO ₂ eq*km)/kg	0,3677	(Ecoinvent 2011)
	Rutas de transporte nacional de materias primas	kgCO ₂ /km	0,07	(CEPAL 2012)
Agua captada	Consumo de agua	kgCO ₂ eq/kg	0,0003	(Ecoinvent 2010)
Uso de suministros	Consumo de papel	kgCO ₂ eq/kg papel	0,991	(Victoria 2013)

Fuente: elaboración propia.

Resultados

Mapa de procesos del cultivo de rosas en Ecoroses S.A.

El mapa de procesos del cultivo de rosas de la empresa Ecoroses S.A. se diseñó con base en visitas técnicas y datos internos de la empresa (figura 1). En él aparecen 3 columnas: la columna en color azul, a la izquierda, corresponde a la compra y uso de las diferentes materias primas, la columna central muestra las actividades de las etapas previas al cultivo, el cultivo y la postcosecha, mientras que la columna en color rojo de la derecha simboliza las emisiones GEI resultantes de cada materia prima en las diferentes actividades.

Huella de carbono según la metodología GHG Protocol

Esta metodología comprende tres alcances diferentes. El alcance 1 considera las fuentes directas de emisión generadas por la empresa Ecoroses S.A., incluyendo 12 categorías que aparecen detalladas en la gráfico 1. El alcance 1, es decir, las emisiones dependientes en un 100% de la actividad propia de la empresa, ha generado un total de 2.968,56 tCO₂eq/año (116,41 tCO₂eq/ha o 2,55 kgCO₂eq/kg de rosa exportada). La fuente de

emisión que mayor cantidad de CO₂eq aporta en el alcance 1 es el uso de productos agrícolas o fertilizantes, con el 57,3% de las emisiones.

Figura 1. Resumen del mapa de procesos de Ecoroses S.A.

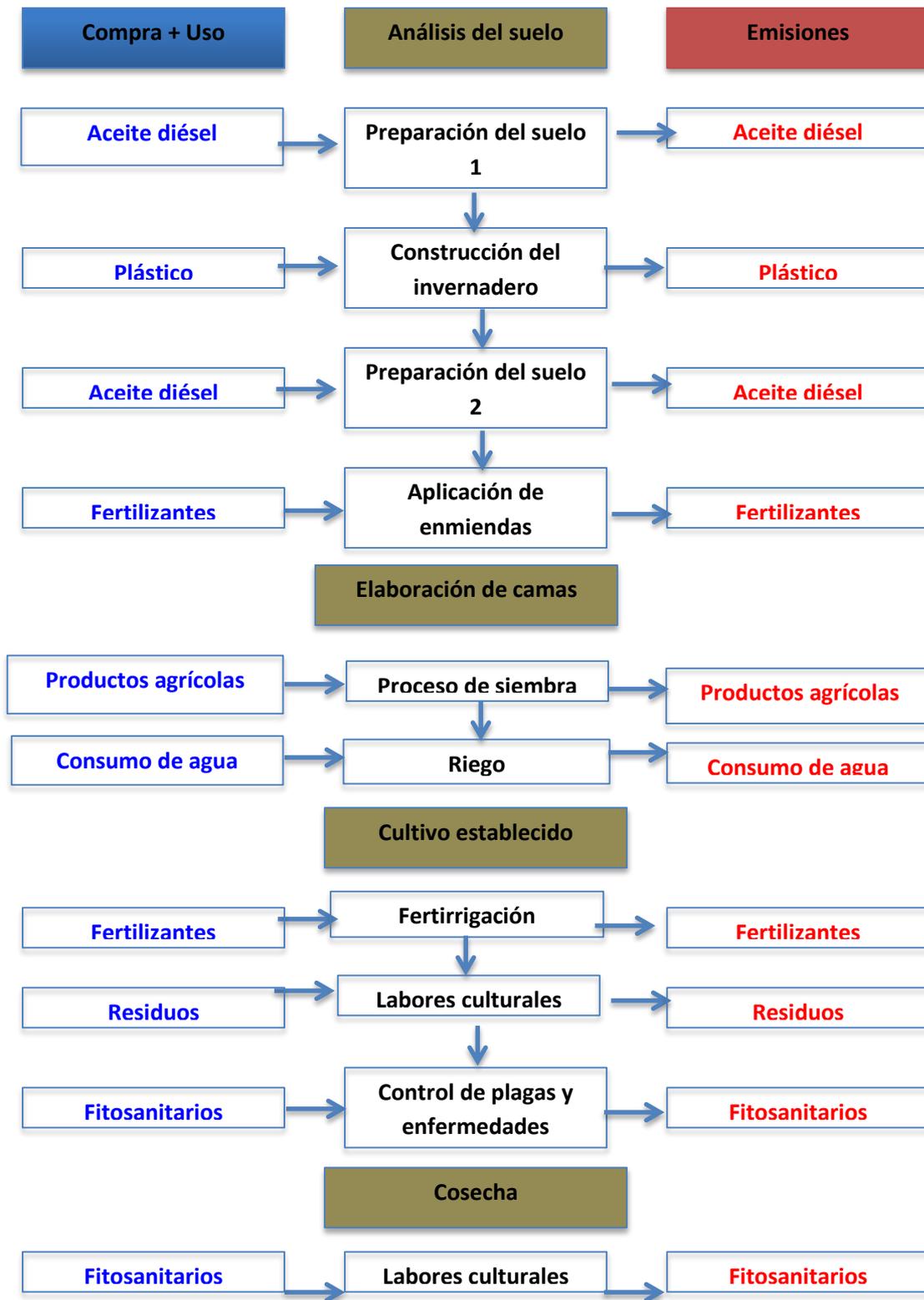
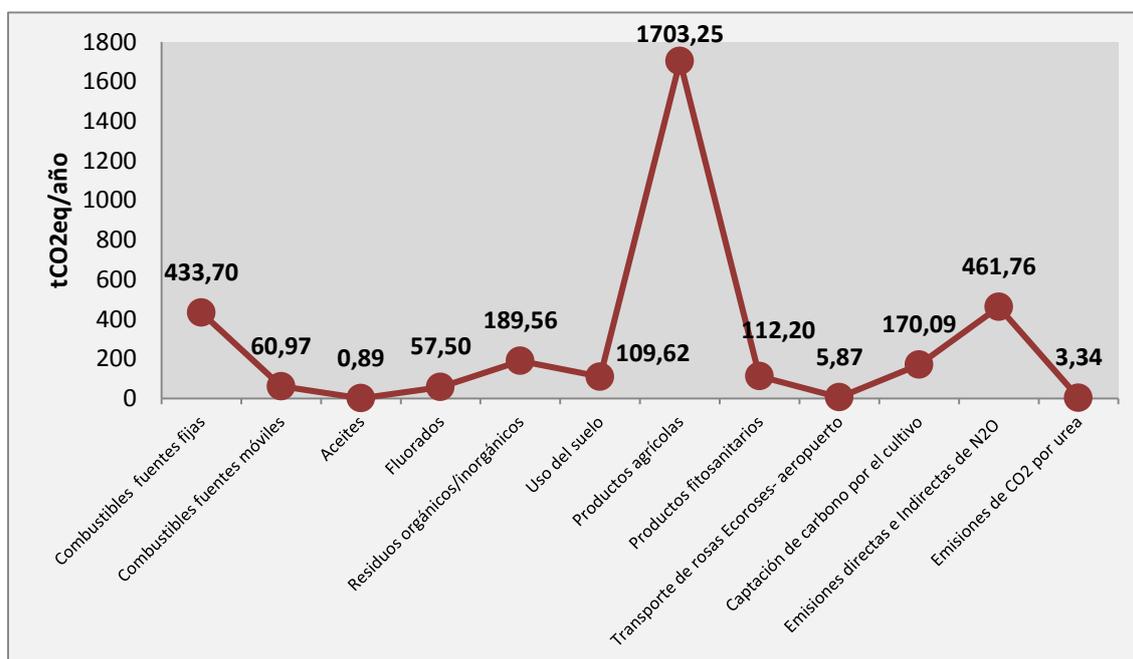


Gráfico 1. Emisiones de CO₂eq correspondientes al alcance 1, agrupadas en 12 categorías.



Fuente: elaboración propia.

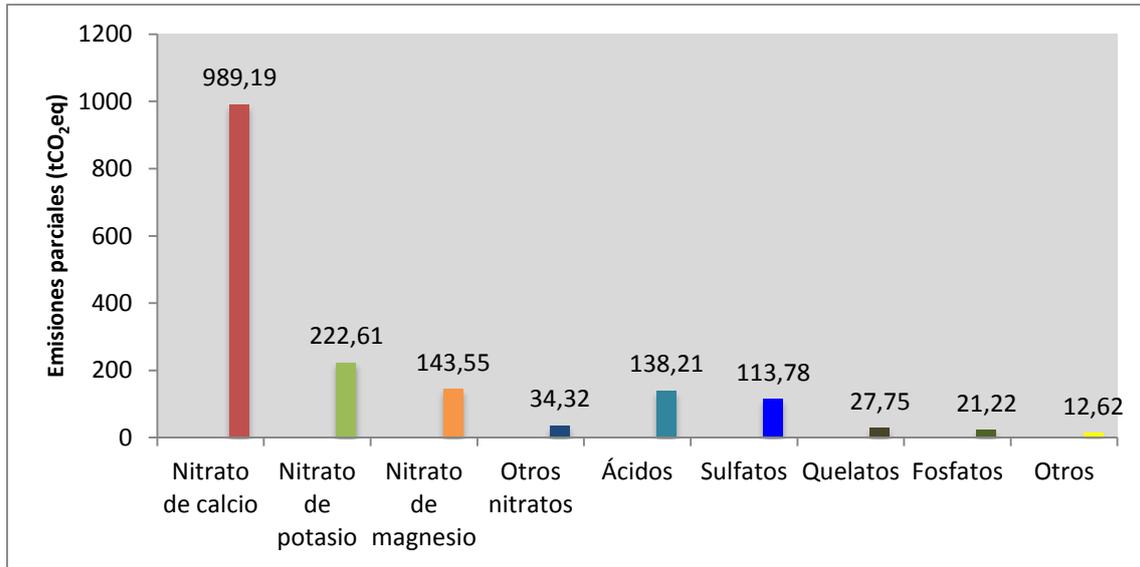
Entre los productos agrícolas más utilizados (gráfico 2), la mayor parte de los GEI provienen del uso de nitratos (81,59%), en particular, del nitrato de calcio (58,08%) por la gran cantidad que se usa (153.325 kg/año) y por su alto factor de emisión (6,45 kgCO₂eq/kg). Además de los nitratos de calcio, potasio y magnesio, destacan los GEI de ácidos y sulfatos, con el 8,11% y 6,68% respectivamente. Por otro lado, las emisiones de CO₂ por urea y el uso de aceite son las fuentes de emisión que menos aportan a la huella de carbono del alcance 1, con el 0,11% y 0,02% respectivamente.

Respecto al alcance 2, se consideran las emisiones indirectas, que en este caso proceden únicamente de la energía provista por la red pública de electricidad, única fuente de consumo energético de la empresa Ecoroses S.A. El alcance 2 por consumo eléctrico ha emitido un total de 606,95 tCO₂eq/año, que equivalen a 23,8 tCO₂eq/ha o 0,52 kgCO₂eq/kg de rosa exportada.

Finalmente, el alcance 3 representa las emisiones por fuentes indirectas que fueron generadas fuera de los límites de Ecoroses S.A., con anterioridad a la llegada a la empresa (gráfico 3). El alcance 3 ha generado en total 772,97 tCO₂eq/año, que corresponden a 30,31 tCO₂eq/ha o 0,67 kgCO₂eq/kg de rosa exportada. Dentro del alcance 3, la compra

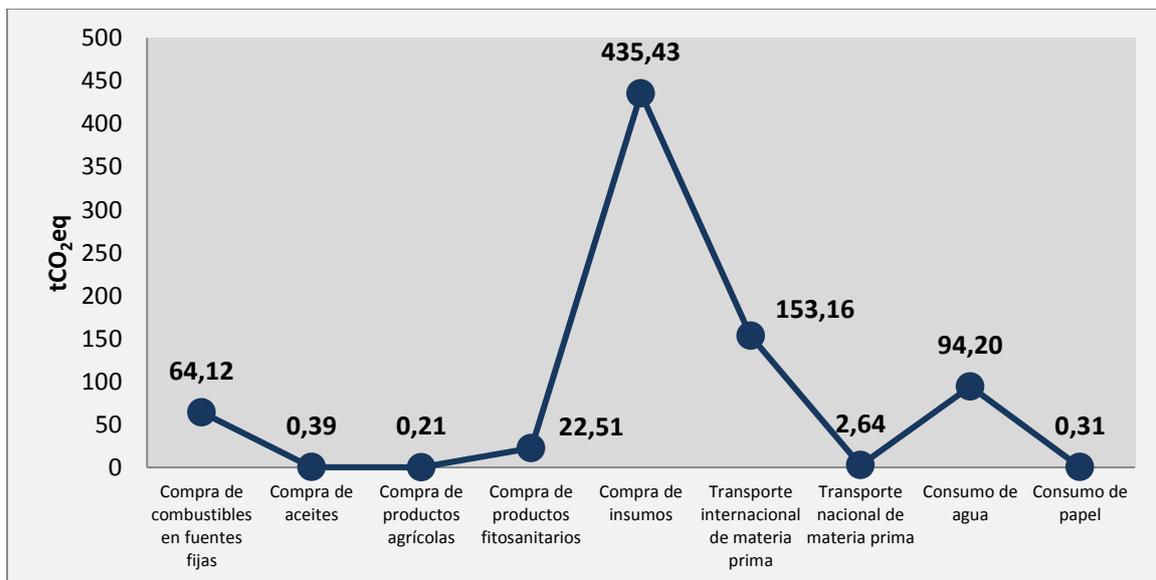
de insumos supone el 56,33%; es la fuente de emisión que aporta en mayor porcentaje a las emisiones de GEI. El transporte internacional ocupa el segundo lugar, con el 19,81%.

Gráfico 2. Emisiones de GEI de los productos agrícolas o fertilizantes más utilizados en el cultivo de rosas de la empresa Ecoroses S.A. en 2015.



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 3. Emisiones de CO₂eq correspondientes al alcance 3, agrupadas en 9 categorías.



Fuente: elaboración propia.

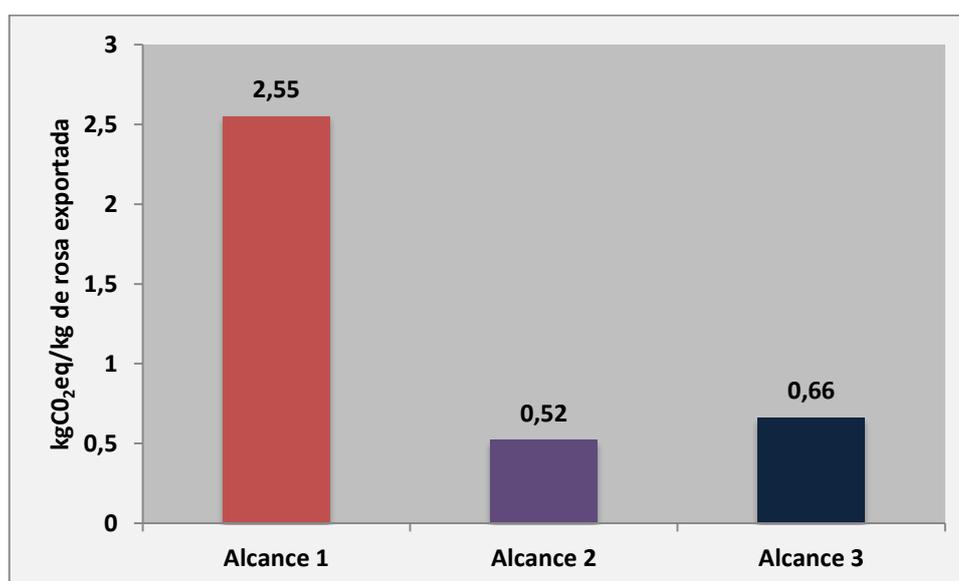
Por tanto, la huella de carbono total para la empresa Ecoroses S.A. en 2015, según la metodología *GHG Protocol* es de 3,75 kgCO₂eq/kg de rosa exportada (tabla 3), considerando que el límite del estudio es de la cuna a la puerta.

Tabla 3. Emisiones totales de CO₂eq producidas por Ecoroses S.A. en 2015, según los tres alcances del *GHG Protocol*.

Alcances	Emisiones del cultivo (tCO ₂ eq)	Emisiones del cultivo (tCO ₂ eq/ha)	Emisiones del cultivo (kgCO ₂ eq/kg de rosa exportada)
1	2.968,56	116,41	2,55
2	606,95	23,80	0,52
3	772,97	30,31	0,66
TOTAL	4.348,48	170,53	3,75

En la HC, según el *GHG Protocol*, el alcance 1 es el de mayor impacto, con el 68,26% de las emisiones de GEI. Le sigue el alcance 3, con el 17,77%, y finalmente, el alcance 2 representa solo el 13,97% de las emisiones de CO₂eq (gráfico 4).

Gráfico 4. Emisiones totales de kgCO₂eq/kg de rosa exportada producidas por Ecoroses S.A. en 2015, según los tres alcances del *GHG Protocol*.



Huella de carbono según la metodología PAS 2050

Por no considerar alcances o subdivisiones, los resultados de esta metodología se muestran en la tabla 4 y el gráfico 5 de forma integrada.

Tabla 4. Emisiones totales de kgCO₂eq/kg de rosa exportada producidas por Ecoroses S.A. en 2015, según PAS 2050.

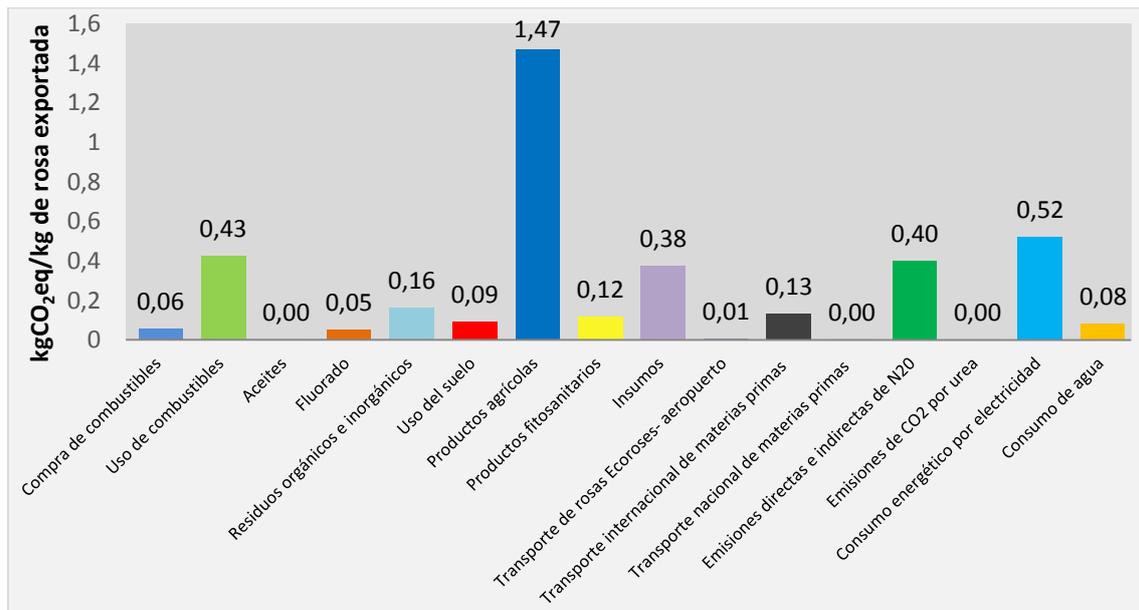
Fuentes de emisión		Emisiones del cultivo (kgCO ₂ eq/kg de rosa exportada)	Porcentaje
Emisiones	Compra de combustibles	0,06	1,42%
	Uso de combustibles	0,43	10,95%
	Aceites	0,00	0,03%
	Fluorado	0,05	1,27%
	Residuos orgánicos e inorgánicos	0,16	4,20%
	Uso del suelo	0,09	2,43%
	Productos agrícolas	1,47	37,70%
	Productos fitosanitarios	0,12	2,98%
	Insumos	0,38	9,64%
	Transporte de rosas Ecoroses-aeropuerto	0,01	0,13%
	Transporte internacional de materias primas	0,13	3,39%
	Transporte nacional de materias primas	0,00	0,06%
	Emisiones directas e indirectas de N ₂ O	0,40	10,22%
	Emisiones de CO ₂ por urea	0,00	0,07%
	Consumo energético por electricidad	0,52	13,43%
	Consumo de agua	0,08	2,08%
	TOTAL DE EMISIONES		3,90
Absorciones	Captación de carbono por el cultivo	0,15	100,00%
	TOTAL DE ABSORCIONES		0,15
HUELLA DE CARBONO		3,75	kgCO₂eq/kg rosa exportada

Fuente: elaboración propia.

En primer lugar, destaca que la huella de carbono total para la empresa Ecoroses S.A. en 2015, según la metodología PAS 2050, es de 3,75 kgCO₂eq/kg de rosa exportada,

exactamente la misma que la obtenida mediante el *GHG Protocol*. Al analizar los datos desagregados, se observa que los productos agrícolas adquiridos y utilizados en Ecoroses emiten 1,47 kgCO₂eq/kg de rosa exportada, lo cual representa el 37,70% del total de la huella de carbono del cultivo de rosas.

Gráfico 5. Emisiones totales de kgCO₂eq/kg de rosa exportada producidas por Ecoroses S.A. en 2015, según PAS 2050, agrupadas en 16 categorías.



Fuente: elaboración propia.

El consumo energético por electricidad es la segunda fuente de emisión de GEI en Ecoroses S.A., con el 13,43%. El uso o quema de combustibles es la tercera, con el 10,95%, seguido de cerca por las emisiones directas e indirectas de N₂O, con el 10,22%. Mientras que los aceites, el transporte nacional de materias primas y las emisiones de CO₂ por urea son las fuentes de GEI que menos aportan a la huella de carbono del cultivo de rosas, con el 0,03%, 0,06% y 0,07%, respectivamente.

Discusión

Comparación con la huella de carbono del cultivo de rosas en otros países

Para las comparaciones se ha hecho especial énfasis en el país vecino de Colombia, por ser este el segundo productor mundial de rosas y la principal competencia comercial de rosas de Ecuador, al manejar el mismo nicho de mercado.

En primer lugar, se compararon los resultados con los de Gutiérrez y Montoya (2014), obtenidos también mediante la metodología *GHG Protocol* para flores en Colombia. En ambos estudios coincide el orden de contribución de los alcances, de modo que el alcance 1 es el que más emisiones GEI aporta tanto en Ecuador como en Colombia. Le sigue el alcance 3. El alcance 2 es el que menos GEI emite en ambos casos. Sin embargo, los porcentajes de GEI oscilan significativamente entre el caso de Ecoroses (Ecuador) y el de la Sabana de Bogotá (Colombia): el alcance 1 supone el 68,26% en Ecuador y el 97,7% en Colombia; el alcance 2 representa el 13,97% en Ecuador y solo el 0,01% en Colombia, mientras que el alcance 3 alcanza el 17,7% en Ecuador y solo el 2,29% en Colombia. Aún más diferentes son los valores absolutos, ya que la HC de Ecoroses es de 4.348,48 tCO₂eq, mientras que la del estudio de Gutiérrez y Montoya (2014) es de 28.774,41 tCO₂eq, 6,61 veces mayor. Esta disparidad se basa en que Gutiérrez y Montoya (2014) no estipulan de manera clara la unidad de estudio ni el número de hectáreas analizadas o las toneladas producidas, por lo que no se puede realizar una comparación más profunda con este estudio en cuanto a tCO₂eq/ha o a kgCO₂eq/kg de rosa o flor exportada. El valor total de Colombia podría ser elevado porque los valores de producción fueran mucho mayores que en Ecuador. Además, es importante recordar que el dato de Colombia se refiere a flores, en general, y no únicamente a rosas, como corresponde al presente caso de estudio.

En segundo lugar, se compararon los resultados de Ecuador con los de otro estudio, sobre rosas y claveles, de ocho plantaciones en Colombia, empleando la metodología PAS 2050 (Parrado 2011). Es posible realizar comparaciones directas con este estudio porque Parrado (2011) también considera el kilogramo de rosas exportadas como unidad funcional, y los límites del sistema desde la extracción de materias primas hasta la puerta del avión. Ambos estudios coinciden en que los puntos críticos de emisiones en el cultivo de rosas se deben al uso de fertilizantes. Sin embargo, la huella de carbono de Parrado (2011) se encuentra entre 0,61 y 2,30 kg CO₂eq/kg de rosa exportada, con variaciones según las diferentes fincas, mientras que la de Ecoroses es de 3,75 kgCO₂eq/kg de rosa exportada. Por ende, los resultados que muestra este artículo son entre 1,6 y 6,25 veces mayores a los del estudio colombiano.

La disparidad obedece a varios factores. Primero, la diferencia en el número de años que la plantación lleva instalada: el caso colombiano data de 1990, 8 años antes que

el de Ecuador; por ser una plantación de más de 20 años, no se considera el cambio del uso del suelo para la huella de carbono (IPCC 2006). Además, respecto a la captación de carbono por el cultivo, la plantación de Colombia corresponde al rango entre 20 y 25 años (el estudio fue realizado en el año 2011), por lo que su factor de emisión para esta categoría sería de 3.310,00 kgCO₂/ha. En Ecuador, el valor para la captación de carbono por el cultivo es de 6.670,00 kgCO₂/ha, calculado con referencia al año 2015 (Rspo GHG Work Group 2012). Segundo, Parrado (2011) no considera el consumo de agua ni la maquinaria utilizada. Tercero, los resultados de esta investigación son más altos que los de Colombia debido al uso de combustibles en fuentes fijas. Esto hace referencia al bunker, pues la empresa Ecoroses cuenta con sistema de calefacción para los invernaderos, porque la zona en donde se ubica posee una temperatura promedio mínima entre 0,5 y 3,7 °C (Inamhi 2015). Si se excluyeran del estudio las fuentes que no fueron consideradas en el caso de Colombia, el resultado sería de 3,14 kgCO₂eq/kg de rosa exportada, en lugar de 3,75. Otro factor del resultado dispar de Parrado (2011) es que Colombia ha desarrollado varios factores de emisión propios del país, como los FE de fuentes fijas y móviles elaborados por la Unidad de Planificación Minero Energética y el factor de emisión de energía. En Ecuador, por su parte, solo se cuenta con el factor de emisión nacional correspondiente a electricidad. El desarrollo de factores de emisión propios de Ecuador es clave para calcular huellas de carbono nacionales más precisas.

En tercer lugar, se contrastaron los resultados con las huellas de carbono de cultivos de rosas en otros países como Alemania, Holanda, Kenia y Etiopía, considerando como base el estudio de Soode *et al.* (2015). Este utilizó la metodología PAS 2050 y estableció como unidad funcional kgCO₂eq/10 tallos de rosas cortadas, diferente a la del presente estudio. Los resultados comparativos entre los diferentes países presentan un rango muy amplio: oscilan entre un mínimo de 0,4 kgCO₂eq por cada 10 rosas cultivadas al aire libre en Alemania (Soode *et al.* 2015) y un máximo de 29 kgCO₂eq por cada 10 rosas cortadas de invernadero en Holanda (Williams 2007). Las huellas de carbono más altas correspondieron uniformemente a los tres estudios de rosas cultivadas bajo invernadero. Sin embargo, las rosas holandesas cultivadas bajo invernadero con calefacción de gas natural (Williams 2007) producían una HC casi tres veces mayor que la de las rosas alemanas, cultivadas bajo invernadero con calefacción de carbón (Soode *et al.* 2015). Las rosas con menor huella de carbono fueron siempre las cultivadas al aire

libre y sin invernadero, en concreto, las procedentes de Kenia (Williams 2007), Etiopía (Sahle y Potting 2013) y Alemania (Soode *et al.* 2015), con valores entre 0,4 y 3,7 kgCO₂eq por cada 10 tallos de rosas cortadas.

Los resultados de Soode *et al.* (2015) muestran que la calefacción en invernadero para el cultivo de rosas puede suponer entre el 38% y el 92% de la huella de carbono del producto. El análisis de Soode *et al.* (2015) prueba que la huella de carbono de un mismo producto puede ser muy variable, ya que depende enormemente del sistema de producción. Los puntos críticos para la HC de las rosas, según Soode *et al.* (2015) son, de nuevo, el uso de fertilizantes, el plástico usado y el transporte. Otros estudios como Russo, Buttol y Tarantini (2007) y Russo y De Lucia Zeller (2008) también trabajaron con la huella de carbono de rosas, pero no es posible contrastarlos con los resultados de este artículo por la carencia de una tasa numérica comparable.

Comparación con la huella de carbono de otros productos de exportación

Por otro lado, se ha comparado la huella de carbono del cultivo de rosas con las huellas de carbono de otros productos de exportación que también son de interés para Ecuador, como el banano y el cacao ecuatorianos, el aceite de palma de Colombia y Ecuador, el arroz de China, la miel argentina y los productos lácteos de Canadá.

El proyecto de CAF, CORPEI y PROECUADOR (2016) analizó las huellas de carbono de empresas ecuatorianas vinculadas a la explotación en las cadenas de banano, cacao, chocolate y atún. Sin embargo, concentramos las comparaciones en el banano y el cacao por ser cultivos similares a la rosa, a diferencia de productos procesados como el chocolate y el atún. Los resultados de CAF, CORPEI y PROECUADOR (2016) muestran que la huella de carbono media para el cultivo de banano en Ecuador, basada en 6 empresas analizadas, es de 0,45 kgCO₂eq/kg de banano exportado. La fase de procesamiento aporta el 45% de la HC, la fase de cultivo, el 34% y la de distribución, el 21%. La HC media del cacao seco de Ecuador, calculada a partir de cuatro empresas, es de 1,80 kg CO₂eq/kg de cacao exportado. La fase de cultivo supone el 80% de la HC, el 20% restante equivale a la postcosecha y distribución (CAF, CORPEI y PROECUADOR 2016).

En lo que respecta a la producción del aceite de palma, Rivera-Méndez, Rodríguez, y Romero (2017) determinan la huella de carbono para Colombia, mediante

el uso del estándar técnico colombiano NTC 6000 y factores de emisión de la base de datos Ecoinvent y Simapro 7.0 software. Consideran como unidad funcional 1 tonelada. Reportan que una tonelada de aceite de palma de racimos de fruta fresca produce 606 kgCO₂eq. Las actividades que aportan mayor cantidad de emisiones en la producción del aceite de palma son el uso de fertilizantes químicos nitrogenados, el transporte de racimos para procesar en la planta, el cambio del uso del suelo y la energía consumida. Echeverría (2014) obtiene que la huella de carbono para el cultivo de palma en Ecuador es de 0,0159 kgCO₂eq/kg de racimo de fruta de palma, 0,6582 para el aceite crudo, 1,0297 para el aceite refinado que se distribuye dentro de Ecuador y 1,1122 para el aceite refinado distribuido hacia Europa. Resalta la similitud de los datos de Rivera-Méndez, Rodríguez, y Romero (2017) sobre Colombia y Echeverría (2014) sobre Ecuador (0,606 y 0,658).

La huella de carbono medida en los cinco principales distritos arroceros de China establece un rango entre 2.504,20 y 1.344,92 kg CO₂eq por tonelada de arroz (Xu *et al.* 2013), utilizando el método de análisis del ciclo de vida. Esto corresponde a un valor promedio de 1.920,89 kg CO₂eq/ton de arroz. El dato resulta aún más llamativo al considerar que la HC total de la producción de comida en China se ha duplicado entre 1979 y 2009; de entre todos los productos alimenticios, la de la producción de arroz ha sido la que más ha aumentado (Jianyi *et al.* 2015).

En lo que corresponde a la producción de miel, Mujica, Blanco y Santalla (2016) han calculado la huella de carbono para Argentina, que exporta el 95% de su producción y es el tercer productor mundial. Indican que la huella de carbono desarrollada bajo la norma ISO 14040 es de 2,5 ±0,17 kgCO₂eq/kg de miel. El proceso de extracción es responsable del 90,7% de ella. Por último, la HC los productos lácteos en Canadá ha sido desarrollada por Vergé *et al.* (2013), utilizando la *Canadian Food Carbon Footprint Calculator*. Según ese estudio, la mayoría de las huellas de carbono de productos lácteos canadienses oscilan entre 1 y 3 kgCO₂eq/kg de producto. Sin embargo, tres de ellos presentan una HC considerablemente mayor: el queso (5,3 kgCO₂eq/kg), la mantequilla (7,3 kg CO₂eq/kg) y la leche en polvo (10,1 kgCO₂eq/kg).

Tomar como unidad de comparación el kilogramo de producto exportado muestra que en Ecuador la huella de carbono del cultivo de rosas duplica a la del cacao seco, es más de 8 veces mayor que la del banano y 235 veces superior a la de la palma africana. Además, es también 2 y 1,5 veces mayor que la huella de carbono del arroz chino y de la

miel argentina, respectivamente. Por el contrario, respecto a los lácteos de Canadá, la HC de las rosas ecuatorianas es ~1,40 veces menor que la del queso, casi la mitad que la de la mantequilla y ~2,7 veces inferior a la de leche en polvo. Se debe puntualizar, sin embargo, que los lácteos canadienses no pueden ser comparados de manera directa con los cultivos de rosas u otros, por tratarse de productos elaborados y no materias primas, cuya huella será probablemente mayor.

La replicabilidad del presente estudio puede considerarse muy alta, por ser las dos metodologías seleccionadas las más aceptadas y utilizadas a nivel internacional (Patchell 2018; Soode *et al.* 2015; Dias y Arroja 2012). García y Freire (2014) compararon cuatro metodologías: las dos de este estudio, la ISO/TS 14067 y la *Climate Declaration*. Sus conclusiones resaltaron que las diferencias en los resultados de HC estaban dominadas por la inclusión o no de los datos del CO₂ biogénico. Sostuvieron, además, que los resultados de *GHG Protocol*, PAS 2050 e ISO/TS 14067 eran similares porque incluían explícitamente el CO₂ biogénico en sus cálculos, mientras que *Climate Declaration* no lo contabilizaba, lo cual suponía un sesgo a la hora de comparar sus resultados con los de las otras. En Ecuador aún no se ha establecido una metodología nacional de referencia a la hora de calcular la HC, por lo que se considera adecuado aplicar metodologías internacionales. En este artículo, los resultados con *GHG Protocol* y PAS 2050 han coincidido. Sin embargo, en términos prácticos, los cálculos a realizar con la segunda resultan más rápidos y directos, pues no requiere la clasificación por tipos de alcances y evita, así, posibles errores en la doble contabilidad de emisiones. Además, visualizar los resultados con PAS 2050 es más sencillo porque muestra directamente las actividades principales, al no estar agrupadas por alcances.

En todo caso, los requisitos imprescindibles para replicar y comparar resultados incluyen: aplicar la misma metodología o metodologías, que contemplen el cálculo de los mismos aspectos o inventario de datos; utilizar idénticos factores de emisión en el cálculo; considerar límites del sistema equivalentes e iguales unidades funcionales o, en su defecto, que estas puedan ser transformadas.

En cuanto a la representatividad de los resultados para el país, si bien proceden de un caso de estudio en el que la empresa analizada constituye menos del 0,8% del total producido en el país durante 2015, los sistemas de producción de Ecoroses se asemejan en gran medida a los de la mayor parte de las florícolas ecuatorianas (Acción Ecológica

2000), especialmente en cuanto al consumo de electricidad y el elevado uso de fertilizantes, principales fuentes de GEI.

Los factores primordiales que suelen variar de una florícola a otra, responsables de obtener HC diferentes para otras empresas de cultivo de rosas son:

- Los años de establecimiento de la plantación, que condiciona los valores del cambio de uso del suelo y la captación de carbono. De ese modo, las plantaciones más jóvenes presentarían una HC más alta.
- El uso e intensidad de uso de calefacción en la plantación, que es probablemente la principal fuente de consumo de combustibles en fuentes fijas (bunker). Esto ocasionaría que las florícolas ubicadas en zonas más frías de Ecuador, como Mejía o Cotopaxi, obtuvieran una HC mayor que las ubicadas en regiones más cálidas, como Cayambe, que por lo general no usan calefacción.

Estas diferencias fueron las observadas en la comparación con los resultados de Parrado (2011) sobre Colombia. El presente estudio supone un aporte clave al conocimiento, por ser pionero en el cálculo de la huella de carbono de la producción de rosas en Ecuador. Además, presenta alta replicabilidad metodológica y una adecuada representatividad debido a la similitud en los sistemas de producción. Sin embargo, para obtener más evidencias sobre la representatividad de los resultados a nivel nacional, se recomiendan estudios futuros sobre huella de carbono en otras florícolas de Ecuador, con las mismas consideraciones metodológicas, tomando como muestras plantaciones con diferente edad, con y sin calefacción, con y sin uso de fertilizantes orgánicos, y con tamaños diversos. Eso permitiría evaluar la influencia de cada uno de estos factores en la huella de carbono final.

Propuesta de buenas prácticas ambientales para reducir las emisiones de GEI en Ecoroses S.A.

Con base en los resultados, prestando especial atención a las tres fuentes principales de emisión, se realiza una propuesta de buenas prácticas ambientales para reducir la huella de carbono de la empresa Ecoroses S.A. Se consideran las condiciones específicas de cultivo y por tanto, la viabilidad de implementar dichas propuestas en la empresa.

Puesto que los productos agrícolas o fertilizantes son la mayor fuente de emisión de GEI en Ecoroses S.A., con el 37,7% del total, y que el nitrato de calcio es el producto

que más GEI emite (989,19 tCO₂), la primera propuesta de gestión ambiental pretende reducir la HC asociada a los fertilizantes. Para ello se propone la combinación de tres alternativas: uso de organismos fijadores de nitrógeno, aplicación de mantillo y uso de aguas residuales o biofertilizantes. La utilización de cepas de bacterias fijadoras de nitrógeno tales como *Rhizobium*, *Bacillus*, *Clostridium* y *Agrobacterium*, que intervienen en el proceso de simbiosis de plantas leguminosas, supondría una fuente de nitrógeno alternativa a los fertilizantes de origen químico (Peoples, Herridge y Ladha 1995; Giller y Cadisch 1995; Herridge, Peoples y Boddey 2008; Laloum *et al.* 2014). Aplicar mantillo al cultivo, como abono natural resultante de la descomposición y fermentación de restos vegetales, compost y estiércol, proporcionaría fertilizantes naturales al suelo, mantendría su temperatura y humedad, y evitaría su degradación. De esa manera, se pueden mitigar hasta 0,33 tCO₂eq/ha por año (Ministerio del Ambiente 2015). Otra alternativa al uso de fertilizantes químicos son las aguas residuales, ricas en amoníaco y fosfatos. Sin embargo, es clave que sean previamente tratadas y manejadas para salvaguardar la salud pública (Silva, Torres y Madera 2008). Con tal fin, se utilizan reactores para cristalizar los fertilizantes que contienen, a través del tratamiento de fangos biológicos producidos durante la depuración (El Diwani *et al.* 2007). Espinoza *et al.* (2009) afirman que en Ecuador es una alternativa viable elaborar biofertilizantes líquidos a partir de estiércol vacuno y caprino.

El uso de energía eléctrica de fuentes no renovables es la segunda fuente de emisión de Ecoroses, al contribuir a la huella de carbono con el 13,43%. Por ende, se propone mitigarlo mediante el empleo de fuentes de energía renovables y un plan de ahorro energético. Aunque solo el 8,23% de la energía consumida en las empresas de Ecuador es renovable, la generada por biomasa es la más comúnmente utilizada, con el 83,4% (INEC 2016b). Esta sería una buena alternativa para Ecoroses, que podría aprovechar la biomasa vegetal o seca (troncos, ramas, tallos, frutos y residuos vegetales) producida como residuo del cultivo de rosas. La energía contenida en la biomasa seca es de fácil aprovechamiento a través de procesos termoquímicos como combustión, pirólisis y gasificación. La biomasa es quemada en calderas y, de manera simultánea, se generan cenizas como subproducto, útiles para abonar (Ferreira *et al.* 1995). La colocación de placas fotovoltaicas en la cubierta de la empresa, para aprovechar la energía solar, parece ser una alternativa más complicada, debido al mayor costo de instalación. Modificar el

origen de la energía eléctrica puede suponer una alta inversión para una empresa de tamaño pequeño-medio como Ecoroses S.A., sin embargo, la florícola puede concentrar sus esfuerzos en medidas de eficiencia y ahorro energético para reducir sus emisiones correspondientes al alcance 2. Esto incluiría un plan de iluminación eficiente, con la instalación de focos fluorescentes compactos (LFC) en toda la empresa. Se implementaría, además, un programa para que los electrodomésticos utilizados correspondan a la clase A, tecnología más eficiente, que consume solo un 55%, en relación con uno de tipo medio (Álvarez 2015; Jacob *et al.* 2012).

La compra y el uso de combustibles fósiles representan el tercer rubro en la huella de carbono de Ecoroses, superando el 10% de las emisiones de GEI. Esto obedece, sobre todo, a la gran cantidad de *bunker fuel oil* (134.162,56 litros/año) utilizado en el caldero para incrementar la temperatura de los invernaderos. Por tal razón, se recomienda reducir el uso de combustibles fósiles y tratar de sustituirlos progresivamente por biocombustibles como la gasolina Ecopaís, con el 5% de etanol de caña de azúcar, o el biocombustible de palma aceitera (PROECUADOR 2013), ambos disponibles en Ecuador.

Los productos fitosanitarios son responsables de cerca del 3% de la HC de Ecoroses S.A., por lo que otra medida de gestión ambiental sería implementar un manejo ecológico de plagas y enfermedades, que reduciría el uso de fitosanitarios y, a la vez, evitaría la contaminación de suelos y agua (Ministerio del Ambiente 2015). Por su parte, el transporte internacional supone el 3,39% de la HC, debido a que los productos agrícolas y fitosanitarios son importados en un 95%. Por ello, reducir su empleo disminuiría también la huella derivada del transporte internacional. A la par de las medidas anteriores, es importante que no solo Ecoroses, si no cualquier agroindustria de rosas, promueva actividades que permitan capturar carbono, como la reforestación de zonas degradadas.

Cada empresa productora y exportadora de rosas requiere un análisis detallado de costo-beneficio que incluya aspectos medioambientales. Sin embargo, dado que sus sistemas de producción suelen ser similares, implementar estas medidas de reducción de GEI ayudaría a las florícolas, en general, a mejorar su competitividad y a asegurar la preferencia de sus clientes, en especial para ingresar a los mercados internacionales. Calcular y reducir la huella de carbono supone un avance significativo en la gestión ambiental y, además, permite disminuir el riesgo de enfrentar barreras proteccionistas en

los principales mercados de destino de las exportaciones en países industrializados (CEPAL 2012).

Conclusiones

La huella de carbono del cultivo de rosas en la empresa ecuatoriana Ecoroses S.A. es de 3,75 kg CO₂eq/kg de rosa exportada para el año 2015. El resultado se obtiene al aplicar tanto la metodología *GHG Protocol* como la PAS 2050. Las tres fuentes de emisión que más gases de efecto invernadero aportan son: el uso o quema de combustibles fósiles, con el 10,95%, el consumo de energía eléctrica, con el 13,3%, y los productos agrícolas o fertilizantes, con el 37,7%. Entre estos últimos destaca el nitrato de calcio, que por sí solo supone el 22,75% del total de las emisiones.

La huella de carbono de Ecuador coincide con la de Colombia (Parrado 2011) en identificar los fertilizantes como punto crítico. Sin embargo, la del primer país es 1,45 veces más alta, por ser una plantación con menos años de establecimiento y tener un mayor consumo de combustibles debido a los invernaderos, además de algunas diferencias metodológicas.

Respecto a las huellas de carbono de otros productos de exportación ecuatorianos, la HC de la producción de rosas duplica la del cacao seco, es más de 8 veces mayor que la del banano y 235 veces mayor que la de la palma africana. Por el contrario, la HC de las rosas ecuatorianas es 2 y ~2,7 veces menor que la de la mantequilla y la leche en polvo de Canadá, respectivamente, ya que estos son productos elaborados.

Debido a la elevada huella de carbono del cultivo de rosas, se realizó una propuesta de buenas prácticas ambientales para reducir los GEI derivados de sus principales fuentes de emisión. Esta comprende: la utilización de fertilizantes orgánicos y organismos fijadores de nitrógeno y de biomasa, como fuente de energía, el ahorro energético mediante LFC y electrodomésticos clase A, y la sustitución por biocombustibles.

Bibliografía

Acción Ecológica. 2000. “Las Flores y sus espinas: Impactos Sociambientales de los Cultivos de Flores”. *Acción Ecológica* 6-11.

- Álvarez Abad, Diego Mauricio. 2015. “Evaluación de los impactos en el consumo de energía eléctrica asociados al uso de refrigeradores eficientes en el Ecuador: Programa Renova Refrigerador”. Tesis de grado por la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca.
- ASIPLA. 2010. “Análisis del Impacto de los Gases de Efecto Invernadero en el Ciclo de Vida de los Embalajes y Otros Productos Plásticos en Chile V1.0”, http://www.acoplasticos.org/boletines/2011/Noticias_Ambientales_2011_04Julio/ASIPLA_Huella_de_Carbono.pdf
- Asociación Española para la Calidad. 2013. “Huella de Carbono”, http://www.aec.es/c/document_library/get_file?uuid=c25fc97e-13e8-47b1-bd9d-1d2a28a50e9f&groupId=10128
- Banco Central del Ecuador. 2016. “Información Estadística Mensual N1970, Abril 2016”, <http://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/bolmensual/IEMensual.jsp>
- Bonilla, Omar, Paola Maldonado, Manuel Silveira y Manuel Bayón. 2016. “Nudos territoriales críticos en Ecuador: dinámicas, cambios y límites en la reconfiguración territorial del Estado”. *Geographos* 7: 66-103.
- BSI (British Standards Institute). 2008. “PAS 2050: Specification for the assessment of the life cycle greenhouse emissions of goods and services”, <http://www.bsigroup.com/en/Standards-and-Publications/Industry-Sectors/Energy/PAS-2050>
- CAF, CORPEI y PROECUADOR. 2016. *Memoria de proyecto: Medición de la Huella de Carbono de las exportaciones de alimentos en Ecuador. Diciembre 2014-enero 2016*. Bogotá: CAF.
- CEPAL. 2012. “Huella Ambiental en las exportaciones de alimentos de América Latina: normativa internacional y prácticas empresariales”, http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4083/S2013303_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Dias, Ana Cláudia, y Luís Arroja. 2012. “Comparison of methodologies for estimating the carbon footprint—case study of office paper”. *Journal of Cleaner Production* 24: 30-35.

- Ecoinvent. 2012. "Field application of Calcium nitrate", <https://ecoquery.ecoinvent.org/Details/UPR/48e2ca2b-1dc0-44c7-ade9-76992755674c/8b738ea0-f89e-4627-8679-433616064e82>
- Ecoinvent System Processes. 2016. "Ecoinvent", <http://www.ecoinvent.org>
- Echeverría Llumipanta, Neptalí Armando. 2014. "Generación de una metodología local para el cálculo de la huella de carbono de la producción de aceite crudo y refinado de palma elaborado en Ecuador". Tesis de maestría de la Universidad Internacional SEK del Ecuador.
- Ecuador Oficial. 2015. "Las flores abundan en el Ecuador", <http://www.ecuador.com/espanol/blog/las-flores-abundan-en-el-ecuador/>
- El Comercio. 2015. "El 2015 es un año de ajustes para el Sector floricultor ecuatoriano". 8 de febrero, sección Líderes.
- El Diwani, G., S. El Rafie, N. N. El Ibiari y H. I. El-Aila. 2007. "Recovery of ammonia nitrogen from industrial wastewater treatment as struvite slow releasing fertilizer". *Desalination* 214 (1-3): 200-214.
- Espíndola, César, y José Valderrama. 2012. "Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas". *Información tecnológica* 23 (1): 163-176.
- Espinoza, Yusmary, Marcos Hernández, Teresa Barrera y Nelson Obispo. 2009. "Efecto de la alimentación animal sobre la calidad microbiológica de estiércoles usados como fertilizantes". *Zootecnia Tropical* 27 (2): 151-161.
- Expoflores. 2015. "Informe de los Principales Exportadores de Flores 2015", <http://es.slideshare.net/florecuador/informe-principales-exportadores-de-flores-2015>
- Ferreira, Carlos Alberto, Helton Damin da Silva, Antonio Francisco J. Bellote, Guilherme de Castro Andrade y Luiz Moro. 1995. "Efecto de la aplicación de ceniza y residuo de celulosa en la descomposición y liberación de nutrientes de la hojarasca en plantaciones de *Eucalyptus grandis*". *Bosque, Valdivia* 16 (1): 101-104.
- García, Rita, y Fausto Freire. 2014. "Carbon footprint of particleboard: a comparison between ISO/TS 14067, GHG Protocol, PAS 2050 and Climate Declaration". *Journal of cleaner production* 66: 199-209.

- GHG Protocol. 2011. “Quantifying the Greenhouse Gas Emissions of Products PAS 2050 & the GHG Protocol Product Standard”, <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/GHG%20Protocol%20PAS%202050%20Factsheet.pdf>
- Giller, Ken E., y George Cadisch. 1995. *Management of biological nitrogen fixation for the development of more productive and sustainable agricultural systems*. Netherlands: Springer.
- Gutiérrez, Fernando y Laura Montoya. 2014. “La huella de Carbono como herramienta para lograr una producción sostenible en un cultivo de flores ubicado en la Sabana de Bogotá-Colombia”. *Revista de Tecnología* 13: 73-86.
- Herridge, David, Mark Peoples, y Robert Boddey. 2008. “Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems”. *Plant and Soil* 311(1-2): 1-18.
- Inamhi. 2015. “Emas”, <http://186.42.174.236/InamhiEmas/#>
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2016a. “Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua”, http://www.ecuadorencifras.gob.ec//documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2014-2015/2015/Presentacion%20de%20resultados%20ESPAC_2015.pdf
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2016b. “Información Ambiental Económica en Empresas”, http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas_Ambientales/EMPRESAS/Empresas_2015/Presentacion_Modulo_Ambiental_Empresas_2015.pdf
- IPCC. 2006. “Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases Efecto Invernadero”, [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish\(pdf/2_Volumen2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish(pdf/2_Volumen2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf)
- IPCC. 2014. “Cambio Climático 2014- Mitigación del Cambio Climático”, https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/WG3AR5_SPM_brochure_es.pdf
- Jacob, S. B., Strack, J. L., Branda, J., Suárez, J. A., & Grupo, L. A. T. 2012. “Evaluación del Consumo Eléctrico en el Sector Residencial de Mar del Plata. Propuestas de

- Ahorro y Eficiencia Energética”. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 16: 06-65.
- Jianyi, Lin, Hu Yuanchao, Cui Shenghui, Kang Jiefeng y Xu Lilai. 2015. “Carbon footprints of food production in China (1979–2009)”. *Journal of Cleaner Production* 90: 97-103
- Laloum, Tom, Mäel Baudin, Lisa Frances, Agnes Lepage, Benjamin Billault-Penneteau, Marion R. Cerri y Andreas Niebel. 2014. “Two CCAAT-box-binding transcription factors redundantly regulate early steps of the legume-rhizobia endosymbiosis”. *The Plant Journal* 79 (5): 757-768
- Ministerio del Ambiente. 2009. “Decreto Ejecutivo 1815_Rafael Correa Delgado”, http://www.flacsoandes.edu.ec/web/imagesFTP/11120.PDF_DECRETO_1815_Declaración_de_politica_de_estado_la_adaptación_y_mitigacion_al_cambio_climatico_Direccion_de_Cambio_Climatico.pdf
- Ministerio del Ambiente. 2012. “Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador”, http://www.amazonia-andina.org/sites/default/files/estrategia_nacional_de_cambio_climatico.pdf
- Ministerio del Ambiente. 2013. “Factor de Emisión de CO₂ del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador”, <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/03/Factor-de-emisi%C3%B3n-2013-Publicado.pdf>
- Ministerio del Ambiente. 2015. *Cambio Climático y Uso de la Tierra*. Quito: Ministerio del Ambiente.
- Mujica, María, Gabriel Blanco, y Estela Santalla. 2016. “Carbon footprint of honey produced in Argentina”. *Journal of Cleaner Production* 116: 50-60.
- Naciones Unidas. 2015. “Convención Marco sobre el Cambio Climático”, <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/109s.pdf>
- Pandey, Divya, Madhoolika Agrawal y Jai Pandey. 2010. “Carbon footprint: current methods of estimation”. *Environmental Monitoring and Assessment* 178 (1-4): 135-160.
- Parrado, Carmen. 2011. “Huella de Carbono en cadenas de suministros de flores de corte colombianas, rosas y claveles, para mercados internacionales”. *Asocolflores* 77 : 1-9.

- Patchell, Jerry. 2018. "Can the implications of the GHG Protocol's scope 3 standard be realized?". *Journal of Cleaner Production* 185: 941-958.
- Peoples, Mark, David Herridge, y Jagdish Ladha. 1995. "Biological nitrogen fixation: an efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production?". *Plant and soil* 174 (1-2): 3-28.
- Plassmann, Katharina, Andrew Norton, Nicola Attarzadeh, Michael F. Jensen, Paul Brenton y Gareth Edwards-Jones. 2010. "Methodological complexities of product carbon footprinting: a sensitivity analysis of key variables in a developing country context". *Environmental Science & Policy* 13 (5): 393-404.
- PROECUADOR. 2013. "Biocombustibles", <http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2015/06/Perfiles-de-Inversiones-Promocion-de-Inversiones/Perfiles-de-Inversion/Biocombustibles.pdf>
- PROECUADOR. 2015. "Exportadores", http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/07/PROEC_AS2013_FLORES.pdf
- Reglamento Europeo. 2014. "Guía práctica de aplicación para instaladores de la refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor", [http://www.cni-instaladores.com/volcado/Mailing/Reglamento%20Europeo%20%20GF%202015%20-%20Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20aplicaci%C3%B3n\(1\)_2_2_2_2.pdf](http://www.cni-instaladores.com/volcado/Mailing/Reglamento%20Europeo%20%20GF%202015%20-%20Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20aplicaci%C3%B3n(1)_2_2_2_2.pdf)
- Rivera-Méndez, Yurani Dayanna, Daysi Tatiana Rodríguez y Hernán Mauricio Romero. 2017. "Carbon footprint of the production of oil palm (*Elaeis guineensis*) fresh fruit bunches in Colombia". *Journal of Cleaner Production* 149: 743-750.
- Rspo GHG Work Group. 2012. "Working Groups", <https://www.rspo.org/about/who-we-are/working-groups>
- Russo, Giovanni, Patrizia Buttol, y Mario Tarantini. 2007. "LCA (Life Cycle Assessment) of roses and cyclamens in greenhouse cultivation". Ponencia presentada en el *International Symposium on High Technology for Greenhouse System Management: Greensys 2007 801*, Naples, Italy.
- Russo, Giovanni, y Bárbara De Lucia Zeller. 2008. "Environmental evaluation by means of LCA regarding the ornamental nursery production in rose and sowbread greenhouse cultivation". Ponencia presentada en el *International Symposium on High Technology for Greenhouse System Management: Greensys 2007 801*, Naples, Italia.

- Sahle, Abiy, y José Potting. 2013. "Environmental life cycle assessment of Ethiopian rose cultivation". *Science of the total environment* 443: 163-172.
- SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo). 2014. "Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017", <http://www.buenvivir.gob.ec/>
- Silva, Jorge, Patricia Torres y Carlos Madera. 2008. Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. *Agronomía Colombiana* 26 (2): 347-349.
- Soode, Eveli, Paul Lampert, Gabriele Weber-Blaschke y Klaus Richter. 2015. "Carbon footprints of the horticultural products strawberries, asparagus, roses and orchids in Germany". *Journal of Cleaner Production* 87: 168-179.
- Universidad Santiago de Compostela. 2009. "Metodología para el Cálculo de huella Ecológica en Universidades", http://www.conama9.conama.org/conama9/download/files/CTs/987984792_NL%F3pez.pdf
- Vergé, Xavier P. C., Dominique Maxime, James A. Dyer, Raymond L. Desjardins, Yves Arcand y Andrew Vanderzaag. 2013. "Carbon footprint of Canadian dairy products: Calculations and issues". *Journal of dairy science* 96 (9): 6091-6104.
- Victoria E. P. A. 2013. *Greenhouse Gas Emission Factors for Office Copy Paper*. Carlton: EPA Victoria.
- Williams, Adrian. 2007. "Comparative Study of Cut Roses for the British Market Produced in Kenya and the Netherlands. Précis Report for World Flowers", http://www.fcrn.org.uk/sites/default/files/Cut_roses_for_the_British_market.pdf
- World Resources Institute. 2004. "A Corporate Accounting and Reporting Standar", <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/ghg-protocol-revised.pdf>
- Xu, Xiaoming, Bo Zhang, Yong Liu, Yanni Xue y Binsheng Di. 2013. "Carbon footprints of rice production in five typical rice districts in China". *Acta Ecologica Sinica* 33 (4): 227-232.