

Determinación de las emisiones GEI en la cadena productiva de café en Tercer Frente, Santiago de Cuba¹

Ramón Antonio Ramos-Navas*, Adolfo Ramos-Marzan*, María Esther González-Vega**, Humberto Vázquez-López* y Arturo Jordán-Michel***

Resumen

El cambio climático, también conocido como calentamiento global, es uno de los grandes desafíos que enfrenta la humanidad. Esta investigación tuvo como objetivo estimar el balance de emisión de gases con efecto invernadero (GEI) en la producción de café en el municipio de Tercer Frente, Santiago de Cuba, con base en las directrices del IPCC (2006). Se realizaron entrevistas y revisión de documentación (facturas del servicio de electricidad, hojas de rutas, planes de trabajo) para conocer los insumos empleados en las diferentes actividades agrotécnicas realizadas en la producción y el procesamiento del café. Las preguntas realizadas estuvieron dirigidas a determinar el consumo de energía eléctrica, combustibles fósiles (gasolina y diésel), fertilizantes (sintético y orgánico) y sacos plásticos para envase de café. También se identificaron los factores de emisión por fermentación entérica. Se lograron criterios de personas con experiencias en el cultivo y procesamiento. La huella del carbono (HC) de 0,18 kg CO₂e/kg café cereza (cc) en Tercer Frente, es baja en comparación con resultados reportados por la bibliografía en diferentes países. El total promedio de las emisiones ascendió a 1 291 398,06 kg CO₂e. Durante el cultivo del café se generan las mayores emisiones de GEI comparado con el procesamiento, y la actividad que más emite GEI en la cadena productiva de café en Tercer Frente es la fertilización nitrogenada (55,8 % del total de emisiones de CO₂).

Palabras clave: cambio climático, carbono, emisiones, café.

Abstract

The climatic change also well-known as global heating it is one of the big challenges that the humanity faces. This investigation had as objective to estimate the balance of emission of gases with effect hothouse (GEI) in the coffees production in Tercer Frente municipality, Santiago de Cuba with base in the guidelines of the IPCC 2006. They were carried out interviews and documentation revision (bill of the electricity service, leaves of routes, work plans) to know the inputs used in the different agro-technique activities carried out in the production and the coffee processing. The questions carried out were directed to determine the consumption of: electric power, fossil fuels (gasoline and diesel), fertilizers (synthetic and organic) and plastic sacks for coffee container. Also, the emission factors were identified by internal fermentation. People's approaches were achieved with experiences in the cultivation and processing. The print of the carbon (HC) de 0.18 kg CO₂e/kg coffee cherry (cc) in Tercer Frente it is low in comparison to results reported by the bibliography in different countries. Total emissions average it ascended to 1.291.398,06 kg CO₂e. During the cultivation of the coffee the biggest emissions in GEI are generated compared with the processing and the activity that more GEI emits in the productive chain of coffee in Tercer Frente it is the nitrogenous fertilization (55.8 % of the total of emissions of CO₂).

Key words: climatic change, carbon, emissions, coffee.

¹ Recibido: 9/3/2017

Aprobado: 15/12/17

*UCTB Estación Experimental Agro-Forestal III Frente. INAF. Santiago de Cuba. genetica1@tercerfrente.inaf.co.cu

**Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Gaveta postal 1, San José de las Lajas, Cuba. esther@inca.edu.cu

***CUM Tercer Frente, Santiago de Cuba

Introducción

El ciclo del carbono en el planeta consta de fuentes y sumideros. Las principales fuentes de emisión son la industria y los medios de transporte, que emplean combustibles fósiles, las actividades agroforestales, que disminuyen su cantidad en la flora y el suelo a la vez que influyen en el calentamiento global.

Como consecuencia de la presencia en la atmósfera de dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4) y vapor de agua, la radiación que rebota de nuevo a la atmósfera se intercepta y se absorbe, lo que resulta en un calentamiento natural de la superficie de la tierra y la atmósfera inferior. Sin la presencia de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, la superficie del planeta sería aproximadamente de 15 a 30 °C más fría que la temperatura promedio de 15 °C (Houghton, 1997).

Las emisiones de gases de efecto invernadero se consideran como la masa total de GEI liberados a la atmósfera durante un período determinado de tiempo. Las emisiones directas de gases de efecto invernadero son las emisiones de gases de efecto invernadero que provienen de fuentes que son propiedad o controlados por la entidad que informa (GHGprotocol.org). Las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero son consecuencia de las operaciones, pero se producen a partir de fuentes propias o controladas por otra entidad, por ejemplo, los GEI, consecuencia de la importación de energía eléctrica o alimentos importados para el ganado (Jaramillo, 2015).

La mitigación del cambio climático es prioritaria para la mayoría de los países del mundo, y sus contribuciones pueden ser recompensadas. Muchos son los proyectos que pueden generar reducciones/remociones de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y recibir un reconocimiento monetario por este servicio. El aumento de la cobertura vegetal a través de sistemas agroforestales remueve CO_2 de la atmósfera a través del proceso de fotosíntesis, mientras que la biomasa y los residuos de biomasa usados para la generación de energía reducen las emisiones GEI por la sustitución de combustibles fósiles (Salinas y Hernández, 2008).

Las tendencias a nivel internacional reflejan que el valor que está dispuesto a pagar de más un consumidor de café especial está dado no solamente por algunas características sensoriales que lo diferencia de los cafés convencionales, sino también por una segunda exigencia que es cada día mayor (la producción de una taza

sostenible y amigable con el medio ambiente), de la cual se conoce muy poco en Cuba, sobre todo en estimación del balance de emisión y fijación de GEI en los procesos de producción del café.

Entre los elementos que provocan emisiones en café están pérdida de la biomasa del cafeto, fertilización, aplicaciones de enmiendas y materia orgánica.

La forma más común para suplir los requerimientos nutricionales del cultivo de café son las aplicaciones de fertilizantes sintéticos y orgánicos, que en su mayoría se utilizan sin el apoyo de un análisis químico de fertilidad del suelo y una correcta interpretación de este, con base a la densidad aparente de los suelos.

Esta investigación tuvo como objetivo estimar el balance de emisión de GEI en la producción de café en el municipio de Tercer Frente, Santiago de Cuba, con base en las directrices del IPCC (2006).

Materiales y métodos

Las emisiones GEI en la cadena productiva de café en Tercer Frente se calcularon en las actividades desarrolladas en las plantaciones y en el procesamiento del grano con base en las directrices del IPCC (2006) con un nivel 1 (Fig. 1). Las emisiones de carbono se basaron en sistemas de producción de café ya establecidos.

Las plantaciones de café en el municipio abarcan unas 8000 ha en producción y se encuentran en sistemas agroforestales con una o varias de las siguientes especies arbóreas: *Gliricidia sepium* Jacq Kunth ex Walp (piñón florido, júpiter, bien vestido), *Samanea samán* (algarrobo).

El procesamiento del grano se realiza en un centro de beneficio seco, 20 centros de beneficio húmedo, de los cuales siete son ecológicas, 76 000 m² patios de secados, cinco silos secadores y diez guardiolas.

Se realizaron entrevistas y revisión de documentación (facturas del servicio de electricidad, hojas de rutas, planes de trabajo) para conocer los insumos empleados en las diferentes actividades agrotécnicas realizadas en la producción y el procesamiento del café. Las preguntas realizadas estuvieron dirigidas a determinar el consumo de energía eléctrica, combustibles fósiles (gasolina y diésel), fertilizantes (sintético y orgánico) y sacos plásticos para envase de café. También se identificaron los factores de emisión por fermentación entérica. Se lograron criterios de personas con experiencias en el cultivo y procesamiento.

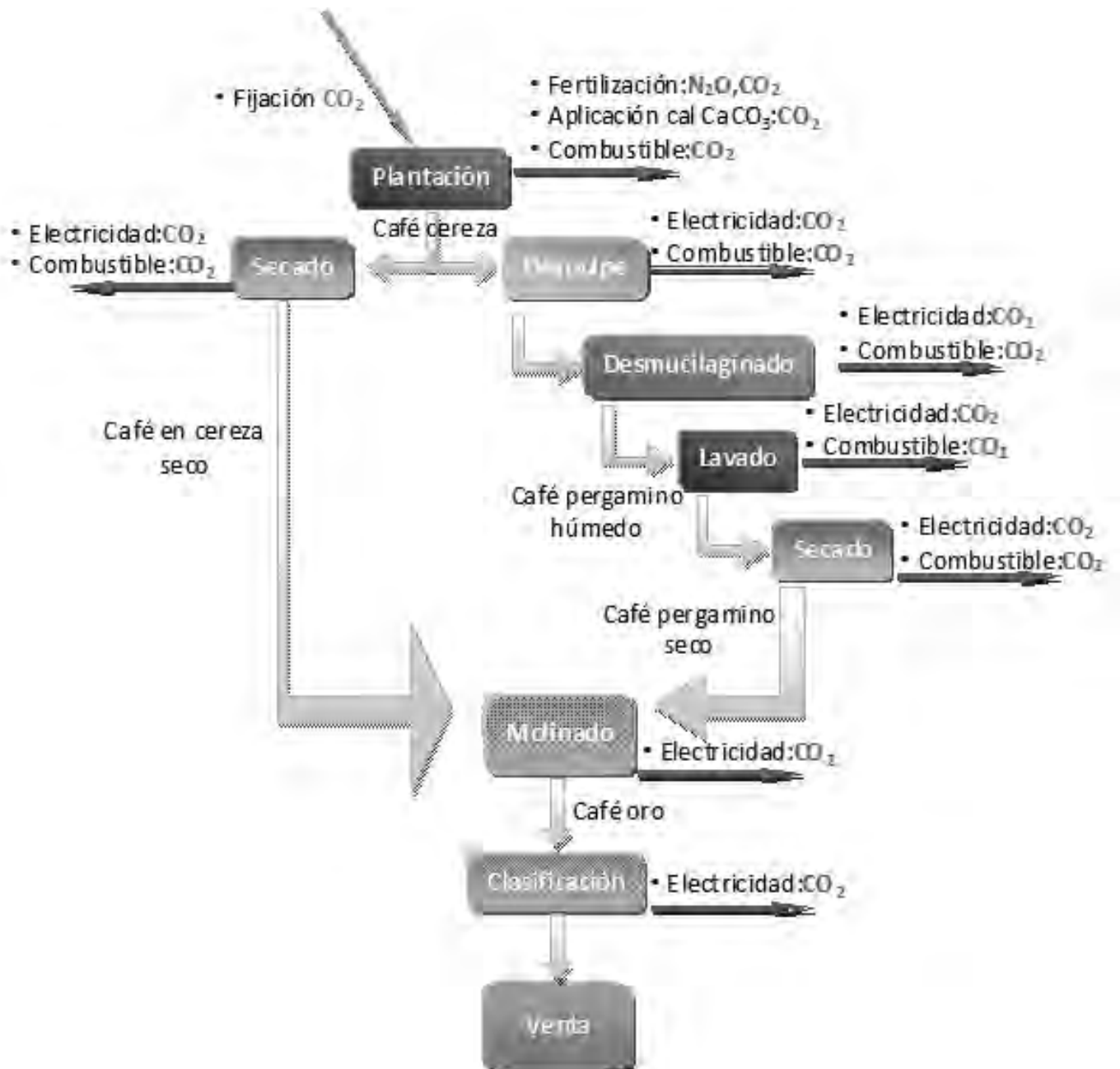


Fig. 1. Cadena productiva del café y emisiones de GEI en Tercer Frente.

Las actividades consideradas como emisoras de GEI en las plantaciones y en el procesamiento fueron:

- *Aplicación de fertilizantes:* Se determinó la cantidad de nitrógeno aplicada anualmente a las plan-

taciones de café a partir de todos los fertilizantes nitrogenados utilizados, y en el caso de los orgánicos se estimó el 2 % de N (IPCC, 2006). Para la aplicación de nitrógeno se consideró un factor de emisión de 0,0125 kg $\text{N}_2\text{O}/\text{kg N}$ (IPCC, 2006).

a) Emisiones anuales de N₂O por aplicación de fertilizantes

$$N_2O = (F_{SN} + F_{ON})EF$$

$$F_{SN} = N_{SF}(1 - FRAC_{GASF})$$

$$F_{ON} = N_{ON}(1 - FRAC_{GASM})$$

donde:

N_2O : Emisiones directas de como resultados de fertilización en el año t.

F_{SN} : Cantidad anual de fertilizante sintético ajustado por volatilización como NH₃ y NO_x en el año.

F_{ON} : Cantidad anual de fertilizante orgánico ajustado por volatilización como NH₃ y NO_x en el año.

EF : Factor de emisión por entrada de nitrógeno: 0,0125 (IPCC).

N_{SF} : Cantidad anual de fertilizante nitrogenado sintético aplicado en el año.

N_{ON} : Cantidad anual de fertilizante nitrogenado orgánico aplicado en el año.

$FRAC_{GASF}$: Fracción de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como NH₃ y NO_x (IPCC = 0,1).

$FRAC_{GASM}$: Fracción de fertilizantes orgánicos que se volatiliza como NH₃ y NO_x (IPCC = 0,2).

En el cálculo de los fertilizantes orgánicos, a excepción del de animales en pastoreo, se tuvieron en cuenta la cantidad total anual de estiércol animal orgánico aplicado a los suelos, compost y otros abonos orgánicos utilizados como fertilizantes (desechos, pulpa de café, pergamino de café, entre otros).

b) Emisiones anuales de carbono por aplicación de fertilizantes

$$CO_2 = (F_{SN} + F_{ON})EF \frac{44}{28} GWP_{N_2O}$$

$$F_{SN} = N_{SF}(1 - FRAC_{GASF})$$

$$F_{ON} = N_{ON}(1 - FRAC_{GASM})$$

donde:

CO_2 : Emisiones equivalentes de como resultados de fertilización en el año t.

F_{SN} : Cantidad anual de fertilizante sintético ajustado por volatilización como NH₃ y NO_x en el año.

F_{ON} : Cantidad anual de fertilizante orgánico ajustado por volatilización como NH₃ y NO_x en el año t.

EF : Factor de emisión por entrada de nitrógeno: 0,0125 (IPCC).

N_{SF} : Cantidad anual de fertilizante nitrogenado sintético aplicado en el año t.

N_{ON} : Cantidad anual de fertilizante nitrogenado orgánico aplicado en el año t.

$FRAC_{GASF}$: Fracción de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como NH₃ y NO_x (IPCC = 0,1).

$FRAC_{GASM}$: Fracción de fertilizantes orgánico que se volatiliza como NH₃ y NO_x (IPCC = 0,2).

GWP_{N_2O} : Potencial de calentamiento global para (IPCC = 310).

$\frac{44}{28}$ Proporción entre los pesos moleculares de N₂O y N.

- *Uso de combustibles fósiles*: Se estimaron los volúmenes de combustibles fósiles utilizados en las tecnificaciones de las plantaciones de café (renovación, poda, regulación de sombra), en el transporte de los frutos de café, personal, insumos, así como en el procesamiento. Se preguntó por la cantidad de combustibles fósiles utilizados en todas las etapas de la cadena de producción del café en Tercer Frente. Para el cálculo se tuvo en cuenta el tiempo de trabajo o la distancia recorrida y la eficiencia del uso de combustibles fósiles de los equipos utilizados. Los factores de emisión utilizados fueron de 2,83 y 2,33 kg CO₂e/L de diésel y gasolina, respectivamente (IPCC, 2006).
- *Uso de electricidad*: Se estimó la cantidad de electricidad utilizada en el procesamiento de café. Se empleó un factor de emisión de 0,60 t CO₂/MWh.
- *Emisiones por fabricación de sacos plásticos para café*: Se revisaron los registros de entrega de sacos plásticos para café. Se determinó el peso medio de un saco y se multiplicó por el número total de sacos utilizados. El factor de emisión por fabricación utilizado fue de 6 kg de CO₂e/kg de plástico (Timeforchange, 2017). Los cálculos se muestran en la siguiente ecuación.

$$CO_2 = m \cdot FE$$

donde:

CO_2 : Emisión por fabricación de sacos (kgCO₂/kg sacos plásticos).

m : Masa total de sacos utilizados en el año (kg).

FE : Factor de emisión.

- *Emisiones de metano por fermentación entérica*: Para estimar la emisión total, los factores de emisión seleccionados se multiplican por la población animal asociada:

$$CH_{4\text{Entérica}} = FE_{(T)} \cdot N_{(T)}$$

donde:

$CH_{4\text{Entérica}}$: Emisiones de metano por fermentación entérica, kg CH_4 año⁻¹.

FE : Factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH_4 cabeza⁻¹ año⁻¹.

N : Cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría del país.

T : Especie/categoría de ganado.

Los factores de emisión (kg CH_4 cabeza⁻¹ año⁻¹) por fermentación entérica para el método de nivel 1 utilizados se muestran a continuación: ovinos y caprinos, cinco; equinos, dieciocho; mulas y asnos, diez.

La capacidad de calentamiento del CH_4 y N_2O fue usada para estimar las emisiones en términos de CO_2e : 21g CO_2e/g CH_4 y 310 g CO_2e/g N_2O (IPCC, 2006).

Las emisiones totales generadas y por actividad se dividieron con el volumen total de café producido en el

año en el municipio, para calcular la emisión promedio que genera producir 1,0 kg de café.

Resultados y discusión

En la producción y venta de café cereza se identificó un único trayecto (los cooperativistas, campesinos y obreros producen y cosechan el café cereza en la finca y lo transportan fresco a un centro de acopio y procesamiento (despulpadora); sin embargo, dos rutas fueron determinadas durante el beneficio del grano: 1) secado directo del café cereza de forma natural (luz solar) o artificial (guardiolas o silos); 2) el café cereza antes de ser secado es despulpado, fermentado y lavado por vía tradicional o ecológica. Ambos productos secos son transportados a un centro de beneficio seco (San Piñí) para obtener el café oro clasificado por categoría basado en el tamaño.

La aplicación de fertilizantes, así como el uso de combustibles fósiles, electricidad, sacos plásticos y la fermentación entérica constituyeron las actividades encontradas como emisoras de gases con efecto de invernadero en esta cadena productiva del café en el municipio Tercer Frente. Los fertilizantes sintéticos utilizados en la actividad cafetalera son en las fórmulas 7-14-7, 5-5-24-3 y urea. Los combustibles fósiles que más se emplearon fueron la gasolina y el diésel (Fig. 2).

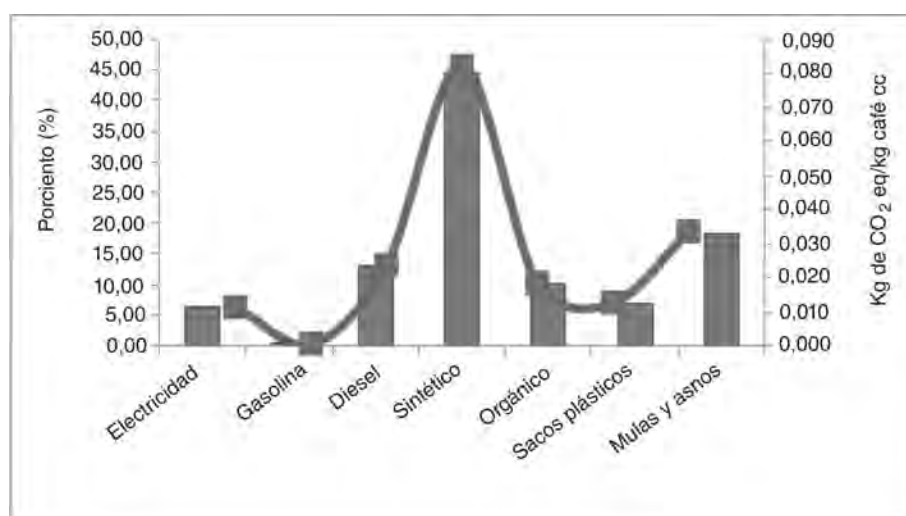


Fig. 2. Huella de carbono en la producción y procesamiento del café en Tercer Frente.

El total promedio de las emisiones GEI ascendió en el municipio a 1 291 398,06 kg CO₂e, y la emisión promedio por aplicación de fertilizantes sintéticos nitrogenados fue de 1183,42 kg de N₂O, equivalente a 576 493,56 kg CO₂e, lo que representa una participación del 54,8 % de las emisiones totales de CO₂. Los fertilizantes orgánicos nitrogenados emitieron 269,20 kg de N₂O, equivalente a 131 138,86 kg CO₂e, con una participación del 10,2 % en el total de las emisiones de CO₂.

En el presente estudio la fertilización nitrogenada produjo emisiones GEI de 707 632,42 kg CO₂e, y con relación al café cereza producido fue 0,10 kg CO₂e/kg de café cereza (cc). Resultados superiores fueron obtenidos por Segura y Andrade (2012) en estudios realizados sobre la huella de carbono en Costa Rica, donde determinaron que la fuente de GEI más importante en la plantación de café fue la aplicación de nitrógeno (63-82 % de las emisiones de GEI), variando entre 0,21 y 0,73 kg CO₂e/kg de café verde.

Jaramillo (2015) determinó la emisión promedio por aplicación de fertilizantes sintéticos nitrogenados igual a 0,125 kg de CO₂e/kg cc en la producción de cafés especiales en Colombia, lo que representó una participación del 15,7 % de las emisiones totales y un promedio de emisión anual de 975 kg de CO₂e/ha. Resultados inferiores fueron obtenidos en la investigación que se presenta para Tercer Frente, con valores de 0,08 kg de CO₂e/kg cc por aplicación de fertilizantes sintéticos nitrogenados y un promedio de emisión anual de 115 kg de CO₂e/ha.

No se reportaron emisiones por aplicación de cales debido a que las pequeñas cantidades empleadas fueron de óxido de calcio (CaO).

Se identificaron dos fuentes de emisión en el transporte: 1) el generado por el traslado desde las áreas de producción hasta los centros de recepción y procesamiento húmedo (despulpadoras); 2) el correspondiente al traslado de las despulpadoras hasta el centro de beneficio seco en San Piñí.

Las emisiones promedio de CO₂ por uso de combustible fósil en el transporte de café fueron de 175 045,64 kg CO₂ equivalente a 0,025 kg CO₂/kg cc. Mayores valores de emisiones se obtuvieron para el diésel (169 052,88 kg CO₂) respecto a la gasolina (5992,76 kg CO₂) debido a que el traslado del café y otros materiales se realiza con transporte que utiliza ese combustible, mientras que la gasolina es para transporte de poca capacidad de carga.

Estas emisiones presentan variaciones en temporadas de mayor acopio (agosto a febrero) y menor acopio (marzo a julio) en el año cuando no hay cosecha.

El embalaje de café en sacos plásticos creó emisiones de 90 000,00 kg CO₂ equivalentes a 0,013 kg CO₂/kg cc, responsables del 6,9 % de las emisiones totales.

Poroma (2012) encontró emisiones de 0,1 kg CO₂/kg cacao para el envasado de cacao en sacos plásticos en Nicaragua.

La fermentación entérica del ganado utilizado como medios de transporte en la actividad cafetalera produjo 236 460,00 kg CO₂e, igual a 0,034g kg CO₂e/kg cc.

Arias y col. (2013) obtuvieron una metodología basada en la contabilidad de las fijaciones y emisiones de GEI en un cultivo de café con cuatro años de edad bajo sombra, y determinaron valores de 6631,7 kg CO₂e/ha. Emisiones inferiores (258,28 kg CO₂e/ha) se producen en el escenario cafetalero de Tercer Frente debido principalmente a la baja utilización de fertilizantes nitrogenados y al uso eficiente de los sacos plásticos para el embalaje del café.

La producción y la industria del café contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Por lo tanto, no solo deben enfocarse en la adaptación, sino también en la mitigación a corto y largo plazo para poder adquirir los beneficios que surjan por los bonos negociables generados de compensación al carbono.

Las estrategias de mitigación a corto plazo deben incluir el cálculo y la reducción de las huellas de carbono en el municipio y en las fincas seleccionadas, y la viabilidad de crear sumideros de carbono. La estrategia a largo plazo debe estar enfocada a que los productores puedan beneficiarse por los servicios ambientales prestados en los ecosistemas cafetaleros basados en la disminución de la HC a partir del acceso a los mercados internacionales de carbono ya establecidos o a fondos nacionales que pudieran ser creados.

A partir de los resultados se proponen lineamientos estratégicos para el manejo de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio, como implementación de agricultura sostenible, producción de abono orgánico utilizando la pulpa de café, implementación de patios desecados tipo invernadero y aprovechamiento de energías alternativas como la solar, con lo cual puede reducir las emisiones de GEI para la producción sostenible de café. El completamiento de las plantaciones de café

contribuye a aumentar las reservas de carbono en las fincas al tiempo que conlleva a incremento del potencial productivo.

Otras acciones que se desarrollan en esta zona son: evitar las talas de los árboles sombreadores para disminuir las emisiones asociadas a estas prácticas; la extracción de madera, plantas y productos no maderables únicamente de operaciones manejadas sosteniblemente, mejoramiento y conservación del suelo (incremento en la cobertura vegetal), lo cual permite y mantiene el almacenamiento de carbono en este.

La dirección técnica en el municipio incentiva una cuidadosa aplicación de fertilizantes sintéticos con prioridad en las áreas de alto rendimiento, y brinda prioridad a los fertilizantes orgánicos elaborados en las fincas en muchos casos, minimizando con ello las emisiones asociadas con el uso de fertilizantes sintéticos, su producción y transporte.

Conclusiones

- La huella de carbono de 0,18 kg CO₂e/kg café cereza en Tercer Frente es baja en comparación con resultados reportados por la bibliografía en diferentes países.
- La actividad que más emite GEI en la cadena productiva del café en Tercer Frente es la fertilización nitrogenada (55,8 % del total de emisiones de CO₂).

Bibliografías

Arias, H.; Riaño, H. y L. Aristizábal: Balance de energía basado en la contabilidad del carbono en tres sis-

temas productivos cafeteros. *Cenicafé*, 64(2): 7-16. 2013.

Houghton, J.: *Global warming: the Complete Briefing*. Cambridge: Cambridge University press. 1997.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): *Guidelines for national greenhouse gas inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, CH. 2006.

Jaramillo, S.E.: *Estimación de la emisión y fijación de gases efecto invernadero en la producción de café en el departamento de Antioquia*. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Minas Medellín, Colombia. 76 pp., 2015.

Poroma, C.D.: "Estrategia de reducción de la huella de carbono en la producción del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) para la cooperativa CACAONICA en Waslala, Nicaragua" [inédito], tesis de candidatura. CATIE. Escuela de Posgrado. Turrialba- Costa Rica, 2012.

Salinas, Z. y P. Hernández: *Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica, 220 pp., 2008.

Segura, M. y H. Andrade: *Huella de carbono en cadenas productivas de café (*Coffea arabica* L.) con diferentes estándares de certificación en Costa Rica*. Luna Azul [online]. No. 35, pp. 60-77. ISSN 1909-2474. 2012.

Timeforchange: Disponible en: <http://timeforchange.org/plastic-bags-and-plastic-bottles-CO2-emissions> Consultado: 17 febrero, 2017.

