

Estudio de la **Huella de Carbono** del sistema productivo del café en algunas de las fincas seleccionadas de los municipios de **Caidedonia y Sevilla**



Convenio de Asociación CVC No. 062 de 2013. Celebrado entre la Corporación Autónoma Regional Del Valle Del Cauca – Cvc, la Fundación Entorno y la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia – Comité Departamental del Valle



Copia No Controlada CVC

**Aunar esfuerzos y recursos técnicos y económicos
para realizar proyecto piloto para la disminución
de la contaminación en las fuentes hídricas
proveniente del vertimiento de las mieles del café
en la cuenca del río Pijao como una medida de
adaptación al cambio climático**

Estudio realizado por:

**Centro Nacional de Investigaciones de Café
Cenicafé**

Juan Mauricio Rojas Acosta

Coordinador Disciplina Sostenibilidad

Néstor Miguel Riaño Herrera

Coordinador Programa Estratégico Caficultura
y Variabilidad Climática

Agradecimientos

Para la construcción de este documento se contó con la colaboración de las siguientes personas, a quienes se les agradece sus aportes:

- Jhon Jaime Arias, Ing. Agónomo. M.Sc. Sistemas de Producción Agropecuaria.
- Luisa Fernanda Gallego.
- Equipo de encuestadores.
- Comité Departamental de Cafeteros del Valle del Cauca.
 - Guillermo Carreño. Líder de Extensión Rural.
 - Claudia Alexandra Mejía. Coordinadora del Programa de Beneficio y Calidad.
- Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé.
 - María Cristina Chaparro Cifuentes. Investigadora Disciplina de Sostenibilidad.
 - Sandra Milena Marín L. Coordinadora Disciplina de Divulgación y Transferencia.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.
- Fundación Entorno.

Antecedentes

De acuerdo con el informe Cambio Climático (Bases físicas) 2013, del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático IPCC, por su sigla en inglés, el calentamiento en el sistema climático es inequívoco y desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero - GEI han aumentado. Como consecuencia, cada uno de los tres últimos decenios ha sido sucesivamente más cálido en la superficie de la Tierra, que cualquier decenio anterior desde 1850.

En los últimos 800.000 años las concentraciones de los GEI, dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, han aumentado en niveles sin precedentes. Las concentraciones del primero, han aumentado en un 40% en la era preindustrial, debido principalmente a emisiones derivadas del uso de combustibles fósiles y a los cambios en el uso del suelo. Los océanos han absorbido alrededor del 30% del dióxido de carbono antropogénico emitido, provocando su acidificación¹.

La conferencia de las partes de la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático ha propuesto reducciones de GEI, para mitigar sus efectos, con el fin de no permitir el incremento de la temperatura en más de 2°C. En general, los países desarrollados y en desarrollo, han mostrado interés en contribuir a la reducción global de las emisiones de GEI.

Una de las estrategias desarrolladas, que incorpora la responsabilidad social y ambiental frente a esta problemática, es la relacionada con la determinación de las Huellas Ambientales que incluye la Huella de Carbono.

Huella de Carbono

La Huella de Carbono - HC es una medición que se determina bajo el enfoque del Análisis del Ciclo de Vida – ACV. Es una metodología que ayuda a evaluar el impacto ambiental y señalar aquellas áreas en las que se puede mejorar.

Específicamente, la HC es un indicador de la cantidad de GEI generado y emitido por una organización o durante el ciclo de vida desde las materias primas, la fabricación y la distribución, hasta su uso, tratamiento y eliminación al final de su vida útil. La HC considera los seis GEI identificados en el Protocolo de Kioto: Dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonados, perfluorocarbonados y hexafluoruro de azufre. La HC se mide en toneladas de dióxido de carbono, con el fin de expresar las emisiones de los distintos GEI en

¹ Cambio Climático (Bases físicas) 2013 del IPCC. Resumen para responsables de políticas. Grupo de Trabajo I. Contribución del grupo de trabajo I al quinto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. OMM – PNUMA. 34 páginas.

una unidad común. La medida de dióxido de carbono equivalente se calcula multiplicando las emisiones de cada uno de los seis GEI por su respectivo potencial de calentamiento global, al cabo de 100 años².

Herramientas para el cálculo de la Huella de Carbono

Actualmente existen diferentes metodologías a nivel internacional para el cálculo de la HC, entre ellas, el GHG Protocol, la PAS 2050 y la ISO 14064. La primera tiene un enfoque en aspectos empresariales y corporativos; la segunda se enfoca en productos y la tercera en la definición de requisitos generales para el cálculo.

En Colombia, con base en el PAS 2050, la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia– FNC, a través de Cenicafé, durante los últimos 3 años, desarrolló conjuntamente con el ICONTEC la estructuración de dos Normas Técnicas Colombianas. A la fecha se cuenta con las Normas:

- NTC 5947. Especificación para el Análisis de Emisiones y remociones de Gases de Efecto Invernadero Durante el Ciclo de Vida de Bienes y Servicios. Esta norma especifica los requisitos para el análisis de las emisiones y remociones de Gases de Efecto Invernadero - GEI durante el ciclo de vida de bienes y servicios (denominados colectivamente productos), con base en técnicas y principios clave de análisis de ciclo de vida. Esta norma es aplicable a organizaciones que analizan las emisiones y remociones de GEI de productos de la cuna a la puerta. Vale aclarar que para el análisis de productos de origen agrícola se incorpora el concepto de fijaciones de dióxido de carbono.
- NTC 6000. Sistemas de Gestión Ambiental. Huella de Carbono. Requisitos. Esta norma, especifica los principios y los requisitos que le permiten a una organización desarrollar e implementar actividades de manera organizada, verificable y sostenible respecto a la gestión de la Huella de Carbono de bienes y servicios (denominados colectivamente productos). Adicionalmente, permite a las organizaciones que cuentan con un Sistema de Gestión Ambiental, identificar aspectos que deben tener en cuenta para evidenciar la gestión de la Huella de Carbono.

Importancia de la medición de la Huella de Carbono

Si bien, la medición de la Huella de Carbono se ha desarrollado en función de la mitigación de la emisión de GEI, es también un elemento importante para determinar la eficiencia energética en los diferentes procesos de los sistemas de producción. Es por esto que, para el caso de productos primarios de la producción agrícola se tienen en cuenta, además de la determinación de las fuentes de emisión para el cálculo de la HC, las fijaciones derivadas del proceso intrínseco de especies vegetales.

² Huella de Carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático. Alicia Frohmann, Ximena Olmos. Naciones Unidas. CEPAL. AECID. 2013.

Adicionalmente, a la medición de la HC pueden incluirse las siguientes ventajas:

- Determinar las prácticas que permitan contribuir de forma sistemática al mejoramiento de la eficiencia de los factores de producción, en función de su eficiencia energética.
- Promover la creación de un lenguaje único respecto a la medición y gestión de la Huella de Carbono, lo cual facilita el entendimiento entre la organización y las partes interesadas.
- Fomentar la competitividad de las organizaciones en el marco de mercados locales y globales.
- Permite dar claridad en los procesos comerciales en la definición de necesidades entre clientes y proveedores de bienes y servicios.
- Identificar elementos diferenciadores que agregan valor en productos (bienes y servicios) de características similares.
- Contar con información para que los consumidores tengan a disposición elementos suficientes que faciliten y permitan una decisión objetiva de compra y usos de bienes y servicios.
- Fortalecer en las organizaciones la capacidad de comprender las implicaciones de los impactos que se generan en el ciclo de vida de los productos y de esta manera desarrollar estrategias que contribuyan a minimizar el riesgo y detectar oportunidades.
- Dar cumplimiento de manera confiable a la legislación aplicable.
- Contar con instrumentos para llevar a cabo procesos de verificación de la conformidad por tercera parte, de la medición y la gestión de la HC.
- Es un marco referencial para la construcción nacional de políticas, regulaciones y programas enfocados a la reducción de GEI, que conduzcan a acciones nacionales apropiadas de mitigación, denominadas NAMAS.

Introducción

Para la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia – FNC, el Comité Departamental de Cafeteros del Valle, la Fundación Entorno y la Corporación Autónoma del Valle del Cauca, es importante adelantar un convenio interinstitucional piloto para contribuir a la disminución de la contaminación en las fuentes hídricas proveniente del vertimiento de las mieles del café en la cuenca del río Pijao, como una medida de adaptación al cambio climático.

En este sentido se reconoce el cambio climático como uno de los problemas más complejos que enfrenta la sociedad actual y su solución debe tener un abordaje, que una los esfuerzos de diversos y múltiples actores, desde el nivel local hasta el nacional.

En respuesta a las consecuencias ambientales causadas en la producción de café en el Valle del Cauca, donde el sector cafetero se registra como responsable de un 10% del aporte en la carga orgánica en el río Cauca, según CVC (2010), y además cataloga a este sector como uno de los que más contamina en el departamento, el Comité Departamental de Cafeteros del Valle dentro de la propuesta de *Desarrollo Integral basada en la distribución de la caficultura a través de microcuencas*, con el fin de emprender acciones tendientes a la disminución de la carga contaminante, ha venido implementando el proyecto que busca la disminución de la carga contaminante en las fuentes hídricas proveniente del vertimiento de las mieles del café en la cuenca del río Pijao, como medida de adaptación al cambio climático.

El Valle del Cauca cuenta con un área sembrada en café de 68.500 hectáreas, siendo el quinto productor de café a nivel nacional. La seccional Centro-Oriente, conformada por los municipios de Sevilla, Caicedonia y Bugalagrande, es la segunda en área cultivada del departamento, con 15.000 hectáreas cultivadas. La microcuenca del río Pijao está ubicada entre los municipios de Sevilla y Caicedonia, cuenta con un área de 6.549,68 hectáreas y vierte sus aguas al río La Paila.

Las acciones enmarcadas en el convenio se vienen ejecutando en 15 fincas de la microcuenca del río Pijao, el área total de las fincas es de 1.564,36 ha, de las cuales 1.254,2 ha están dedicadas al cultivo del café, con productividades por hectárea por encima a las 250 @/ha; además, a los subproductos del beneficio del café en muchas fincas no se les realiza el adecuado proceso de transformación y aprovechamiento, lo cual ocasiona una elevada contaminación a las fuentes de agua.

Actualmente, se vienen ejecutando actividades como la implementación de BPA mediante mecanismos de almacenamiento y acopio de aguas mieles, para su entrega a la planta piloto de bioetanol; la implementación de 20 estufas ecológicas eficientes, cuyo combustible es el etanol, como medida de reducción de emisiones de CO₂; la instalación de dos generadores de energía fotovoltaica para mover un motor de una despulpadora por 3 ha; y el estudio de la Huella de Carbono del sistema productivo del café en algunas de las fincas.

Este documento contiene los resultados de la medición de la Huella de Carbono para el sistema de producción de café, en diez fincas, como uno de los componentes del convenio "Aunar esfuerzos y recursos técnicos y económicos para realizar proyecto piloto para la disminución de la contaminación en las fuentes hídricas, proveniente del vertimiento de las mieles del café en la cuenca del río Pijao, como una medida de adaptación al cambio climático", además de Determinar la huella de carbono desarrollar planes con los cuales se podrá determinar el verdadero impacto del proyecto con relación a a disminución de los GEI.

Uno de los productos a entregar en el convenio es "Un estudio de la Huella de Carbono en las fincas priorizadas".

En el desarrollo del proyecto se contó con la participación de:

- La Federación Nacional de Cafeteros – FNC:
 - El Comité Departamental de Cafeteros del Valle
 - El Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé
- La Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
- La Fundación Entorno

El cálculo se realizó teniendo en cuenta los siguientes referentes normativos:

Norma Técnica Colombiana – NTC 5947: Especificación para el análisis de emisiones y remociones de gases efecto invernadero durante el ciclo de vida de bienes y servicios.

Norma Técnica Colombiana – NTC 6000: Sistemas de gestión ambiental. Huella de Carbono.

Medición de La Huella de Carbono en la Cadena de Producción, Transformación y Comercialización del Café de Colombia

Finca

En Colombia el sistema de producción de café pergamino es fundamental en la actividad agrícola de 563.000 caficultores, distribuidos en 921.000 hectáreas, a través de 20 departamentos. El 96% de las familias productoras está conformada por campesinos que poseen fincas menores a 5 hectáreas.

El tipo de café producido en Colombia es 100% arábica lavado, por lo que convierte al país en el mayor productor de café de calidad suave del mundo. Obtener las características que le han dado el reconocimiento a este producto es el resultado de la combinación de múltiples elementos, desde la etapa de producción como son: la variedad utilizada y las condiciones de suelo y clima, así como las actividades de recolección y beneficio caracterizadas por la actividad humana desarrollada en las fincas por mano de obra familiar, principalmente.

La caficultura colombiana está ligada en torno a una diversidad de culturas, desarrolladas en diferentes regiones, y a su vez el sistema de producción puede ser a libre exposición o establecido en sistemas agroforestales, con diferentes niveles de sombra, de acuerdo a las condiciones agroecológicas.

El sistema de producción de café en finca comprende desde la semilla hasta el café pergamino seco, e involucra procesos primordiales, como son: Germinador, almácigo, establecimiento y manejo del cultivo, cosecha y beneficio (húmedo y seco) del grano. En el

Anexo 1, se hace una descripción resumida de cada uno de los procesos del sistema de producción de café, con base en las prácticas recomendadas, a partir de la generación de conocimiento y tecnología.

De otra parte, de acuerdo a los criterios establecidos en la NTC – 5947, para realizar la medición de la Huella de Carbono, es necesario iniciar el proceso de medición con la caracterización del proceso, para lo cual se elaboró un instrumento que permitió identificar las fuentes de emisión y fijación asociadas a esta etapa de la cadena de valor del café. Esta información es básica para el cálculo de la Huella de Carbono.

A continuación se describen los resultados obtenidos del análisis de la información recopilada en diez fincas ubicadas en el departamento del Valle del Cauca, específicamente en los municipios de Sevilla y Caicedonia.

1. DATOS GENERALES

En la Figura 1, se observa que el área promedio de las fincas ubicadas en la cuenca del río Pijao en el departamento del Valle del Cauca, está por encima del 70% y corresponde a fincas mayores a 20 hectáreas.

Respecto a la edad de los cafetales, el 70% corresponde a lotes con nueva siembra, y el 60% corresponde a lotes zoqueados entre 2010 y 2012, lo que indica que son cafetales jóvenes, con alto potencial de producción, si se

mantiene un nivel adecuado de implementación de Buenas Prácticas, de acuerdo a la etapa en la que se encuentran, ver Figura 2. Vale aclarar que los valores presentados se calcularon con base en las fechas de siembra y de zoca realizadas en las fincas.

2. GERMINADOR

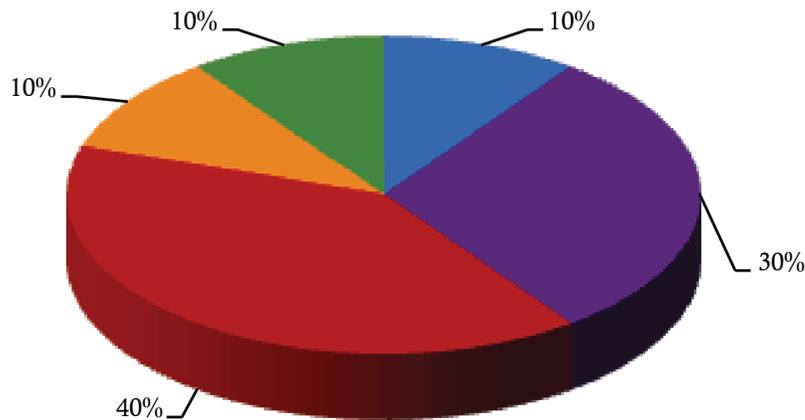
En el sistema de producción de café, el germinador es el primer proceso, el cual bajo el enfoque de procesos contribuye en gran

medida al cumplimiento de criterios de calidad. La salida de este proceso es la chapola, la cual debe cumplir una serie de criterios técnicos para convertirse en la entrada del siguiente proceso, denominado almácigo. En las fincas evaluadas, el 60% de los cafeteros realiza este proceso, ver Figura 3.

3. FERTILIZACIÓN EN EL ALMÁCIGO

La fertilización asociada a diferentes procesos del sistema de producción, es una de las

Figura 1.
Área total de las fincas caracterizadas.



■ 10 ha - 20 ha ■ 20,1 ha - 30 ha ■ 30,1 ha - 40 ha ■ 40,1 ha - 50 ha ■ > 50 ha

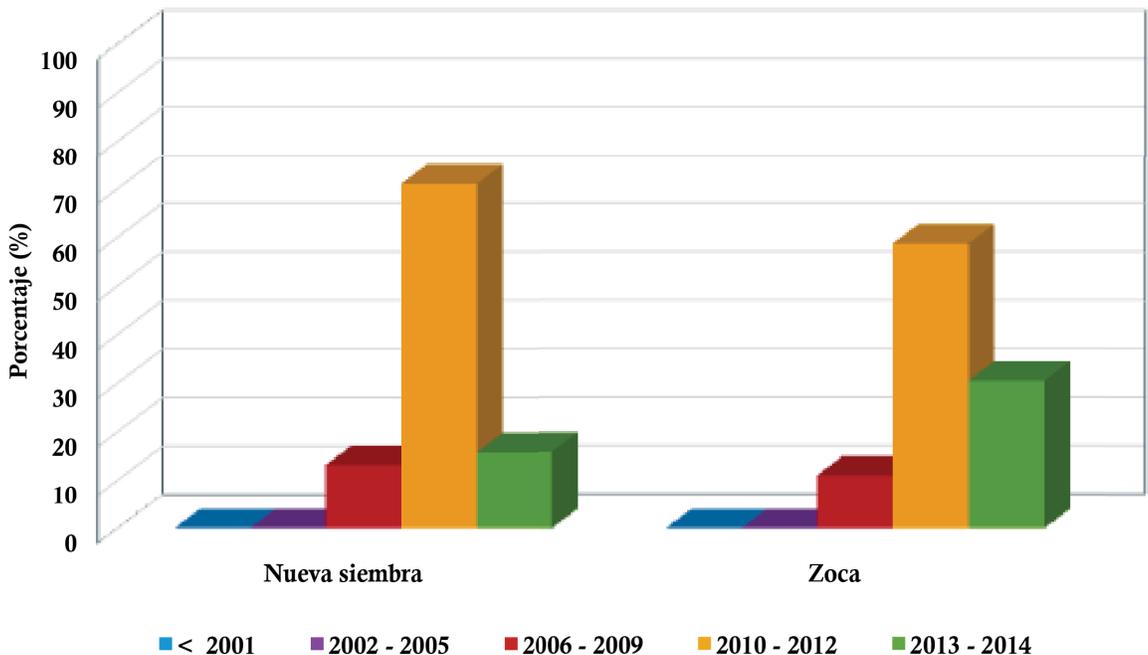


Figura 2.
Edad de los cafetales de las diez fincas evaluadas.

principales fuentes de emisión de GEI. Específicamente en esta actividad asociada al proceso del almácigo se encontró que:

- El uso de DAP como principal producto para la fertilización.
- El 50% de los cafeteros realiza entre una y tres aplicaciones de fertilizantes y el otro 50% entre cuatro y seis aplicaciones.

4. ASPERSIÓN EN EL ALMÁCIGO

En las fincas evaluadas se identificó que en el 100% se utiliza el equipo de aspersión de palanca. Para la medición de la Huella de Carbono, el uso de este tipo de equipos no

aporta en el cálculo, teniendo en cuenta que en función del tipo de equipo utilizado para la aspersión, no se identifican emisiones asociadas.

5. CONTROL DE ARVENSES

Con relación a este aspecto, se evaluó el equipo utilizado y el número de veces que realizó la actividad durante el año, destacándose la siguiente información:

- Se identificaron el uso combinado de métodos de control, como el mecánico (guadaña) y el químico, con el 20% y el 50%, respectivamente, para café en levante y en producción (Figuras 4 y 5).

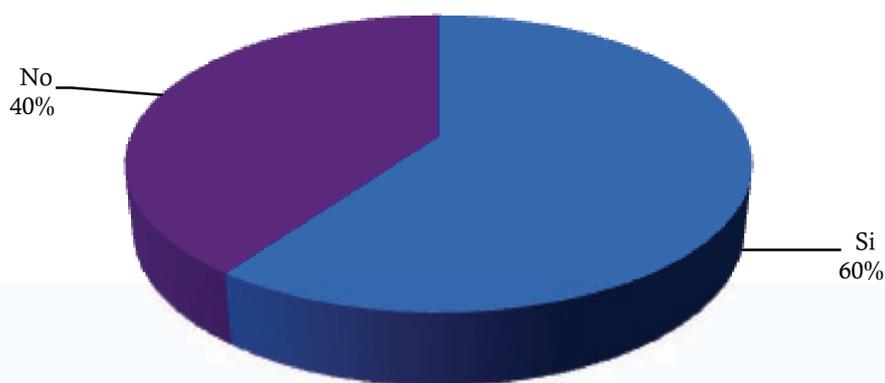


Figura 3.
Cafeteros que elaboran el germinador en su finca.

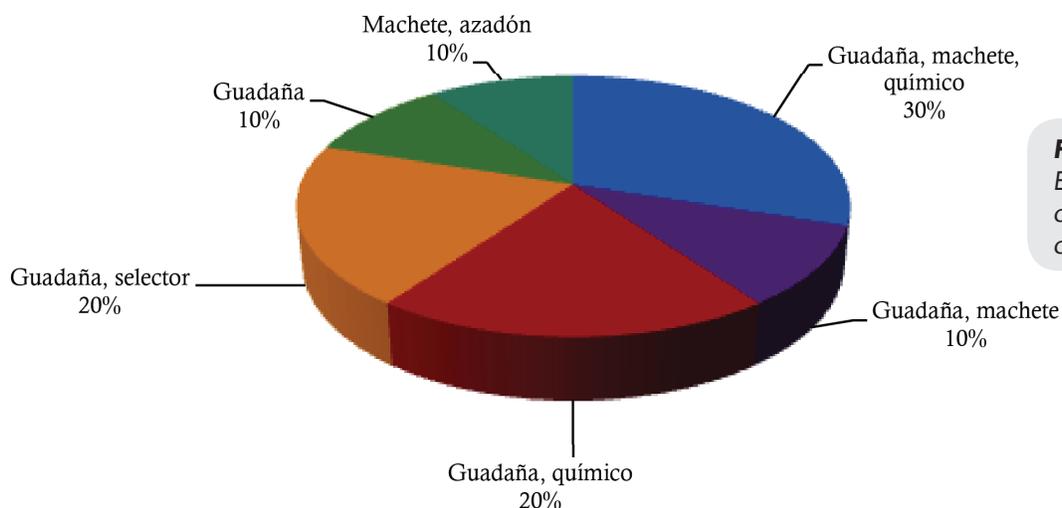


Figura 4.
Equipos utilizados en el control de arvenses en café en levante.

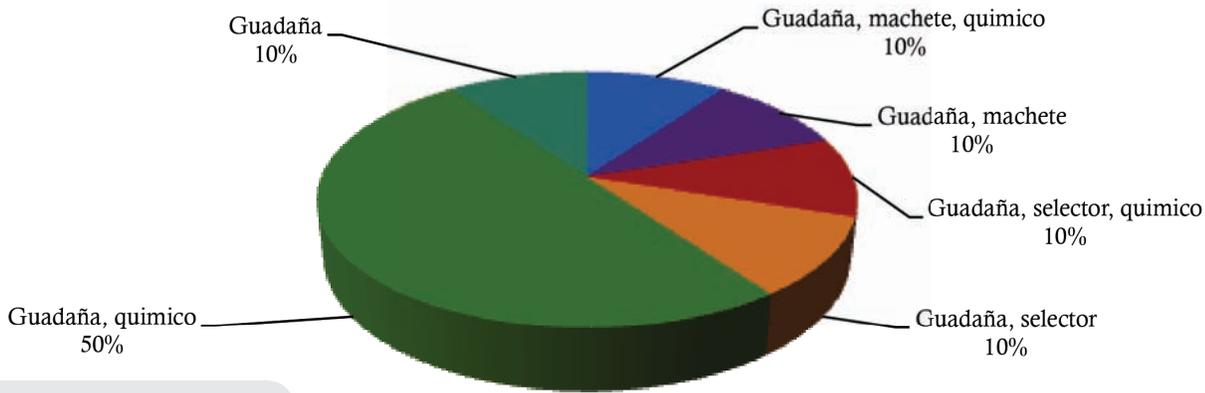


Figura 5.
Equipos utilizados en el control de arvenses en café en producción.

- En lotes de café en producción y de café en levante, la guadaña se usa con una frecuencia del 10%.
- El selector de arvenses es poco utilizado para el control de arvenses.
- La proporción de utilización de los equipos para el control de arvenses por año, permite identificar que la guadaña se usa con igual frecuencia, durante la etapa de café en levante y café en producción (Figuras 6 y 7).
- De igual forma, se identifica el uso del control químico el mismo número de

veces al año en café en levante y café en producción.

Para el cálculo de la Huella de Carbono es necesario tener en cuenta la actividad realizada con guadaña y con control químico.

6. FERTILIZACIÓN

En el proceso de establecimiento y manejo del cultivo, la fertilización es una actividad que en el cálculo de la Huella de Carbono debe ser

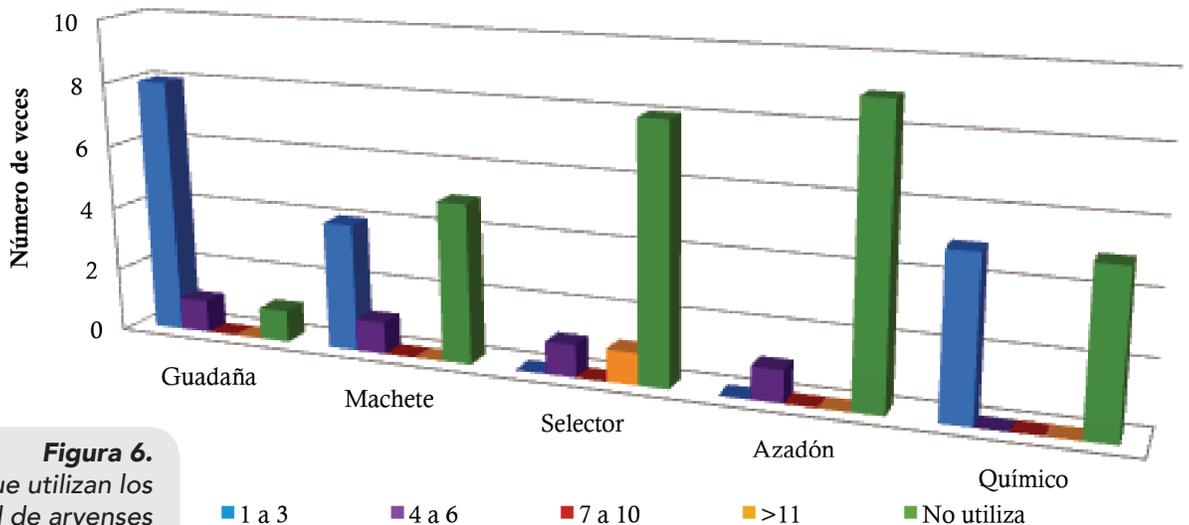


Figura 6.
Número de veces que utilizan los equipos para el control de arvenses de café en levante.

tenida en cuenta por las emisiones asociadas a la volatilización del producto. Se destaca la siguiente información:

- Se identificó una amplia gama de productos utilizados en las etapas de levante y en producción, siendo los productos de mayor uso el DAP y la urea, en cada etapa, respectivamente, ver Tabla 1.
- El promedio de aplicaciones por año, para las etapas de levante y producción son 3,3 y 1,7 respectivamente, ver Tabla 2.

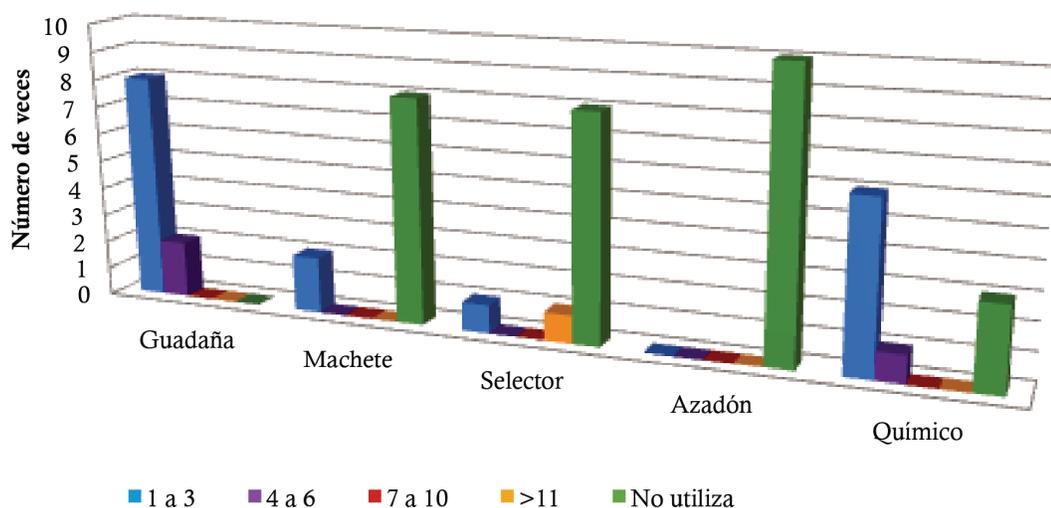


Figura 7. Número de veces que utilizan los equipos para el control de arvenses de café en producción.

Tabla 1.

Porcentaje de fertilizante utilizado en levante y en producción.

Fertilizantes en levante		Fertilizantes en producción	
Producto	Porcentaje (%)	Producto	Porcentaje (%)
Urea	70	Calferquin	10
Foss GL	20	Carguero	10
DAP	60	Cloruro	10
Produkafé	10	DAP	40
Producción	10	Foss GL	20
Kieserita	10	KCL	30
Sulfato de amonio	30	Kieserita	30
Agrimins	10	Nitrofert	10
Fosfogran	10	Nutri 3	20
Nitrofert	10	Nutrifert	10
KCL	20	Nutrimenores	10
Kimelgran	10	Producción	10
Calferquin	10	Produkafé	10
		Remital	10
		Sulfato de amonio	40
		Urea	60

Tabla 2.

Promedio de veces que aplican fertilizante al año y promedio de gramos utilizados en cada aplicación, para lotes de café en levante y lotes de café en producción.

Fertilizantes en levante			Fertilizantes en producción		
Producto	Veces fertiliza al año	Gramos utilizado	Producto	Veces fertiliza al año	Gramos utilizado
Urea	5,14	19,327	Urea	2,3	29,82
Foss GL	3	15,72	Foss GL	2,5	40,58
DAP	6,3	18,9	DAP	2,25	11,45
Produkafe	3	68,4	Produkafé	3	106,4
Produccion	8	34,48	Producción	2	64,48
Kieserita	3	21,6	Kieserita	2,6	20,2
Sulfato de amonio	4,6	11,23	Sulfato de amonio	2,25	12,57
Nitrofert	4	0,216	Nitrofert	3	1,74
Calferquin	8	5,08	Calferquin	2	6,44
KCL	3	0,936	KCL	2	15
Agrimins	12	8	Carguero	2	60
Fosfogran	4	33,33	Cloruro	3	40
Kimelgran	4	16,66	Nutri 3	1,5	95
			Nutrifert	2	90,5
			Nutrimenores	2	20
			Remital	2	52,5

7. EQUIPOS UTILIZADOS PARA MANEJO FITOSANITARIO

Para el manejo de plagas y enfermedades se utilizan diferentes equipos de aspersión, destacándose con mayor frecuencia de uso de equipos de palanca, con el 70%. También se destaca el uso del equipo motorizado de espalda para el control de plagas y enfermedades. Ver Figuras 8 y 9.

8. BENEFICIO

El 80% de los equipos utilizados para el despulpado de la cereza de café presentan un rendimiento entre 1.000 – 2.000 kg/h, debido a que las fincas tienen un área promedio de 27 ha, como se evidenció en la información presentada en los datos generales. De igual manera, estos datos son importantes para el

cálculo de las emisiones asociadas al proceso del beneficio, ver Figura 10.

9. SECADO

En cuanto al secado, el 40% de los cafeteros de esta región utilizan sistemas mecánicos combinados con secado al sol. Utilizan como fuente principal de energía el cisco el 88% y el 12% carbón. Ver Figura 11.

10. MANEJO DE LA PULPA

El adecuado manejo de los subproductos del beneficio del café permite reducir impactos negativos sobre los recursos naturales. Respecto al manejo de la pulpa, todos los cafeteros realizan compostaje y también riegan la pulpa en el cafetal; esta última no es una práctica recomendada, debido a que

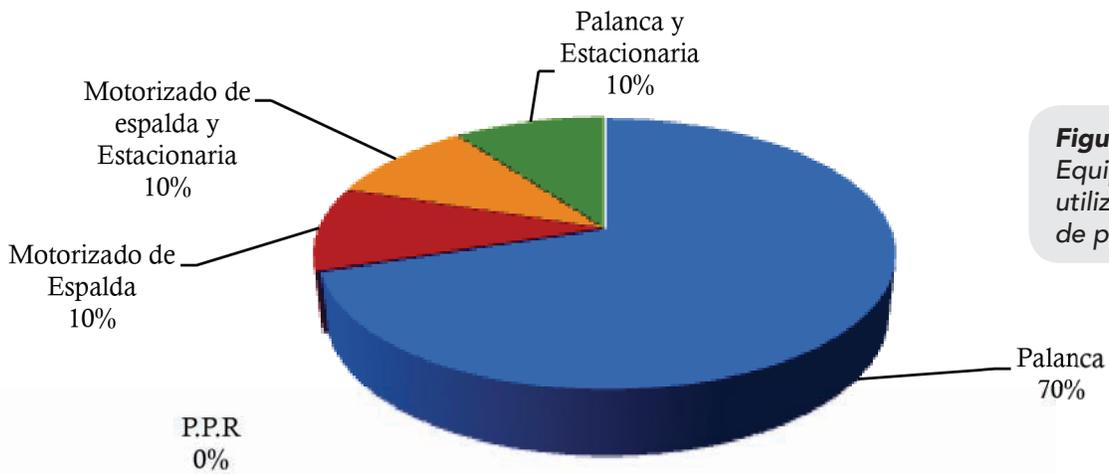


Figura 8.
Equipos de aspersión utilizados para el manejo de plagas y enfermedades.

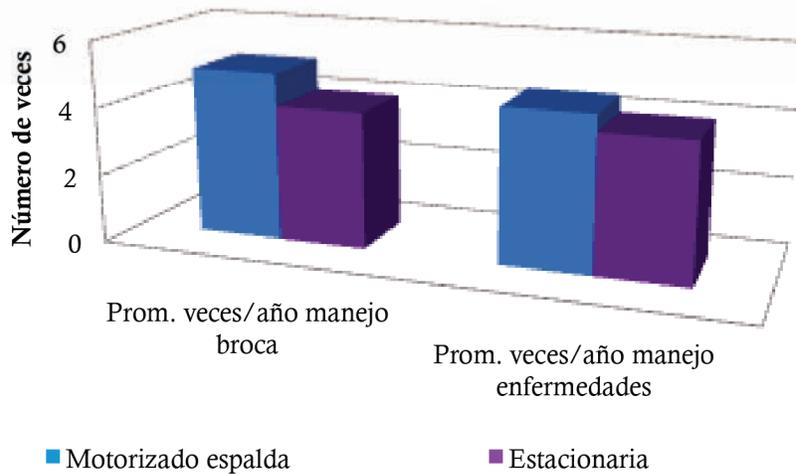


Figura 9.
Promedio del número de veces que utiliza al año los equipos para el control de plagas y enfermedades.

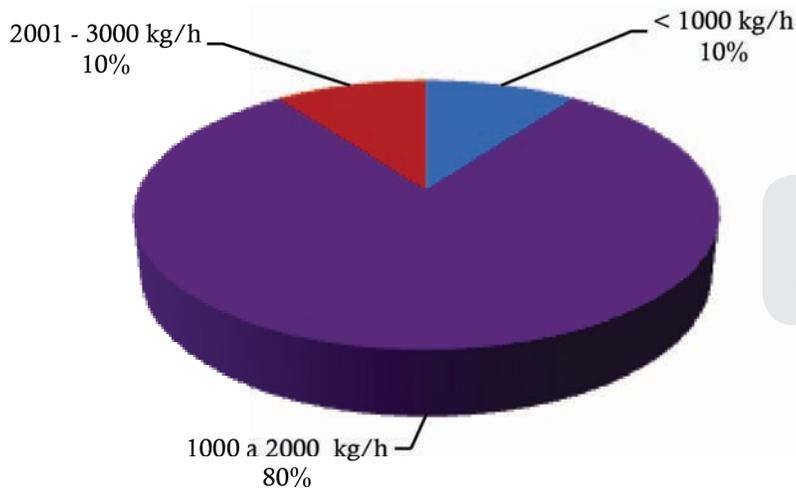


Figura 10.
Capacidad de los equipos para el despulpado del café.

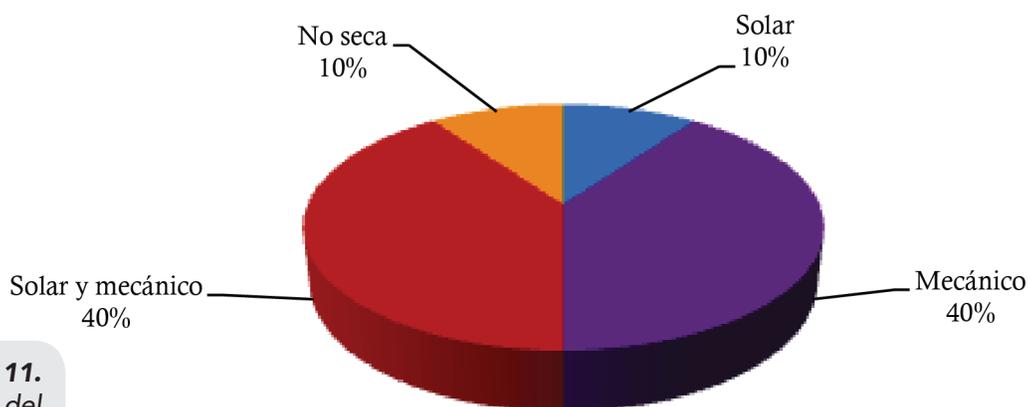


Figura 11.
Tipos de secado del café.

se generan impactos negativos al ambiente, incluida la generación de emisiones.

Adicionalmente, se puede evidenciar que el 100% de los cafeteros encuestados no realiza la práctica de mezclar la pulpa con el mucílago. De otra parte, el 40% de los cafeteros transforma la pulpa por medio de lombricultivo.

11. TRANSPORTE

Para el cálculo de la Huella de Carbono de productos (bienes y servicios), el transporte representa una de las mayores fuentes de emisión de GEI. En el sistema de producción de café, el transporte se identifica en diferentes procesos. Se destaca que para el transporte de los colinos a la finca y los insumos dentro de la finca, el 40% de los combustibles utilizados son principalmente gasolina y ACPM, la capacidad de los vehículos utilizados en la gran mayoría son de 3 toneladas.

Adicionalmente, el combustible más utilizado para el transporte de la finca al sitio de venta es el ACPM, con un 70%.

Período de Medición

El cálculo de las emisiones para el sistema de producción de café tiene como de referencia el año 2013 y para el cálculo de las fijaciones

incluye el ciclo en que se encuentra cada lote hasta el momento de la toma de información.

Determinación de la unidad funcional

La unidad funcional en el sistema Finca está definida como kilogramo de dióxido de carbono equivalente por kilogramo de café pergamino seco ($\text{kg CO}_{2e} / \text{kg cps}$).

Límites del sistema

Están definidos desde el ingreso de la semilla hasta la entrega del café pergamino seco en el punto de venta. Estos límites enmarcan diferentes procesos del sistema de producción, como son: Germinador, almácigo, establecimiento y manejo del cultivo, cosecha y beneficio (húmedo y seco).

Teniendo en cuenta la heterogeneidad en los cultivos y las diversas actividades que se desarrollan en las fincas, para el presente análisis solo se tienen en cuenta las fijaciones y emisiones enmarcadas en la evaluación del producto "café" y todas las actividades relacionadas directamente con éste.

El análisis de GEI en el sistema Finca es "de la cuna a la puerta" hasta que el producto de

la finca es entregado en el punto de venta, siguiente etapa de la cadena de valor.

Datos de la actividad

La cuantificación está basada en datos de la actividad como cantidad de combustible o energía consumida multiplicados por los factores de emisión de GEI.

Recopilación de datos y cálculo de la huella

Estimación de la emisión =
Datos de actividad x Factor de emisión

Huella de Carbono de una actividad =
 Datos de la actividad (masa / volumen / kWh / Km) x factor de emisión (CO_{2e} por unidad)

Para la captura de la información en el sistema de producción de café se aplicó un instrumento de toma de información, en diez fincas de diferente área, en la zona de estudio del piloto.

A partir de la caracterización del sistema de producción se realizó la identificación de las fuentes de emisión, como se describe en la Tabla 3.

Exclusiones

Para el análisis del balance se excluyeron las emisiones de GEI relacionadas con la entrada de energía humana a los procesos, igualmente se excluyen las emisiones generadas por la producción de bienes capital, debido a la larga vida de utilidad de los mismos.

Tabla 3.

Identificación de fuentes de Emisión/Fijación en la etapa finca.

Proceso / actividades	Fuentes de emisión/fijación				
	Combustibles	Fertilizantes	Emisión Biogénico	Fijación Biogénico	Energía Eléctrica
Germinador					
Germinación			x		
Almácigo					
Crecimiento chapola				x	
Transporte	x				
Fertilización	x	x			x
Crecimiento y producción					
Crecimiento planta de café				x	
Transporte	x				
Fertilización		x			
Crecimiento de arvenses				x	
Control de arvenses	x		x		
Manejo integrado de plagas	x				
Cosecha					
Recolección			x		
Transporte	x				
Postcosecha					
Motores	x				x
Iluminación					x
Fermentación			x		

En el sistema Finca la utilización de empaques de fique y sintéticos son comúnmente reutilizados, por lo que no se consideran fuentes de emisión en esta etapa.

Factores de emisión

En la Tabla 4, se incluyen los factores de emisión utilizados para el cálculo.

Cálculo de las emisiones

El valor promedio de las emisiones de carbono (g CO_{2e}) fue 71.969.674. Con base en la

información anterior, en las Figuras 12 a 14 se presenta el promedio del porcentaje de las emisiones identificadas en la etapa Finca.

Fijaciones en el sistema de producción de café.

Con base en el desarrollo del conocimiento sobre el sistema de producción generado por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, en el Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé, específicamente a través de la plataforma denominada MODELO CREFT, fue posible determinar la captura de CO₂, durante las diferentes etapas del sistema de producción de café. El valor promedio de las fijaciones de

Tabla 4.

Factores de emisión.

Fuente de energía	Factor emisión	Unidad	Referencia
Energía eléctrica	0,137	kg CO ₂ eq /kWh	CO2 highlights promedio 2007 - 2009
Gasolina para equipos	2.212	kg CO _{2e} / L	UPME (Colombia – Unidad de planeación minero energética). 2003
Vehículo a gasolina	1.700	kg CO _{2e} /km carro pequeño	GHG protocolo, I 2005
	2.200	kg CO _{2e} /km carro mediano	
	2.700	kg CCO _{2e} / km carro grande	
Vehículo a diésel	1.200	kg CO _{2e} /km carro pequeños	GHG protocolo, I 2005
	1.300	kg CO _{2e} /km carro medianos	
	1.400	kg CO _{2e} /km carro grande	
Fertilizantes	21.900	kg CO _{2e} /kg N aplicado	Flechard et al 2007 - IPCC 2011
Cisco	1,8077	kg CO _{2e} /kg cisco	Rodríguez, 2003
Carbón	2.460	kg CO _{2e} /kg carbón	Casanova, 2006

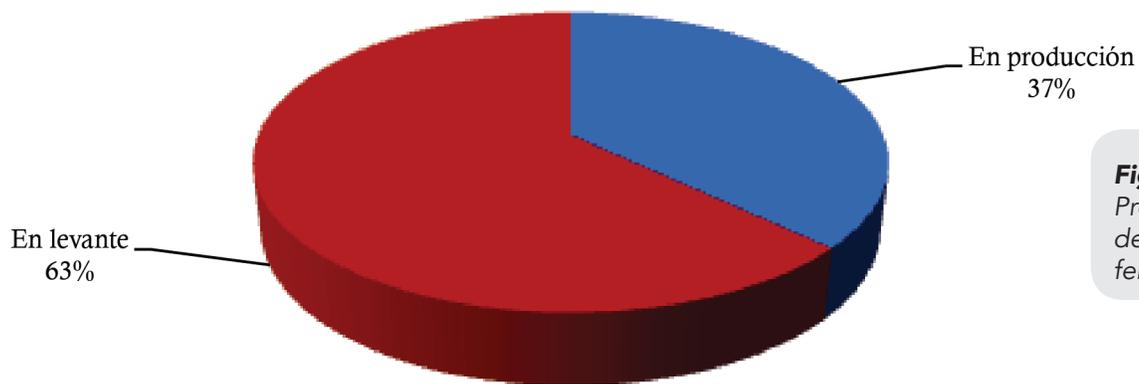


Figura 12.
Promedio del porcentaje de emisiones durante la fertilización.

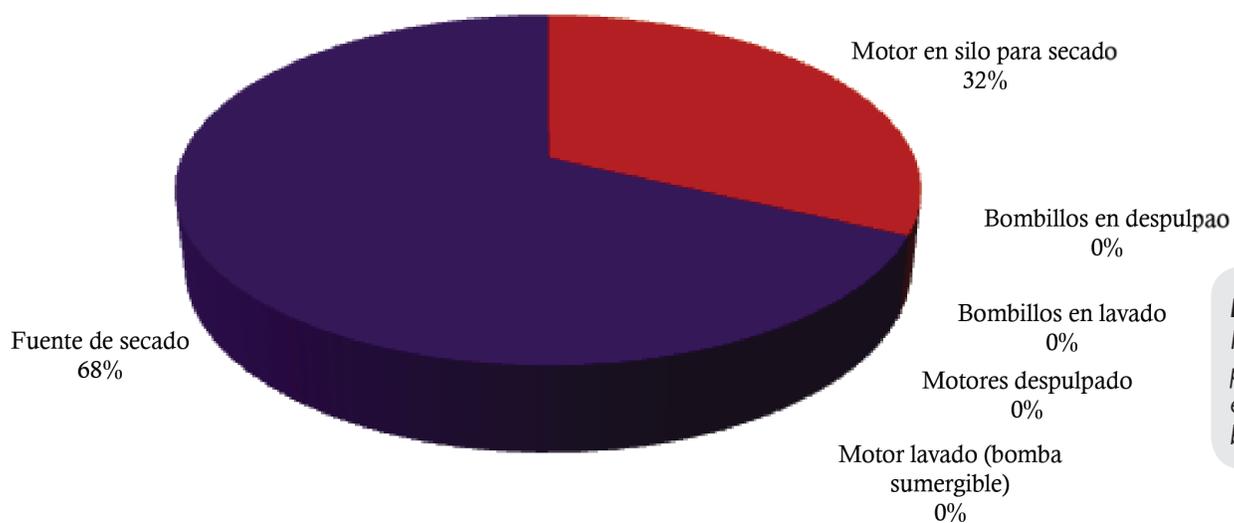


Figura 13.
Promedio del porcentaje de emisiones en el beneficio del café.

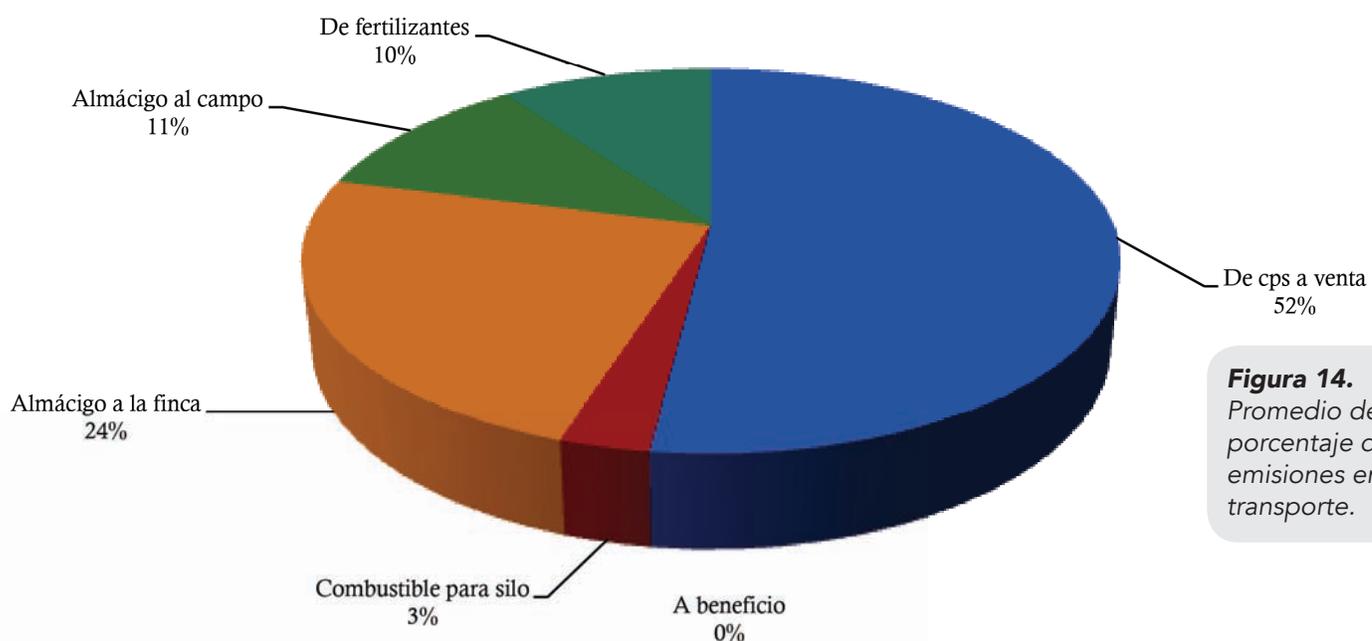


Figura 14.
Promedio del porcentaje de emisiones en el transporte.

carbono por las plantas fue 312.666.168 (g CO_{2e}).

Este valor fue utilizado para realizar el balance de toda la cadena de valor, y que se presentará en el informe final correspondiente.

En el Anexo 2, se presenta el porcentaje promedio para cada una de las fincas evaluadas, relacionadas con las emisiones, las fijaciones y el balance (kg CO_{2e}).

Modelo Creft

El "Modelo de crecimiento y captura de carbono para especies forestales en el trópico – CREFT V 1.0", es una herramienta que permite cuantificar el crecimiento y la captura de carbono por el café y especies forestales nativas e introducidas en condiciones del trópico.

El modelo calcula la biomasa y composición mineral incluido el carbono, en cada uno de los compartimentos y órganos, mediante la simulación de procesos físicos y fisiológicos como la fotosíntesis, la respiración, la partición de los asimilados y el crecimiento foliar, entre otros, a partir de información climática (brillo solar diario, temperatura máxima y mínima diaria), y de localización del sitio de siembra de la plantación (latitud, longitud y altitud).

En caso de que el usuario no tenga disponible la serie de datos climáticos para un sitio en particular, el programa localiza vectorialmente la estación climática más cercana, concordante con los estudios de regionalización de brillo solar y temperatura para Colombia, publicado por Cenicafé. Inmediatamente realiza las correcciones por altitud y alimenta los diferentes procesos físicos y fisiológicos de simulación y cálculo, a saber:

- Cálculo de la Radiación Fotosintéticamente Activa directa y difusa.
- Cálculo del tiempo térmico.
- Interceptación de la radiación por el dosel.
- Fotosíntesis bruta y neta diaria.
- Respiración diaria.
- Distribución de la biomasa en los diferentes órganos.
- Cálculo alométrico de los volúmenes de madera.
- Cálculo de biomasa y carbono en otros compartimentos (necromasa).
- Cálculo de la absorción de nutrimentos.

El modelo produce salidas en forma de tablas y gráficas. Esto permite observar la evolución del crecimiento en términos de la acumulación y distribución de la biomasa y obtener los valores del carbono y los nutrimentos almacenados en el período de tiempo simulado.

Propuestas de mejora para la reducción de emisiones de CO_2e en el sistema de producción en finca

- Desarrollar estrategias que permitan la implementación de mejores prácticas, que van a incidir directamente en el mejoramiento de la eficiencia en el manejo del cultivo, por ejemplo, en lo relacionado con el uso y aplicación de fertilizantes nitrogenados.
 - Utilizar equipos que presenten mayor eficiencia en el consumo de combustibles con respecto a otras versiones o modelos anteriores.
 - Implementar prácticas de manejo adecuado de los subproductos. Dependiendo del tamaño de la finca, los productores pueden hacer un aprovechamiento integral de los subproductos, por ejemplo:
 - Utilizar la pulpa para obtener abono orgánico.
 - Producir hongos comestibles.
 - En fincas de mayor tamaño, obtener bioetanol y biogás.
- fase posterior volver a realizar la medición, para cuantificar de manera real en qué porcentaje se disminuyen las emisiones con la implementación de estas tecnologías.

- Bajo el entendido que en la empresa cafetera se desarrollan otros procesos, sería conveniente realizar nuevas mediciones en las que se complementen las mediciones involucrando otros procesos.
- A partir de los resultados, generar espacios con otras partes interesadas, para continuar con la construcción de la Huella de Carbono de la cadena de café del departamento del Valle, que aporte a la generación de información en el ámbito nacional. El trabajo que se desarrolló es un primer paso que permite a partir del análisis de la información generada, proyectar el trabajo para definir líneas de acción específicas, que se traduzcan en la gestión de la Huella de Carbono en el sistema de producción de café en el departamento. Se puede fortalecer el estudio en una segunda fase, donde se amplíe el estudio para realizar una caracterización de la HC a nivel de departamento, y desarrollar planes de implementación de Buenas Prácticas, que a través de indicadores puedan evidenciar la gestión sobre la HC.

Próximos pasos

- A partir de la implementación de las celdas fotovoltaicas, el acopio y entrega de las mieles para ser convertidas en etanol y/o el uso de estufas, que bajo un estimado teórico (entre el 5% – 8%), se podrían disminuir las emisiones asociadas al proceso de beneficio. Por esto, se sugiere en una
- Este tipo de trabajo tiene un componente de valor agregado, por lo que sería interesante realizar un piloto que permita verificar la conformidad del resultado a

- través de Icontec, teniendo como referentes las Normas Técnicas Colombianas.
- Es necesario que en este tipo de trabajos se mantenga un enfoque de Análisis de Ciclo de Vida - ACV, debido a que son muchos los impactos que desde el sistema de producción de café se generan y que afectan diferentes recursos naturales (suelo, aire, agua, flora, fauna).
 - Para próximos informes se debe tener en cuenta que las remociones por cosecha de frutos en el sistema de producción de café, se comportan como una emisión no contaminante, debido a que el producto sigue con su stock de carbono a través de la cadena de valor y por esta razón se debería de excluir del análisis de emisiones.
 - Sensibilizar a las organizaciones en la importancia que representa su compromiso frente a la reducción de los impactos negativos al medio ambiente.
 - Más allá de la medición de la Huella de Carbono, es importante evidenciar gestión sobre la Huella de Carbono. A partir del cálculo de la Huella de Carbono, con el apoyo de herramientas normativas, es posible definir de manera organizada acciones de mejoramiento, con enfoque de gestión en cada uno de los procesos para la obtención de productos (bienes y servicios). Adicionalmente, hacer gestión a la Huella de Carbono permite a las organizaciones hoy, contar con elementos diferenciadores, que abren interesantes posibilidades de ampliar mercados y asegurar los actuales.

Conclusiones

- Las fuentes de secado y los fertilizantes representan el mayor porcentaje de las emisiones en las fincas evaluadas.
- El beneficio del café pergamino seco tiende a incrementar las emisiones de CO₂ y por lo tanto incrementar la huella de carbono.
- Las fuentes de secado, los fertilizantes y el transporte, en todo el sistema de producción de c.p.s. (Finca), son factores determinantes para realizar un plan de gestión respecto a la eficiencia energética.
- Es necesario profundizar en el conocimiento y la aplicación de métodos que bajo el enfoque de Análisis de Ciclo de Vida – ACV, permita conocer y gestionar los impactos al medio ambiente en todas las etapas de la cadena de valor de un producto (bienes y servicios).
- Dada la situación actual y la preocupación sentida por la protección y el uso racional de los recursos naturales, es una responsabilidad la anticipación por medio de diferentes estrategias, para adquirir experiencia en estructurar, desarrollar y ajustar metodologías específicas, con el soporte de herramientas normativas para calcular y hacer gestión de la Huella de Carbono.
- Para la cadena de producción, transformación y comercialización del café de Colombia y para el país, en general, el desarrollo de trabajos que permitan calcular la Huella de Carbono, bajo el enfoque de Análisis de Ciclo de Vida – ACV, promueve:
- La creación de un lenguaje técnico único al interior de las organizaciones y entre todos los potenciales usuarios o partes interesadas.

- Proteger al consumidor, debido a que se están entregando elementos de toma de decisión, reproducibles, verificables, sostenibles y no engañosos.
- La cooperación entre entidades, públicas y privadas, permite al país avanzar en el desarrollo de conocimiento y herramientas, en temas en los que el país debe estar alineado, y evidenciar contribuciones. Lo anterior, dado el impacto que representa para la protección y uso racional de los recursos naturales y el aporte de las organizaciones para ser socialmente responsables.
- Aunque Colombia no es un generador importante de emisiones de GEI, dentro del total en el mundo, es claro que el país, representado en organizaciones públicas y privadas, debe hacer evidente su compromiso y ejecución en acciones que contribuyan a la variabilidad climática.
- Actualmente, la Huella de Carbono es un tema que se aplica de manera voluntaria, pero en el futuro, posiblemente será un requisito para la mayoría de las industrias y se exigirá incluir a sus proveedores.
- Las tendencias sugieren que el concepto de gestión sustentable, incluyendo la medición de la Huella de Carbono, se realizará a nivel de la cadena de valor, por lo que tarde o temprano, los proveedores de las grandes empresas, los cuales no necesariamente se encuentran dentro de los países industrializados, se verán también confrontados con dichos requisitos.

ANEXO 1

Descripción de los procesos del sistema de producción de café

En la Figura 1, se identifican los diferentes procesos que hacen parte del sistema de producción de café.

A pesar de la variabilidad cultural y ambiental en la cual se desarrolla la producción de café en Colombia, el sistema productivo implica una serie de procesos desde la germinación de la semilla o la renovación de un cultivo anterior, hasta el proceso de postcosecha y entrega del café pergamino seco a la Cooperativa, para continuar en las etapa subsiguientes, como son la transformación y la comercialización.

Germinador. *El germinador es el sitio donde se colocan las semillas de café para que se desarrollen y donde se mantienen hasta que aparezca el primer par de hojas (cotiledones). En esta etapa se obtienen plántulas (chapolas) sanas y bien formadas, para garantizar un buen desarrollo. El tiempo de duración de esta etapa es de aproximadamente 60 días (FNC, Cartilla Cafetera No.4, 2004).*

Actividades en el germinador:

Construcción: El germinador es una estructura construida en diferentes materiales. El sustrato utilizado está constituido por una capa de gravilla de 10 cm, y sobre ésta, una capa de 20 cm de espesor de arena de río lavada. Por cada metro cuadrado se distribuye 1 kg de semilla, que en promedio contiene 3.000 semillas. El riego se realiza de manera frecuente y con agua limpia.

Siembra: La semilla se distribuye sobre la arena humedecida, luego se tapa con otra capa de arena, de 2 cm de espesor; por último, el germinador se cubre de la luz directa del sol y agentes extraños, usualmente con latas de guadua y costales limpios.

Control fitosanitario: Al momento de la siembra se debe aplicar un fungicida para prevenir el volcamiento producido por el patógeno *Rhizoctonia solani*. Se debe usar una regadera para aplicar el fungicida mezclado con el agua.

El germinador debe estar siempre húmedo para no afectar el crecimiento de las chapolas. El riego debe hacerse sobre la cubierta, para quitarle fuerza al golpe de agua.

Regulación de la sombra: Cuando emerge el hipocótilo (fósforo) se retiran los costales, y en los días siguientes, se van quitando gradualmente las latas de guadua hasta que aparecen las hojas cotiledonales o chapolas (primer par de hojas), evitando el sol directo que pueda quemarlas. De la siembra del germinador hasta la obtención de chapolas transcurren aproximadamente 60 días.

Trasplante: Después de 2 meses de permanecer en el germinador, cuando las chapolas están completamente abiertas son llevadas al vivero o almácigo, donde continúa su desarrollo por aproximadamente 180 días. Las mejores chapolas son las que están bien formadas y tienen la raíz completa y vigorosa (FNC, Cartilla Cafetera No. 4, 2004).

Almácigo. *Es el segundo proceso en la etapa finca. El almácigo es el lugar donde se agrupan las bolsas en las que se siembran las chapolas*



Figura 1.
 Mapa de procesos del sistema de producción de café.

provenientes del germinador. Allí permanecen hasta que aparecen las primeras ramas, aproximadamente 180 días (FNC, Cartilla Cafetera No.4, 2004).

Actividades en el almacigo:

Establecimiento de sombrío: Las bolsas se colocan bajo un sombrío artificial (usualmente guadua) o natural (bajo arbustos de crotalaria, higuerilla o guandul), con el fin de acondicionar las plántulas a los rayos del sol, quedando finalmente a libre exposición al cabo de 5 meses.

Control de arvenses en el almacigo:

Generalmente el control de arvenses en almacigos se hace manualmente, pero cuando el tamaño de éste es muy grande, un día antes de la siembra de la chapola se aplica un herbicida, el cual se aplica con equipos de palanca o de presión previa retenida (FNC, Cartilla Cafetera No.4, 2004).

Zoca de café. La segunda opción en la identificación de la cuna del producto en el sistema productivo del café es el inicio del proceso desde la utilización de la zoca, este procedimiento consiste en cortar el tallo

de la planta a 30 cm del suelo, con el fin de estimular la salida de nuevos tallos. El zoqueo se hace inmediatamente después de la cosecha principal, cuando el árbol no tiene flores ni frutos.

En variedades de porte alto o porte bajo, plantadas en cualquier densidad de siembra, a plena exposición solar o con sombrío, a libre crecimiento o con descope, y con diferente número de tallos (chupones), existe un número de cosechas con las cuales se consigue el máximo promedio de producción anual, lo cual determina el número óptimo de años en un ciclo; como consecuencia de lo anterior, el cultivo del café requiere de renovaciones para mantener un promedio de producción alto y rentable por unidad de superficie. Si el cafetal no es renovado la producción declina año tras año, debido a la competencia por espacio, luz, recursos, y además, como efecto del deterioro físico de las plantas (Arcila et al., 2007).

Crecimiento y producción del café. *El cafeto es un arbusto perenne, cuyo ciclo de vida en condiciones comerciales alcanza hasta 20-25 años, dependiendo del sistema de cultivo y su localización. A partir de la germinación de la semilla la planta comienza a producir frutos en ramas de un año de edad, continúa su producción durante varios años y alcanza su máxima productividad entre los 5 y 8 años de edad (Arcila et al., 2007).*

En general, el desarrollo del cafeto se enmarca en tres etapas: Vegetativa, reproductiva y senescente.

La etapa vegetativa en el cafeto comprende 3 fases:

Germinación de la semilla hasta trasplante al vivero (almácigo en 2 meses).

Almácigo (hasta que la planta emite el primer par de ramas).

Desde el trasplante al sitio en el campo hasta la primera floración (11 meses aproximadamente).

Etapas reproductiva: Inicia con la aparición de las primeras flores, continuando con el desarrollo del fruto y su maduración.

Etapas de senescencia: En condiciones naturales, por ser una especie perenne, esta etapa se asocia con largos períodos de tiempo, que bajo una visión productiva se asocia con una disminución en su producción; la cual para las condiciones de clima y suelo colombianas y sistema de cultivo se alcanza entre los 6 y 8 años.

En toda la fase del crecimiento vegetativo y reproductivo, las plantas a través del proceso fotosintético fijan el CO_2 atmosférico y se sintetizan los diferentes componentes que constituirán la biomasa que se distribuye en los diferentes órganos (raíz, tallo, ramas, hojas, flores y frutos), acorde con la oferta ambiental y la expresión genética. La interacción de estos componentes determina el ritmo de crecimiento y la respuesta productiva, que es modulada a su vez por las prácticas culturales y la oferta de nutrimentos presentes en el suelo.

Para el crecimiento de la planta del cafeto, como todo vegetal, por la fotosíntesis se transforma la energía lumínica del sol en energía química y se fija el carbono inorgánico del CO_2 . Del total de la biomasa producida, aproximadamente el 15% se sitúa en los frutos, y a su vez, cerca del 50% del peso seco de éstos es carbono.

Fertilización. Es una práctica de mucha importancia en la producción de café, porque mediante ésta se les suministran a las plantas los nutrimentos que no les aporta el suelo. Con

una buena fertilización se obtienen plantas más vigorosas y sanas, y la producción se mejora en cantidad y en calidad. Una buena fertilización es darle a la planta los nutrimentos que necesita en la cantidad que requiere y en el momento oportuno (FNC, Cartilla Cafetera No. 7, 2004; Arcila *et al.*, 2007). La utilización de fertilizantes químicos (nitrogenados), es una práctica recomendada y usada en Colombia.

Actualmente, se consideran cerca de 16 elementos minerales como esenciales para el crecimiento óptimo de las plantas. Una parte de éstos los adquiere naturalmente la planta a partir del aire y del agua, otra parte es suministrada por el suelo o artificialmente por medio de la fertilización química (Azcón *et al.*, 2000). Los fertilizantes químicos tienen diferente contenido de nutrimentos y se identifican con números que aparecen en el empaque, así: Los tres primeros números representan las cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente que tiene el fertilizante, y son a su vez, los principales elementos que necesitan las plantas (FNC, Cartilla Cafetera No. 7, 2004).

Control de arvenses. Se considera arvense a aquella planta que interfiere con el cultivo, afectando negativamente el sistema productivo. La denominación de maleza puede influir negativamente en la percepción que se tiene sobre una planta y así conducir a su eliminación, por lo anterior en las últimas décadas se está utilizando el término arvense, que significa planta acompañante de los cultivos o prados sin discriminarlas entre buenas y malas.

Las arvenses limitan el crecimiento y la producción de los cultivos ya que compiten por luz, nutrimentos, agua y espacio. Son plantas que aparecen en los cultivos, crecen donde el agricultor no desea y casi siempre

son perjudiciales. Las arvenses agresivas deben eliminarse en los cultivos, lo mismo que las arvenses nobles, de los platos o zonas de raíces, para que los cafetos estén siempre bien formados, nutridos y puedan producir buenas cosechas de calidad (Arcila *et al.*, 2007; FNC, Cartilla Cafetera No. 9, 2004).

Existen cinco formas de controlar las arvenses:

Manual: Se realiza en el plato del árbol, con el fin de no dañar las raíces ni el tallo, por el uso de herramientas.

Con machete: Las desyerbas con machete son realizadas en las calles a una altura de 3 a 5 cm del suelo y nunca a ras, para evitar desnudarlo y evitar la erosión.

Con selector de arvenses: Este equipo fue diseñado por Cenicafé para el control de arvenses. Su objetivo es la selección de las coberturas vegetales nobles para favorecer su establecimiento en el cultivo. En éste se utiliza herbicida y su manejo es manual.

Con azadón: Estas herramientas sirven para eliminar arvenses agresivas con raíz profunda. Esta forma de control no se recomienda debido a que es agresiva y desnuda el suelo ocasionando degradación del mismo.

Con guadaña: Este equipo funciona con un motor a gasolina, el cual proporciona potencia a una cuchilla que cumple la función del corte de arvenses.

Aspersiones en el manejo de plagas y enfermedades. El caficultor tiene a su disposición varios tipos de equipos según sus necesidades, en cuanto a la extensión, topografía y la disponibilidad de agua en la finca (FNC, Cartilla Cafetera No. 18, 2004).

Cuando se realiza la aspersión de algunos productos, bien sea biológicos o químicos, se

utilizan diferentes equipos de aspersión (FNC, Cartilla Cafetera No. 16 - 18, 2004). Solamente se producen emisiones de CO₂ a la atmósfera con aquellos equipos que utilizan combustibles usualmente como gasolina o ACPM.

Descripción de equipos usados en el cultivo del café:

Equipos de palanca: Es un equipo manual que ejerce presión por medio de una palanca accionada por la fuerza del operario, la presión se consigue, al accionar la palanca con movimientos ascendentes y descendentes, el líquido utilizado se comprime en la cámara, la cual retiene la presión hasta comenzar la aspersión accionado por la manija que se encuentra en la lanza, ideal en cultivos de poca extensión.

Equipos de Presión Previa Retenida (PPR): Estos equipos utilizan generalmente la presión de líquido, con una o varias boquillas montadas en el extremo de una lanza, que se sostiene y se orienta por la mano del operador. Para impulsar el líquido contenido en el depósito se utilizan bombas de membrana (diafragma) que son accionadas manualmente por la persona que los opera (presión retenida), inyectándole aire a presión, que actúa sobre el producto contenido en el depósito hermético, y es el que se encarga de impulsar el líquido por las conducciones hasta llegar a la boquilla.

Equipos de aspersión motorizados de espalda: Funcionan por medio de un motor basado en gasolina, el cual produce corrientes de aire que se encarga de impulsar el líquido asperjado hacia el cultivo. Se usan para cultivos de grandes extensiones.

Equipos de aspersión semiestacionarios: Son equipos motorizados de alto rendimiento,

recomendados para fincas con aéreas sembradas en café superiores a 10 ha. Utilizan motores de cuatro tiempos, a gasolina, usando una bomba que mantiene la presión constante.

Cosecha del fruto de café. Desde la floración hasta la maduración de los frutos transcurren de 7 a 8 meses, pero debido a que en nuestras condiciones ambientales en el trópico se favorece el desarrollo sucesivo de las flores sobre los nudos, esto trae como consecuencia que en las ramas se encuentren frutos en diferentes estados de desarrollo en forma simultánea. La distribución de la cosecha depende además de los patrones de floración de cada región (Arcila *et al.*, 2007; FNC, 1998). En Colombia ocurren dos épocas de mayor cosecha, entre abril y junio y entre septiembre y diciembre. El período de mayor cosecha se identifica como "cosecha principal" y el de menor volumen "cosecha de mitaca o traviesa" (FNC, Cartilla Cafetera No. 19, 2004).

La distribución anual de la cosecha en Colombia varía según la localización geográfica, así:

- Zonas con cosecha principal en el primer semestre y la mitaca en el segundo: Cundinamarca, Nariño, Cauca, Tolima, Huila, Quindío, Valle.
- Zona con cosecha principal en el segundo semestre y la mitaca en el primero: Antioquia, Caldas, Risaralda, Valle, Norte de Santander, Boyacá, Huila.
- Zonas de igual cosecha en los dos semestres: Risaralda, Tolima, Valle, Quindío, Caldas, Cundinamarca, Huila, Cauca, Boyacá.
- Zonas con un solo pico de cosecha anual: Cesar, Magdalena, La Guajira, Norte de Santander, Santander, Antioquia.

En términos generales, en Colombia pueden considerarse dos ciclos de floración y cosecha:

Primera época de floración:
noviembre 1 – abril 30

Cosecha:
julio 1 – diciembre 31

Segunda época de floración:
mayo 1 – octubre 31

Cosecha:
enero 1 – junio 30

Poscosecha-Beneficio (despulpado, fermentado, lavado, secado). Beneficiar el café consiste en transformar café cereza (café maduro) en café pergamino seco. En el proceso se separan las partes del fruto y se baja la humedad del grano para conservarlo (FNC, Cartilla Cafetera No. 20 - 21, 2004).

Actividades de poscosecha

Despulpado: Es el primer paso del proceso de beneficio, el cual consiste en remover la pulpa de café por medio de equipos llamados despulpadoras. La pulpa de la cereza madura está formada por el exocarpio (epidermis), que es la capa externa del fruto y representa el 43,2% del fruto en base húmeda (Roa, 1999). Existen dos formas para operar las despulpadoras: Manual o mecánicamente (Roa, 1999):

Manual: Como su nombre lo indica se realiza a mano o por medio de una bicicleta a pedal.

Mecánico: Se da por medio de un motor anexo a la despulpadora; éste funciona usualmente con energía eléctrica.

Fermentación: Es el proceso en el cual se descompone el mucílago que cubre el pergamino del café. El mucílago descompuesto

de disuelve y se elimina por medio del lavado. Este proceso puede demorar entre 12 y 18 h, dependiendo de la temperatura. Cenicafé desarrolló el beneficio ecológico utilizando el equipo Becolsub, con el fin de remover rápidamente el mucílago, reduciendo significativamente el consumo de agua y la contaminación por las mieles altamente viscosas que se vierten a los cuerpos de agua.

Lavado: Este proceso no se presenta en el beneficio ecológico y es el paso mediante el cual se remueve el mucílago fermentado por medio de la utilización de agua. En algunas ocasiones el caficultor utiliza bombas sumergibles con el fin de transportar su café desde el tanque de fermentación a otros sitios en el beneficiadero. El lavado del café después de ser despulpado, permite retirar totalmente el mucílago fermentado del grano. Se utiliza agua limpia para evitar defectos en el grano. Puede hacerse en tanques de fermentación o pasarse por canales de correteo.

Secado: El secado es la etapa del beneficio que tiene como fin disminuir la humedad del grano que permita su almacenamiento (11%-12%). Para lograr el secado podemos recurrir al sistema natural al sol (patios de cemento, carros secadores, heldas, marquesinas o secadores parabólicos) o al sistema mecánico (silos, guardiolas) (FNC, Cartilla Cafetera No. 21, 2004).

Mineralización de la materia orgánica.

La mineralización se entiende como la degradación completa de un compuesto a sus constituyentes minerales, en donde el carbono orgánico es oxidado hasta CO₂, este mismo

principio es aplicado a la materia orgánica proveniente de los subproductos del café (pulpa y mucílago). Cada material dependiendo de su composición, tiene un tiempo de degradación en el suelo, el cual depende de factores como la temperatura, humedad y características físicas del suelo, entre otras. Es así como el compost aplicado en el cultivo juega un papel importante en los balances de carbono a través del tiempo.

La fertilización orgánica en el cultivo del café tiene como base la utilización de los subproductos provenientes de su beneficio, los cuales son la pulpa de café mezclada con el mucílago y el lombricomposto proveniente de la transformación por medio de la lombriz roja californiana. En otros casos, Cuando las arvenses son cortadas y dejadas en el suelo, sufren un proceso de mineralización, donde los elementos y compuestos (entre ellos el carbono) de la materia orgánica se descomponen en formas disponibles para los vegetales, siendo éstos reincorporados al suelo. Teniendo como base los trabajos de Suárez y Carrillo (Suárez, 2001; Suárez y Carrillo, 1976), se determina que en un período de 3 meses las arvenses cumplen un proceso de mineralización del 33%, permaneciendo un remanente del 67%.

Transporte.

En el sistema de producción del café pergamino seco, el transporte es una acción que se presenta en diferentes momentos del proceso:

- Transporte de almácigo a la finca (cuando es comprado externamente)
- Transporte de almácigo al sitio de siembra
- Transporte de fertilizantes y productos de control fitosanitario
- Transporte de café cereza al sitio de beneficio
- Transporte de combustibles a la finca
- Transporte del café pergamino seco (mojado o cereza) al sitio de venta

Variables que puede presentar el transporte:

Transporte por humanos y/o animales: El transporte de las plántulas, café o insumos puede ser realizado por personas y/o animales como la mula o caballo.

Transporte en vehículo: Dependiendo de las características de la finca el transporte de las plántulas, café o insumos puede ser realizado en vehículos con diferentes características de funcionamiento en combustible y capacidad.

ANEXO 2

Promedios de los porcentajes para cada una de las fincas evaluadas, relacionadas con las emisiones, las fijaciones y el balance (kg/CO_{2e})

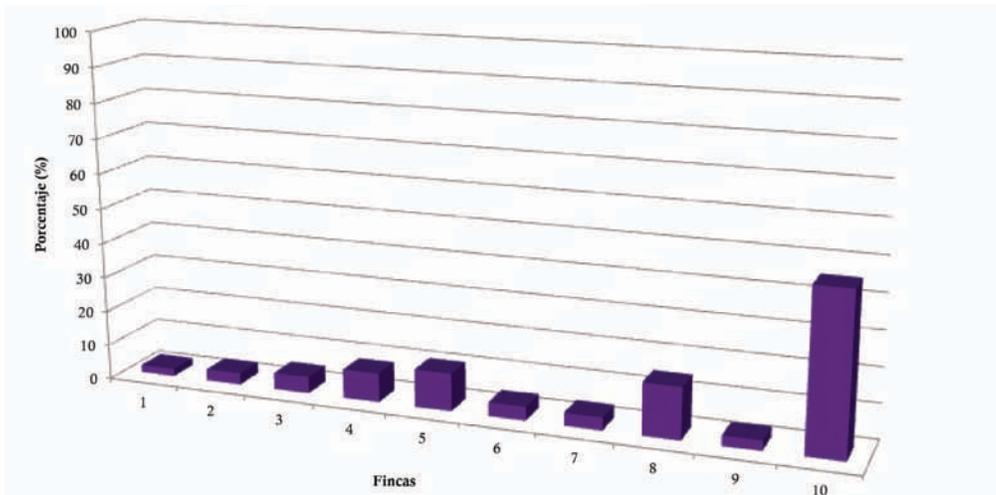


Figura 1. Promedios de los porcentajes de fijaciones en cada finca.

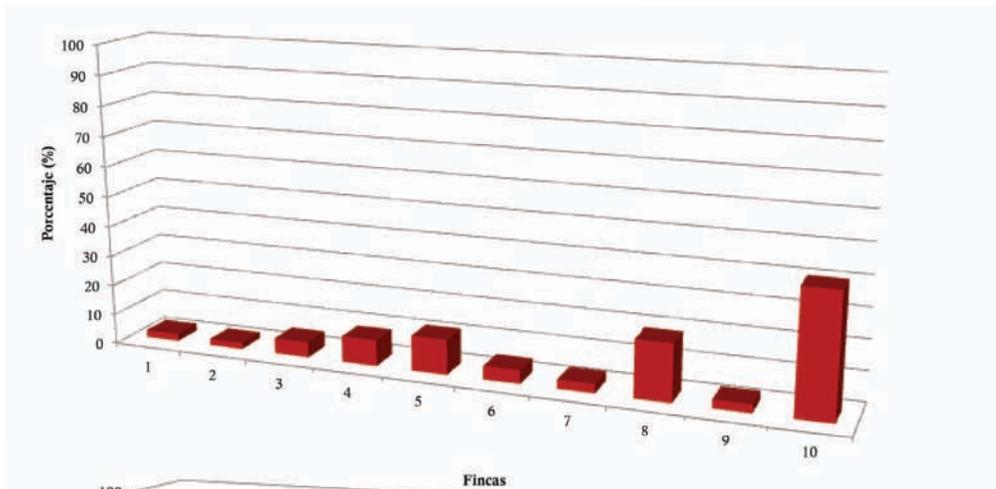


Figura 2. Promedios de los porcentajes de emisiones en cada finca.

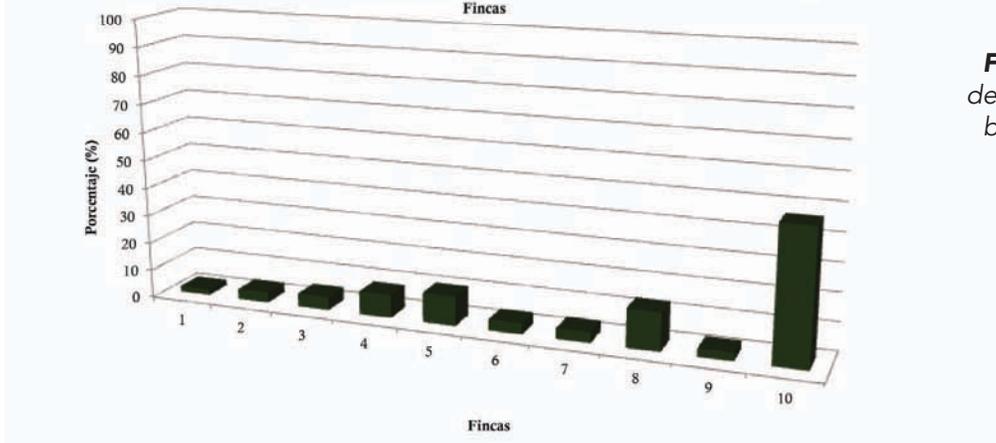


Figura 3. Promedios de los porcentajes del balance (kg CO_{2e}) en cada finca.

Bibliografía

AGROMETÁLICAS Gallego. Productos para el proceso de transformación del café. [En línea]. Belén de Umbría, Risaralda: Agrometálicas Gallego, 2008.

Disponible en internet: <<http://www.agrometalicasgallego.com/productos.htm>>

ARCILA P., J.; FARFÁN V., F.; MORENO B., A.M.; SALAZAR G., L.F.; HINCAPIÉ J.E. Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná: Cenicafé, 2007. 309 p.

AZCÓN, J.; BIETO M, T. Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw Hill Interamericana Barcelona España 2000

BLANDÓN, G.; RODRÍGUEZ, N.; DÁVILA, M. T. Caracterización microbiológica y físico-química de los subproductos del beneficio del café en proceso de compostaje. Cenicafé 49(3):169-185. 1998.

BRESSANNI, R. Composición química de los subproductos del café. En: REUNIÓN Internacional sobre la Utilización de Subproductos Agrícolas e Industriales. Informe final (junio 11-14, 1974: Turrialba) Costa Rica: IICA, p. 13-15.

CALCULADORA DE CARBONO. [En línea]. Reino Unido: msn, 2008. Disponible en internet: <http://news.uk.msn.com/carbon_calculator_assumptions.aspx>

CALLE, H. Subproductos del café. Chinchiná: Cenicafé, 1977. 84 p. (Boletín Técnico No. 6.)

CARBON DIOXIDE EMISSIONS CALCULATOR. [En línea]. Australia: Abril, 2008. Disponible en internet: <<http://www.carbonify.com/carbon-calculator.htm>>

CARBON TRUST. Guidelines to defra's ghg conversion factors for company reporting. Annexes. [En línea]. Reino Unido, Abril 2008. Disponible en internet: <<http://www.defra.gov.uk/environment/business/reporting/pdf/conversion-factors.pdf>>

CASANOVAS, M. Área de cambio climático, Subsecretaria de desarrollo sustentable, secretaria de política ambiental. Actividades de proyecto MDL en bioenergía. El caso de la provincia de buenos aires. [En línea]. Mendoza 3 y 4 de abril 2006. Disponible en internet: <www.uncu.edu.ar/contenido/skins/unc/download/Ing%20Monica%20Casanovas.ppt>

CENTRAL TERMOELECTRICA – Impacto ambiental – Gas natural. [En línea]. España, Marzo 2008. Disponible en internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Central_termoel%C3%A9ctrica>

CENTRAL TERMOELÉCTRICA – Impacto ambiental – Fuelóleo. [En línea]. España, Marzo 2008. Disponible en internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Central_termoel%C3%A9ctrica>

CENTRAL TERMOELÉCTRICA – Impacto ambiental – Biomasa (Leña, madera). [En línea]. España, Marzo 2008 Disponible en internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Central_termoel%C3%A9ctrica>

DEFINICIONES DE ENERGÍA Y POTENCIA. [En línea]. España, Marzo 2008. Disponible en internet: <www.windpower.org/es/stat/unitsene.htm>

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS (FNC) CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ (Cenicafé). Respuesta en producción de cafetales al sol fertilizados con lombricompost. En: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. Informe anual de actividades. Chinchiná: Cenicafé: Federación Nacional de Cafeteros, 2002.

Germinadores y almácigos. Chinchiná: Cenicafé, 2004. P. 64 - 86 (Cartilla cafetera Vol. 1: No.4).

Fertilización de los cafetales. Chinchiná: Cenicafé, 2004. P. 132 - 154 (Cartilla cafetera Vol. 1: No.7).

Produce abono orgánico en la finca. Chinchiná: Cenicafé, 2004. P. 156 - 178 (Cartilla cafetera Vol. 1: No.8).

Manejo de las malezas en los cafetales. Chinchiná: Cenicafé, 2004. P. 180 - 202 (Cartilla cafetera Vol. 1: No.9).

Poda de cafetales tecnificados. Chinchiná: Cenicafé, 2004. P. 204 - 226 (Cartilla cafetera Vol. 1: No.10).

Producción de café orgánico. Chinchiná: Cenicafé, 2004. P. 4 - 22 (Cartilla cafetera Vol. 2: No.13).

Manejo integrado de enfermedades. Chinchiná: Cenicafé, 2004. P. 62 - 83 (Cartilla cafetera Vol. 2: No.16).

Manejo seguro de productos biológicos y químicos para el control de plagas y enfermedades del café. Chinchiná: Cenicafé, 2004. P. 112 - 128 (Cartilla cafetera Vol. 2: No.18).

Recolección del café. Chinchiná: Cenicafé, 2004. P. 130 - 150 (Cartilla cafetera Vol. 2: No.19).

Beneficio del café I: Despulpado, remoción del mucílago y lavado. Chinchiná: Cenicafé, 2004. P. 152 - 172 (Cartilla cafetera Vol. 2: No.20).

Beneficio del café II: Secado del café pergamino. Chinchiná: Cenicafé, 2004. P. 174 - 190 (Cartilla cafetera Vol. 2: No.21).

Manejo y aprovechamiento de productos derivados del beneficio del café. Chinchiná: Cenicafé, 2004. P. 192 - 209 (Cartilla cafetera Vol. 2: No.22).

Tecnología del cultivo del café. Chinchiná: Cenicafé: Comité Departamental de Cafeteros de Caldas, 1988. 2 ed. 404 p.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA (FNC). Indicadores de rendimiento de la caficultura en Caldas: Cartilla. Manizales: FNC: Comité de Cafeteros de Caldas, 1999. 120 p.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. GERENCIA TECNICA. Indicadores de rendimiento de la caficultura: Cartilla. Bogotá: FNC, 2001. 120 p.

GARCIA., J.C. Manejo y calibración de equipos motorizados de espalda. Chinchiná: Cenicafé, 2008. (Comunicación personal).

HARTZ, T.K.; MITCHELL, J.P.; GIANNINI, C. Nitrogen and carbon mineralization dynamics of manures and composts. Hortscience 35(2):209 - 212. 2000.

HAVLIN, J.L.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers; an introduction to nutrient managements. 6. Ed. Upper Saddle River: Prentice hall, 1999. 499 p.

MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL Y MEDIO AMBIENTE SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE Y POLÍTICA AMBIENTAL. Inventario de gases de efecto invernadero 1997 – manejo de residuos sólidos. [En Línea]. Argentina, 1977. p. 4. Disponible en internet:

<<http://www.medioambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/manejo%20de%20residuos%20inventarios.pdf>>

MONTILLA P., J. Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café. Manizales: Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2006. 107 p. 84. Trabajo de grado: Ingeniero Agrónomo.

OBANDO., D. Observaciones en experimentos realizados en fisiología vegetal durante el año 2006 en arboles de café de 3 años de edad. Chinchiná: Cenicafé, 2008. (Comunicación personal).

PROTOCOLO DE GASES EFECTO INVERNADERO. Calculating CO₂ Emissions from Mobile Sources. [En línea]. U.S.A., Suiza. 2005. Disponible en Internet: <[http://www.ghgprotocol.org/calculation-tool/downloads/calcs/CO₂-mobile.pdf](http://www.ghgprotocol.org/calculation-tool/downloads/calcs/CO2-mobile.pdf)>

RIAÑO H., N. M.; ARCILA P., J.; JARAMILLO R., A. Análisis de crecimiento del cafeto en diferentes condiciones climáticas de la zona cafetera Colombiana. En: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. Informe anual de labores 1995 – 1996 Chinchiná: Cenicafé, 1996.

RIAÑO H., N.M.; ARCILA P., J.; JARAMILLO R., A. Análisis de crecimiento del cafeto en diferentes condiciones climáticas de la zona cafetera Colombiana. En: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. Informe anual de labores 1990 – 1991 Chinchiná: Cenicafé, 1991.

ROA M., G.; OLIVEROS T., C.E.; ALVAREZ G., J.; RAMIREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; DAVILA A., M.T.; ALVAREZ H., J.R.; ZAMBRANO F., D.A.; PUERTA Q., G.I.; RODRIGUEZ V., N. Beneficio ecológico del café. Chinchiná: Cenicafé, 1999. 273 p.

RODRIGUEZ, N. Balance energético en la producción de etanol a partir de la pulpa y el mucílago de café y poder calorífico de los subproductos del proceso del cultivo de café. Chinchiná: Cenicafé. 2007. 7 p.

RODRÍGUEZ, N. Aprovechamiento de los residuos sólidos generados en el cultivo e industrialización del café para la producción de hongos comestibles y medicinales. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2003. 140p.

SÁNCHEZ, J. E.; ROYSE, D. J. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. México: Ed. Limusa, 2001. 290 p.

SALAZAR A., J.N. Respuestas de plántulas de café a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio. Cenicafé 28:61-65. 1977.

SNYDER C.S., BRUULSEMA T.W., JENSEN, T.L. Greenhouse gas emissions from cropping systems and the influence of fertilizer management. International Plant Nutrition Institute (IPNI). A literature review, [En línea]. U.S.A. Diciembre, 2007. PAG.14. Disponible en internet: <www.ipni.net >

SUÁREZ V., S. La materia orgánica en la nutrición del café y el mejoramiento de los suelos de la zona cafetera. Chinchiná: Cenicafé, 2001. 8 p. (Avance técnico 283).

SUÁREZ V., S.; CARRILLO P., I.F. Volatilización del amoníaco durante la mineralización del mulch de *stylosantes guyanensis*. Cenicafé 27 (3): 95-103, 1976.

SUÁREZ V., S.; CARRILLO P., I.F. Descomposición biológica de leguminosas y otros materiales de la zona cafetera colombiana. Cenicafé 27(2): 67-77. 1976.

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Factores de emisión de los combustibles Colombianos. [En línea]. Bogotá, 2003.

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Metodología simplificada para el cálculo de la línea para proyectos de pequeña escala. Bogotá, 2006.

UNITED STATES ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY- EPA. Office of Transportation and Air Quality. Emission Facts Average Carbon Dioxide Emissions Resulting from Gasoline and Diesel Fuel. [En línea]. U.S.A. EPA420-F-05-001 February 2005. Disponible en Internet: <<http://www.epa.gov/OMS/climate/420f05001.pdf>>

URIBE H., A.; MESTRE M., A. Efecto del nitrógeno, el fósforo y el potasio sobre la producción de café. *Cenicafé* 27(4):158-173. 1976.

VILLALBA G., D.A. Manejo y calibración de equipos semi estacionarios para el manejo de plagas y enfermedades en café. Chinchiná: Cenicafé, 2008. (Comunicación personal).

WATT IS THE QUANTITY OF ENERGY USED OR SUPPLIED PER UNIT TIME (also called power). [En línea]. U.S.A. 1991. Disponible en internet:<http://www.mhi-inc.com/Converter/watt_calculator.htm>

ZAMBRANO F., D. A. Estudios de planta piloto para el tratamiento anaeróbico de las aguas residuales del proceso de beneficio húmedo del café. Informe final (Proyecto QIN-02-00). Cenicafé - Chinchiná, 1994.

ZAMBRANO F., D. A; ISAZA H., J. D. Lavado del café en los tanques de fermentación. *Cenicafé* 45(3):106-118. 1994.

Cambio Climático (Bases físicas) 2013 del IPCC. Resumen para responsables de políticas. Grupo de Trabajo I. Contribución del grupo de trabajo I al quinto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. OMM – PNUMA. 34 páginas.

Huella de Carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático. Alicia Frohmann, Ximena Olmos. Naciones Unidas. CEPAL. AECID. 2013.

