

**Huella de Carbono del café (*Coffea arabica*)
en Empresa Asociativa Campesina Aruco en
Copán, Honduras para el año 2016-2017**

Andrea Carina Albornoz Osorio

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

Huella de Carbono del café (*Coffea arabica*) en Empresa Asociativa Campesina Aruco en Copán, Honduras para el año 2016-2017

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Ambiente y Desarrollo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Andrea Carina Albornoz Osorio

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2017

Huella de Carbono del café (*Coffea arabica*) en Empresa Asociativa Campesina Aruco en Copán, Honduras para el año 2016-2017

Andrea Carina Albornoz Osorio

Resumen. La huella de carbono es la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la producción, procesamiento y consumo de un producto o servicio. En el estudio se estimó la cantidad de CO₂ eq (Dióxido de Carbono equivalente) de abril 2016 a abril 2017 de la Empresa Asociativa Campesina Aruco ubicada en Copán, Honduras. Las normas PAS 2050: 2013 y PAS 2050-1: 2013 se utilizaron como referencia para tomar y calcular los datos. Se tomaron datos de consumo de electricidad, materias primas, residuos, combustible, fertilizantes y agroquímicos. Se realizó el cálculo en Excel y en el programa Umberto NXT CO₂ (V7.1) utilizando factores de emisión del Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático y datos de Ecoinvent. La huella de carbono en el 2016/2017 fue de 3.42 kg CO₂ eq/ kg café oro, la etapa de cultivo fue la de mayor impacto (1.74 kg CO₂ eq/ kg café oro), seguido de la etapa de procesado (1.10 kg CO₂ eq/ kg café oro). PAS 2050 considera las emisiones de huella de carbono de 1-3 kg CO₂ eq/kg café oro de alto impacto al medio ambiente. El mayor impacto de la huella de carbono proviene de fertilizantes y sus emisiones, diésel y metano generado por aguas mieles en las lagunas de oxidación. La reducción de emisiones de carbono dentro de la empresa es posible mediante la implementación de un plan de eficiencia energética, uso de fertilizantes adecuado y capacitación de personal para encaminar la empresa hacia la certificación de carbono neutralidad.

Palabras clave: Café Copán, cambio climático, gases de efecto invernadero, huella de carbono de producto.

Abstract. The carbon footprint is the amount of greenhouse gas emissions associated with production, processing and consumption. In the study, the amount of CO₂ eq (Carbon dioxide equivalent) from April 2016 to April 2017 of the Empresa Asociativa Campesina Aruco, located in Copán, Honduras. The technical specifications PAS 2050: 2013 and PAS 2050-1: 2013 were used as reference for data collection and calculation. Data were collected on electricity consumption, raw materials, waste, fuel, fertilizers and agrochemicals. Calculation was performed in Excel and in the Umberto NXT CO₂ software (V7.1) using IPCC emission factors and Ecoinvent data. The carbon footprint in 2016/2017 was 3.42 kg CO₂ eq/kg green coffee, the highest emission came from cultivation (1.74 kg CO₂ eq/kg green coffee), followed by the processing stage (1.10 kg CO₂ eq / kg green coffee). The greatest impact of the carbon footprint comes from fertilizers and their emissions in the field, diesel and methane generated by coffee residue waters in the oxidation ponds. Reducing carbon emissions within the company is possible through the implementation of an energy efficiency plan, proper fertilizer use, and staff training to guide the company toward carbon neutrality certification.

Key words: Climate change, Copán coffee, greenhouse gas emissions, product carbon footprint.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	6
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4. CONCLUSIONES	26
5. RECOMENDACIONES	27
6. LITERATURA CITADA.....	29
7. ANEXOS	34

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Tabla	Página
1. Cálculo de productores muestrados.....	8
2. Parcelas de los productores muestra.....	9
3. Factores de emisión.	14
4. Potencial de calentamiento global de los gases.....	16

Figuras	Página
1. Ubicación Empresa Asociativa Campesina Aruco, Copán, Honduras.....	7
2. Mapa de flujo de procesos actual (cultivo, procesamiento, distribución.).....	10
3. Inventario de la etapa de cultivo.....	11
4. Inventario etapa de procesamiento.	12
5. Inventario etapa de distribución.	12
6. Huella de carbono de Empresa Asociativa Campesina Aruco, Copán, Honduras.	18
7. Emisiones etapa de cultivo Empresa Asociativa Campesina Aruco, Copán, Honduras.....	19
8. Inventario emisiones etapa de procesamiento Empresa Asociativa Campesina Aruco, Copán, Honduras.	20
9. Inventario emisiones en la etapa de distribución de la Empresa Asociativa Campesina Aruco, Copán, Honduras.	21
10. Emisiones por categorías de la Empresa Asociativa Campesina Aruco, Copán, Honduras.	22
11. Ciclo de la estrategia de carbono.....	23

Anexos	Página
1. Visita a productor con el certificado de Rain Forest Alliance.....	34
2. Finca visitada bajo la certificación de Rainforest Alliance.	34
3. Cálculos huella de carbono etapa de cultivo.	35
4. Cálculo huella de carbono transporte en etapa de cultivo.	36
5. Cálculo huella de carbono en etapa de procesamiento.....	37
6. Cálculo huella de carbono transporte en procesamiento.	38
7. Cálculo de huella de carbono etapa de distribución.	39
8. Gráfico de huella de carbono, Programa Umberto.....	40
9. Inventario huella de carbono	40

1. INTRODUCCIÓN

Cada día se exige una producción mundial más amigable con el ambiente, con el fin de conocer el impacto real de un producto en el medio ambiente. Se han desarrollado varias metodologías para medir dicho impacto, pero que a la vez ofrezcan recomendaciones de mejora continua. El mercado no se queda afuera porque la tendencia hacia el consumo de productos amigables está creciendo continuamente. La medición de huella de carbono, es una alternativa hacia la producción más limpia del café, que permite medir el impacto ambiental e identificar mejoras en las empresas tanto en ahorro económico como en la eficiencia de la producción (Comisión Económica para América Latina y El Caribe [CEPAL], 2012).

Varios instrumentos miden el impacto de un producto al medio ambiente por las emisiones y las cantidades de recurso utilizadas y desechos generadas entre ellas: por ejemplo el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), la huella hídrica, huella de energía, huella corporativa, huella del comercio y huella de carbono (Lara Arzate, Falfán Velásquez y Villa Gutiérrez, 2012). El ACV es una herramienta analítica que se utiliza en diversos sectores para evaluar la producción, procesamiento, consumo y deposición de los recursos. Mediante el ACV se puede contabilizar de manera sistematizada (procesos) las cantidades de recursos que entran y salen en el ciclo de vida de un producto, servicio y organización. Dentro del campo agrícola el ACV es relativamente nuevo y tiene sus complejidades debido a informalidad en las prácticas de producción, la gran diferencia de aplicación de un sector a otro y la carencia de datos (Arango, Carmona y Romero, 2014; International Organization for Standardization [ISO], 2006).

La huella de carbono mide la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera como resultado de una actividad de producción y consumo de un bien o servicio. El establecimiento de todas las fuentes de emisiones permite identificar mejoras y medidas de reducción, convirtiéndose la huella de carbono en un indicador de competitividad frente al cambiante mercado internacional (de la Cruz Leiva, Carballo Peneda y Domench, 2011). Los GEI tienden a acumularse en la capa media de la atmósfera y evitan la salida de la radiación solar, lo cual provoca que la temperatura aumente en la superficie terrestre (Espíndola y Valderrama, 2012). Estos gases han estado presentes en la atmósfera desde tiempos remotos, sin embargo, han mostrado un aumento creciente en los últimos años. La actividad antropogénica tras siglo y medio de deforestación, métodos agrícolas y alto crecimiento poblacional ha impactado el medio ambiente (Elrington, 2003).

Muchos estudios sobre calentamiento global son realizados por científicos, académicos, organizaciones, investigadores y gobiernos con el fin de frenar el calentamiento global o para mitigar y adaptarse al cambio climático. Se requiere de políticas, conocimiento y

cambio en comportamiento de la población especialmente de las industrias a nivel mundial para frenar el calentamiento global (Núñez y Núñez, 2012).

El cambio climático se define como cambios en el clima a nivel mundial, generados por las actividades humanas (Useros Fernández, 2013). Los países desarrollados son los que actualmente más contribuyen a este cambio. Por ejemplo, las plantas de producción de energía eléctrica y la empresa automotriz, el uso de transporte, la calefacción de hogares oficinas y la agricultura entre otros generan GEI; los cuales en altas concentraciones causan el calentamiento global (Comisión Europea). En la COP 21 realizada en París en el 2015 se llegaron a una serie de acuerdos, entre ellos se menciona el incremento de la temperatura media global no puede ser mayor a 2 °C. Por lo anterior, cada país debe comunicar y reducir sus emisiones en la medida de lo posible. Los esfuerzos a nivel mundial por evitar los efectos adversos del cambio climático se encaminan hacia la reducción de emisiones, con el paso del tiempo se busca una sinergia entre mitigación y adaptación como respuesta al cambio climático (Gobierno de España, 2017).

Para medir el impacto de cada compuesto, el CO₂ sirve de referencia, por lo que las emisiones GEI se traducen en cantidades equivalentes de CO₂, que pueden ser toneladas o kilogramos equivalentes. Los seis gases identificados por el protocolo de Kioto son dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆) (Frohmann, Herreros, Mulder y Olmos, 2015). La huella de carbono, se puede calcular con enfoque en un producto, corporación o mixta. Este estudio calculó la huella de carbono del producto café oro, utilizando la metodología de PAS 2050. La especificación técnica PAS 2050 cuenta con una extensión la cual es una guía para el cálculo de emisiones GEI vinculadas a lo largo del proceso de producción, transporte, almacenamiento, utilización y residuos de un producto. PAS 2050:1 fue creada específicamente para productos hortofrutícolas de la cuna a la puerta (plantación hasta el puerto de exportación), sin embargo, está hecha para utilizarse en conjunto con PAS 2050, para complementar a aquellas mediciones que se harán hasta la tumba (desechado por el consumidor). Aunque el café no corresponde a la categoría de planta hortícola, PAS 2050:1 incluye a las plantas perennes en una de las categorías por lo cual el café encaja dentro de la guía (British Standards Institution [BSI], 2012).

A nivel internacional, el tema de cambio climático se ha convertido en una preocupación global motivo por el cual la división de Comercio Internacional e Integración de la CEPAL durante los años 2012 y 2014 realizó el proyecto “Fortalecimiento de las capacidades nacionales de los sectores exportadores en América Latina y el Caribe para afrontar los retos del cambio climático” (Comisión económica para América Latina y El Caribe [CEPAL], 2013). Uno de los objetivos del proyecto fue: “Fortalecer las capacidades de gobiernos y exportadores de alimentos para que tengan el conocimiento de cómo enfrentar los desafíos que se plantean para el comercio internacional y las diversas iniciativas relacionadas con el cambio climático” dentro del cual entre el tema de huella de carbono (Frohmann et al., 2015).

La huella de carbono es un estándar internacional que no solo incentiva la compra del producto amigable con el ambiente por el mercado extranjero, sino que permite hacer más eficientes algunos procesos dentro de la empresa (Comisión económica para América

Latina y El Caribe [CEPAL], 2013). A la larga, adoptar estándares como el de la huella de carbono en la empresa, se traduce en ahorro de dinero, diferenciación de producto y competitividad a nivel de mercado. La CEPAL realizó varios estudios piloto de medición de huella de carbono en Honduras, Colombia, República Dominicana, Nicaragua y Ecuador. En estos países se estimó la huella de carbono para algunos productos de exportación como ser: cacao, café, camarón, aceite de palma, banano y uchuva. Dentro del proyecto se realizó actividades de difusión y capacitación a las empresas exportadoras por medio de talleres y seminarios (Frohmann et al., 2015).

La importancia de cultivo de café es debido a su alta producción a nivel de los trópicos y alta demanda por mercados internacionales. El cultivo genera impactos ambientales que requieren adecuado manejo. Es por ello que se ha tomado en consideración como uno de los sectores productivos que debe de mejorar para reducir emisiones (Frohmann et al., 2015). La agricultura en general emite a la atmosfera GEI como ser: dióxido de carbono (CO₂) de la combustión de combustibles fósiles y del uso de urea y caliza. El metano (CH₄) de oxidación anaeróbica de materia orgánica y óxido nitroso (N₂O) por el uso de fertilizantes nitrogenados el cual se estima con emisiones globales de 3.5 millones de toneladas de N₂O (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2004). El uso de fertilizantes, el transporte de materiales, almacenamiento, el envasado de productos y otros procesos en el ciclo de vida del café emiten en su conjunto GEI que a la larga causan problemas de exceso de precipitación, sequías las que afectan los rendimientos de los cultivos (Centro de Comercio Internacional [ITC], 2012).

Honduras es un país altamente productor de café dentro de los departamentos con mayor producción para el 2015-2016 se encuentra Comayagua con una producción de 1,353 qq. El segundo departamento con mayor producción es El Paraíso con 1,100 qq, en tercer lugar, se encuentra Copán con 856 qq de producción de café oro. De los 298 municipios con los que cuenta el país 210 son productores de café los que generan 38% del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola. Los países destino del café hondureño son Europa con el 60% de la producción, seguido por América del Norte con un 30% y el 10% se destina para consumo interno (Instituto Hondureño del Café [IHCAFE], 2017).

El cafeto es un arbusto perenne que puede durar unos 20-25 años en producción. En su primer año de vida la planta produce en pequeña cantidad sin embargo es hasta los 6-8 años de edad que alcanza su máxima producción. Es un cultivo que necesita presencia de sombra permanente durante casi toda su vida. Para esto se utilizan sombras ya sean permanentes o temporales. La planta emplea una buena parte de su ciclo de vida en producir estructuras vegetativas como hojas, raíces, ramas y nudos. Luego de completar su desarrollo vegetativo la planta envejece y entra a un estado de senescencia (Arcila, 2008). La densidad de siembra del café depende de algunos factores entre ellos desarrollo foliar de la variedad, condiciones climáticas y disponibilidad de nutrientes en el suelo (Asociación Nacional del Café [ANACAFE], 2015). En Corquín, Copán algunos productores siembran su café a una distancia de 2 x 1.10 metros la cual varía según gustos de cada uno. Las producciones esperadas con la variedad Lempira pueden ser de 1,090 qq/mz. El cultivo de café se desarrolla desde 900 - 1,600 msnm a mayor altura el grano demora mucho tiempo en madurarse y a menor altura el grano obtenido no es de calidad. Las plagas que más atacan

el café son la broca ataca el grano, la roya que afecta las hojas, se ha encontrado la palomilla que daña la raíz de la planta alimentándose de la savia (Arcila, 2008).

En el procesamiento agroindustrial del café solo se utiliza el 9.5% del peso del fruto, el 90.5% se traduce a residuos que por lo general al no tener un buen manejo terminan siendo arrojados a ríos y quebradas en donde contaminan a gran escala y disminuyen la posibilidad de la existencia de vida (Suarez Agudelo, 2012). El beneficiado de café ocasiona diversos impactos al medio ambiente, por ejemplo: las emisiones por consumo de energía y emisiones de metano por las aguas mieles y la pulpa generada en el proceso. Las que al no disponerse de la manera adecuada contaminan ríos afectando concentraciones de oxígeno en la misma (Cárdenas y Vásquez, 2013).

El estudio se centra en La Empresa Asociativa Campesina Aruco la cual se fundó el 5 de septiembre del 2006 con el fin de ser un ente intermediario para la venta de café de algunos productores de la zona. Aruco inició con 14 socios, luego con el apoyo de la Cooperación Alemana (GIZ) se logró establecer el contacto con exportadoras de café. A través de los años ha ido creciendo y superando obstáculos como el ataque de la Roya en 2012-2013 la cual diezmo las plantaciones de café, obligando a los productores a establecer nuevamente sus parcelas de café. En marzo del 2012, Aruco con el apoyo de Asociación Española para la Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) y Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo (SNV) y la empresa española especialista en huella de carbono Factor CO₂ realizaron la primera medición de huella de carbono. Se realizó el proyecto de medición de huella de carbono del café oro de exportación procesado en el beneficio. De ese estudio mediante un análisis de pre-factibilidad técnica se planteó la posibilidad de realizar un proyecto de producción de bioetanol, biogás y biofertilizantes con los residuos de aguas mieles y pulpa. Con el objetivo de mejorar la sostenibilidad de la empresa como tal y la posibilidad de expandirse a nuevos mercados, así como reducir su huella de carbono a nivel de producto (Factor CO₂ y Netherlands Development Organization [SNV], 2015).

En septiembre del 2015 La Empresa Asociativa Campesina Aruco en conjunto con SNV y Factor CO₂ realizaron una segunda medición de la huella de carbono en el beneficio. En esta ocasión se mejoraron algunos procesos de la huella de carbono del 2012 y se implementaron medidas eficientes en el sistema. La unidad de referencia también cambió siendo antes en el proyecto piloto de un saco de 46 kg de café oro de exportación ahora ha cambiado a 1 kg de café oro (Factor CO₂ y Netherlands Development Organization [SNV], 2015).

El estudio de huella de carbono consistió en calcular la huella del año 2017. Con el fin de proveer de información a la medición anual de la Empresa Asociativa Campesina Aruco para llegar en un futuro a distinguirse con un certificado de Carbono neutral. Para lograrlo, se planteó lo siguiente:

- Estimar la cantidad de CO₂ eq (Dióxido de carbono equivalente) generado por el cultivo de café durante abril 2016 hasta abril 2017 de la Empresa Asociativa Campesina Aruco.

- Identificar los puntos de emisión más importantes y con mayor impacto dentro del cálculo de huella de carbono y establecer medidas para reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Identificar e enumerar las medidas de compensación de emisiones que permitirán a la Empresa Asociativa Campesina Aruco convertirse en una entidad carbono neutral.

2. METODOLOGÍA

Área de estudio.

El estudio se realizó en la Empresa Asociativa Campesina Aruco, ubicada en San Pedro de Copán, departamento de Copán en el occidente de Honduras, en la región cafetalera del mismo nombre (Figura 1). San Pedro de Copán se encuentra a una altura de 845 msnm con una precipitación anual de 1,300-2,300 mm repartidos mayormente entre los meses de mayo a inicio de septiembre. La empresa se dedica a la producción y exportación de café (Empresa Asociativa Campesina Aruco, 2017).

La cosecha de café inicia en el mes de octubre terminando en marzo o abril del siguiente año, dependiendo de la altura a la que se encuentre el cultivo y las condiciones climáticas. Los productores socios (175 a la fecha) llevan su café en uva a Aruco quien lo recibe en sus instalaciones y realiza el proceso de beneficiado húmedo. El mismo consta del despulpado, lavado y un posterior secado en patio para llevarlo a 44% de humedad. Luego entra al beneficio seco en el cual pasa a las secadoras horizontales para llegar a un 11.50% de humedad la cual es la adecuada para almacenarse en bodega.

Los productores trabajan con distintas variedades de café entre ellas Maradojipe, Lempira, Parainema, Catuai, IHCAFE 90 y Obatá. La variedad de café a cultivar dependerá de varios factores como la altura de la finca, experiencia y tradiciones de los legados cafetaleros. Algunas fincas se dedican a la producción de café convencional otras en cambio han optado por convertirse a café orgánico debido a incentivos de mercado. Los cafés de altura son preferidos por sus características en taza debido que al madurar más lentamente el fruto tienen sabores y aromas únicos.

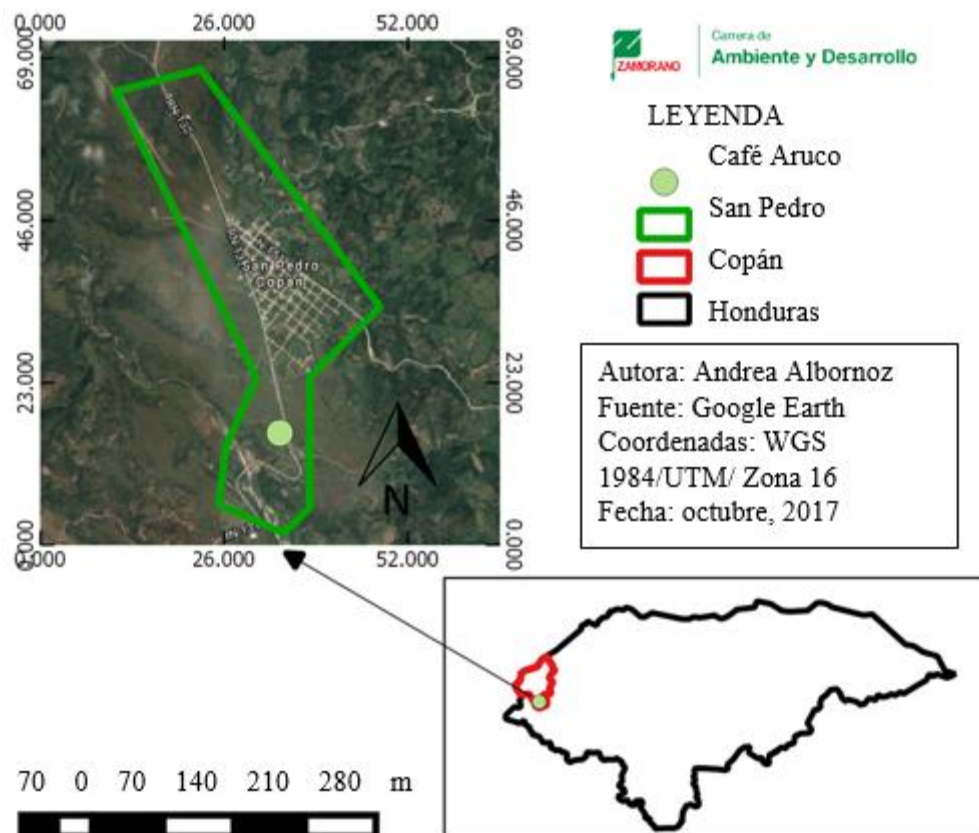


Figura 1. Ubicación Empresa Asociativa Campesina Aruco, Copán, Honduras.

La Empresa vende su café a compradores extranjeros quienes visitan las instalaciones para escoger el lote de café a comprar. Luego se transporta el café oro a puerto tras ser trillado y clasificado por el beneficio denominada exportadora (beneficio que prepara el grano de café con las características para exportar). Dependiendo de la calidad del café entregado pueden llegar a venderse en países como Estados Unidos, Noruega, Holanda, Alemania, Inglaterra, Ucrania y Honduras.

Unidad funcional y alcances del estudio.

El estudio de huella de carbono se basó en el ciclo de producción abril 2016-2017. La unidad de referencia es de 1 kg de café oro con 12% de humedad en el puerto internacional de Honduras (Puerto Cortés), con calidad para exportar. En Honduras un quintal de café oro es la unidad de referencia más usada, pero un kg es la unidad con mayor aceptación a nivel internacional para realizar comparaciones. El límite del estudio es de la cuna a la puerta (desde que se cultiva en campo hasta llevarlo a el puerto internacional de Honduras). Se incluye las emisiones desde la producción del café y del uso de combustibles y agroquímicos hasta llegar al puerto de exportación. Se tomó en cuenta emisiones de alcance uno, dos y algunas de alcance tres. Dentro del alcance uno están las emisiones que la empresa controla directamente entre ellas están las emisiones de materia prima, combustible, productos de mantenimiento e insumos. Las emisiones indirectas de alcance dos son las que consideran actividades relacionadas con la energía eléctrica que es

consumida por la organización. Las emisiones de alcance tres incluyen las emisiones indirectas relacionadas con las actividades de la empresa. Entre ellas están el metano de las aguas mieles, óxido nitroso de la lixiviación de fertilizantes nitrogenados y la descomposición de residuos en el relleno sanitario.

Definiendo muestra de productores.

La especificación técnica PAS 2050:2012 y su extensión PAS 2050-1:2012 establece para la huella de carbono de un producto hortícola la posibilidad que muchos productores lleven su producto a una única planta de proceso (British Standards Institution, 2012). Por lo cual, se definió un grupo de muestra de acuerdo con la cantidad total de productores. La Empresa Asociativa Campesina Aruco tiene 175 productores socios. Siguiendo la tabla de muestreo, se calculó una muestra de 14 socios para determinar sus emisiones de carbono en la etapa de cultivo del café (Cuadro 1). Los productores fueron escogidos debido a su nivel de avance en prácticas sostenibles ambientalmente, considerándose productores orgánicos, convencionales y productores en procesos de conversión orgánica.

Cuadro 1. Cálculo de productores muestrados.

No. Total Agricultores	No. de Agricultores a solicitar datos	Porcentaje de muestreo
5	5	100
10	9	90
20	10	50
30	10	33
40	10	25
50	10	20
70	10	14
100	10	10
150	12	8
200	14	7
300	17	6
400	20	5
500	22	4
1000	32	3
5000	71	1

Fuente: (Factor CO₂ y Netherlands Development Organization [SNV], 2015)

Los socios fueron escogidos por SNV (Netherlands Development Organisation) (medición anterior de huella de carbono) de acuerdo con su nivel de avance en el desarrollo de prácticas ambientales en sus fincas. Se escogieron productores que aún no alcanzan el máximo de mejoras ambientales, actualmente cuentan con Certificados de Rain Forest Alliance y Comercio Justo. Se sumaron las parcelas de los 14 productores y dio un promedio de 6.85 ha por unidad experimental (productores), el cual fue utilizado como referencia. Las emisiones totales promedio de los 14 productores son consideradas para todo el resto de productores en la etapa de cultivo. En promedio la edad de las fincas de los 14

productores está en 23.5 años bajo producción. El promedio es válido debido a que se trata de huella de carbono de producto, de manera que no es necesario extrapolar los datos de los 14 a los 175 productores (Cuadro 2). La producción anual para abril 2016-2017 de Aruco fue de 815, 752.36 kg CO₂ eq/ kg café oro.

Cuadro 2. Parcelas de los productores muestra.

Numero de productor	Área (ha)
1	4.55
2	1.75
3	4.55
4	7.00
5	1.40
6	1.75
7	21.00
8	1.40
9	4.90
10	4.20
11	8.40
12	14.71
13	14.71
14	7.00
Promedio	6.95

Dentro del análisis se incluyó un factor de emisión por establecimiento del cultivo, considerando en promedio que cada 20 años se renueva la plantación. El factor de emisión fue tomado de la base de datos de Ecoinvent 3.3 la cual ha sido calculado en base al café en Honduras (Ecoinvent, 2017).

Análisis del inventario.

Se dividió la producción del café en tres etapas (Figura. 2):

- Cultivo
- Procesamiento
- Distribución

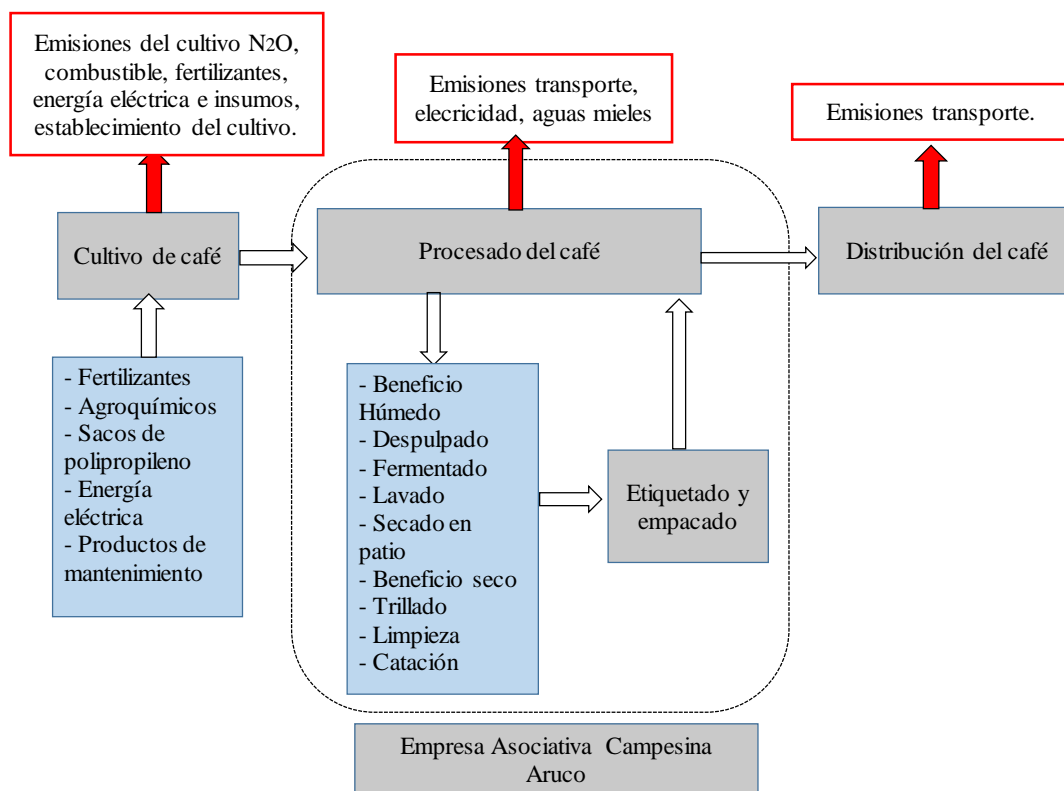


Figura 2. Mapa de flujo de procesos actual (cultivo, procesamiento, distribución.)

Se realizó visita a Empresa Asociativa Campesina Aruco del 22 al 28 de abril del 2017, para recopilar información de consumo de energía y materias primas en el procesado, datos de cultivo y transportes del café al puerto.

Inventario en el cultivo.

Se realizó mediante conocimiento del plan de fertilización y control de plagas que realiza Aruco con los productores socios a través de la asistencia técnica. Se promedió las cantidades de fertilizantes e insumos de los 14 productores para el cálculo de huella de carbono en la etapa de cultivo. Mediante encuestas los técnicos de Aruco, se estimaron los consumos de energía eléctrica, viajes para comprar insumos, combustible para trabajos de campo (bombas de motor) y residuos generados de la producción (Figura 3). Las huellas de la cuna a la puerta de la producción de fertilizantes se obtuvieron de la base de datos de Ecoinvent 3.3. Las emisiones por volatilización de urea y caliza al volatilizarse y lixiviarse en campo se obtuvieron de las directrices del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) (de Klein et al., 2007).

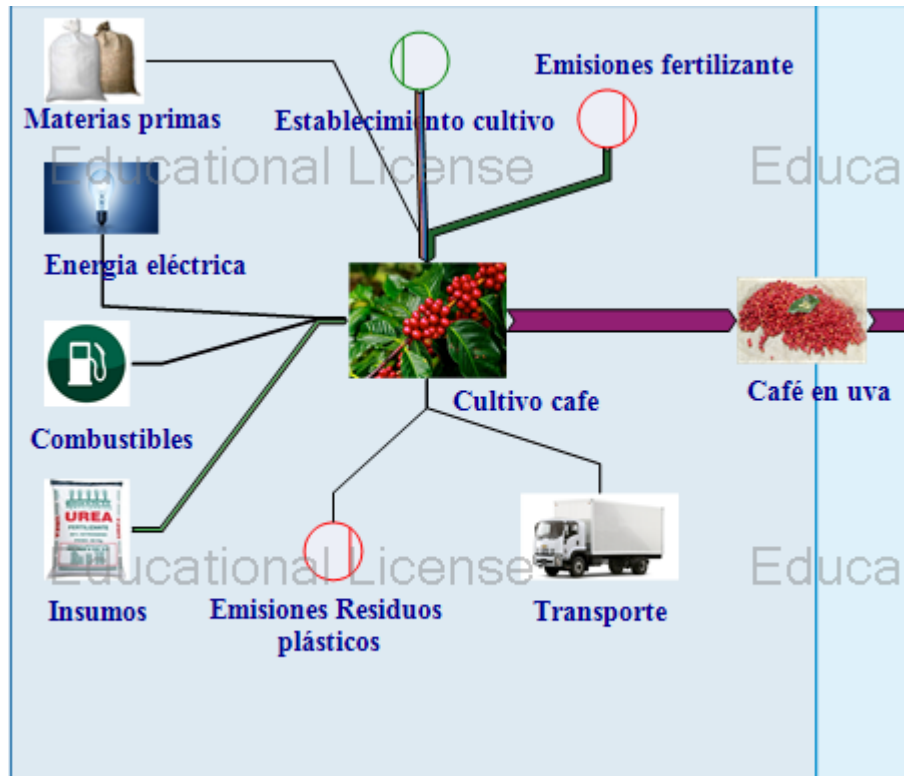


Figura 3. Inventario de la etapa de cultivo.

Consumo de energía eléctrica.

Se solicitó las facturas mensuales de la Empresa de Energía de Honduras (EEH) y se determinó el consumo de energía eléctrica por el periodo de estudio. Se utilizó el factor de emisión de 0.672 kg CO₂ eq/ kWh tomado de la matriz energética de México por ser el más cercano a la de Honduras (Tabla 3). La matriz energética de Honduras está compuesta en un 62% de energías por plantas termoeléctricas y en un 38% por energías renovables entre ellas hidroeléctricas y eólicas (Empresa de Energía Eléctrica, 2017).

Generación de aguas mieles y pulpa.

La Empresa Asociativa Campesina Aruco cuenta con tres lagunas de oxidación construidas con una membrana plástica que impide que el agua se percole en el suelo. Para determinar la cantidad de aguas mieles generadas en el proceso de beneficiado húmedo se midió en 8 tanques con capacidad de 2,500 L. El agua miel se deja en las lagunas solo con aplicaciones semanales de cal y microorganismos de montaña para evitar malos olores. Al terminar de evaporarse las aguas mieles se retira el lodo del fondo para prepararse para la siguiente temporada de cosecha. Aún está en proceso la creación de un fertilizante foliar a partir de esta agua. Las lagunas son el tratamiento único para las aguas mieles que llegan del beneficio en la temporada de cosecha del café.

De acuerdo a Directrices del Intergubernamental Panel on Climate Change (IPCC) de 2006 para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero las emisiones de CO₂ no se consideran dentro del cálculo de huella de carbono por ser de origen biogénico. Sin embargo, las aguas mieles si son fuentes de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) los

residuos en forma de lodo que se acumulen en su fondo. El (CH₄) se forma a partir de temperaturas superiores a los 15 °C en condiciones anaeróbicas. El factor de emisión utilizado para aguas mieles está basado en las emisiones de metano (CH₄) generado en el proceso de descomposición de las aguas en las lagunas de oxidación a cielo abierto. Los factores de emisión utilizados fueron tomados del IPCC GWP100 20 kg DBO/m³, 0.6 kg CH₄/kg DBO y un estimado de 22.25 kg CO₂ eq/kg CH₄ (Cuadro 3).

El consumo de agua en la etapa de procesamiento proviene del río y el pozo, la cual no incluye ningún tipo de tratamiento de potabilización. La única emisión que se genera del agua en este caso es de la energía eléctrica para bombearla hasta el beneficio.

La cascarilla de café y la pulpa de café no se toman en cuenta en sumatoria de la huella final debido a que se convierte en un producto con valor económico, mismo que es usado como biomasa para secar el café. Se considera las emisiones por cascarilla como mínimas porque es de ciclo biogénico y este se transforma en un producto con valor económico por lo cual no se toma en cuenta (Figura 4).

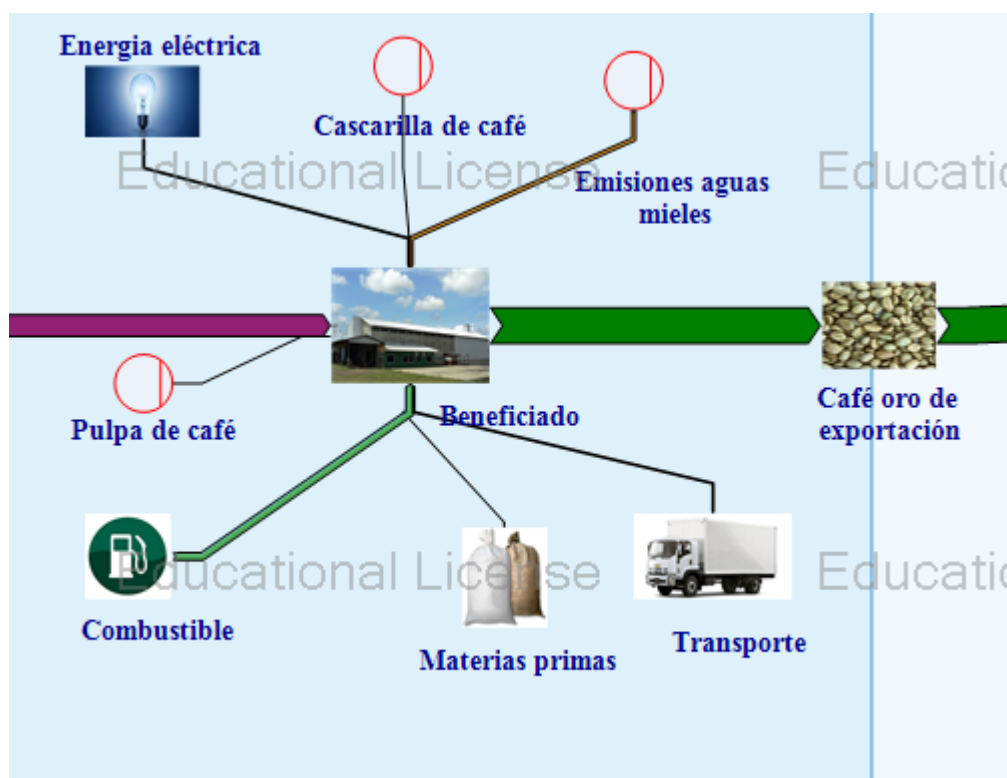


Figura 4. Inventario etapa de procesamiento.

Emisiones por transporte.

La organización SNV quien ha realizado las mediciones de huella de carbono en años anteriores elaboró un mapa por medio del que ubicó espacialmente a las fincas. Se midió las distancias recorridas de los productores, empleados del beneficio y distancias recorridas al puerto. SNV y la Empresa Factor CO₂ suministro información sobre tipo de combustible,

cantidad transportada por viaje, cantidad de viajes realizados y tipo de transporte empleado (transporte pesado y liviano) (Figura 5).

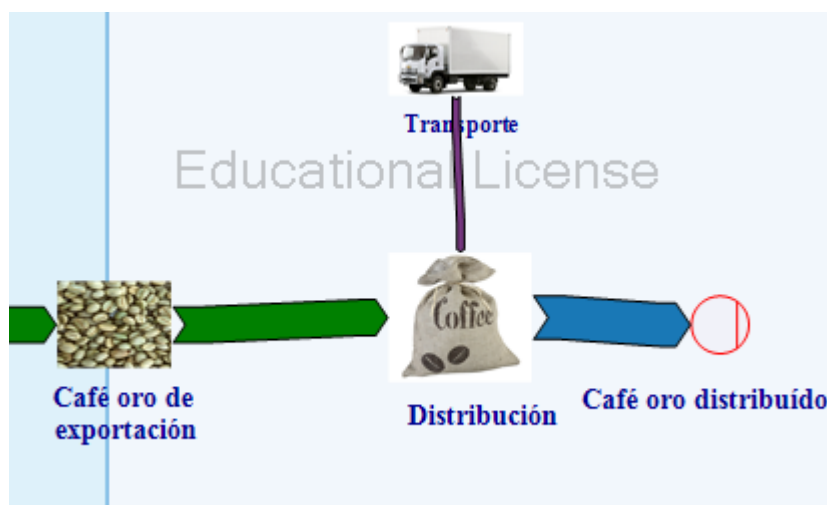


Figura 5. Inventario etapa de distribución.

Emisiones por combustible.

En la etapa de cultivo se utiliza combustible para aplicación de productos con una bomba de motor. En la etapa de cultivo se han considerado los viajes realizados para comprar insumos, la de los cortadores de café y los viajes de gestión de residuos. En la etapa de procesamiento se han tomado en cuenta todos los viajes para compra de materia prima, transporte para gestión de residuos, entre otros viajes para actividades del café (Cuadro 3).

Factores de emisión.

Los factores de emisión empleados en el cálculo de huella de carbono fueron suministrados por la Empresa Factor CO₂. Los factores de emisión provienen del IPCC y de GHG Protocol y la base de datos de Ecoinvent.

Cuadro 3. Factores de emisión utilizados en el cálculo de huella de carbono.

Categoría	Factor de emisión	Unidades
Energía eléctrica	0.6720	kg CO ₂ eq/kWh
Urea	1.6300	kg CO ₂ eq/kg
P ₂ O ₅	2.0200	kg CO ₂ eq/kg
K ₂ O	0.4970	kg CO ₂ eq/kg
Caliza	0.0192	kg CO ₂ eq/kg
Insecticidas	16.6000	kg CO ₂ eq/kg
Fungicidas	10.6000	kg CO ₂ eq/kg
Sacos polipropileno	1.9700	kg CO ₂ eq/kg
Plásticos LDPE	2.1000	kg CO ₂ eq/kg
Productos (mantenimiento)	1.0500	kg CO ₂ eq/kg
Gasolina maquinaria	5.5300	kg CO ₂ eq/kg
Gasolina otros procesos	4.1200	kg CO ₂ eq/kg
Residuos orgánicos	0.3320	kg CO ₂ eq/kg
Residuos plásticos	2.1000	kg CO ₂ eq/kg
Plantación de árbol	2.0500	kg CO ₂ eq/kg
Árbol frutal	1.3100	kg CO ₂ eq/kg
Establecimiento huerto	0.8730	kg CO ₂ eq/kg
Sistema trellis	883.0000	kg CO ₂ eq/kg
N ₂ O urea	298.0000	kg CO ₂ eq/kg
CO ₂ urea	1.0000	kg CO ₂ eq/kg
CO ₂ caliza	1.0000	kg CO ₂ eq/kg
Nylon e hilos	9.2700	kg CO ₂ eq/kg
Etiquetas	0.00126	kg CO ₂ eq/kg
LPG	0.604	kg CO ₂ eq/kg
Gasolina	5.61	kg CO ₂ eq/kg
Diesel	5.37	kg CO ₂ eq/kg
CH ₄ aguas mieles (Factor modelado)	234439.35	kg CO ₂ eq
Transporte carga liviana	0.58651	kg CO ₂ eq/t. km
Transporte carga pesada	0.25115	kg CO ₂ eq/t. km

Fuente: (Factor CO₂ y Netherlands Development Organization [SNV], 2015)

Cálculo de huella de carbono.

Los datos de actividad se ordenaron en un cuadro de Excel y se organizó por etapa del ciclo de vida del cultivo, procesamiento y distribución al puerto. En la etapa de cultivo se incluyó información de consumo de energía eléctrica, fertilizantes, agroquímicos, materias primas (sacos de polipropileno, plásticos de baja densidad y productos de mantenimiento), combustible de bombas y maquinaria, residuos plásticos generados. En la etapa de procesamiento se consideró consumo de materias primas (sacos de polipropileno, nylon e hilos y plásticos), electricidad, combustibles y residuos hacia vertedero como plásticos, madera y cartón. En la etapa de distribución se consideró todos los viajes realizados para el transporte del producto a Puerto Cortes en donde el producto café oro de exportación es embarcado hacia su destino.

Los datos de actividad organizados anteriormente por etapa fueron multiplicados por el factor de huella correspondiente de acuerdo a la ecuación [1]. En el caso de emisiones de aguas mieles, urea y caliza se multiplico por los factores calculados de las directrices del IPCC. Estos son los mismos factores utilizados en el software Umberto para obtener similitud en los resultados. Luego se realizó una suma de todas las emisiones generadas, dividiéndose para la unidad de referencia 1 kg de café oro con 12% humedad. Luego se creó gráficos para facilitar su análisis.

$$\text{Huella de carbono} = \text{Factor de emisión} \times \text{dato de actividad} \quad [1]$$

Cálculo programa Umberto NXT CO₂.

Se introdujo los datos en el programa Umberto NXT CO₂ (V7.1) 2016. El cual es un programa creado para facilitar el cálculo de huella de carbono de productos, con la ayuda de gráficas, permite una mejor visualización y evaluación de las emisiones de GEI. Umberto NXT CO₂ cuenta con su propia base de datos con cerca de 2,200 materiales y procesos de reconocidas empresas (IPCC, Ecoinvent 3.3) una de las grandes ventajas es que permite al usuario introducir sus propios materiales (Institut für Unternehmenskybernetik [IFU], 2015).

En el programa se organizó la información por etapas (cultivo, procesamiento y distribución) de acuerdo con los límites del estudio de la cuna a la puerta establecidos anteriormente. Se tomó cada una de las etapas del ciclo de vida como un proceso unitario para el cual se añadió las entradas y salidas correspondientes (Figura 3, 4 y 5). Se estableció la unidad de referencia de 1 kg de café oro. Se utilizó factores de emisión incluidos dentro de la base de datos que proporciona Ecoinvent 3.3 en el software, pero también se creó materiales propios por encontrarse cierta diferencia en los factores utilizados para Honduras y los que tenía la base de datos proveídos por la Empresa Factor CO₂.

Especificaciones técnicas.

La especificación técnica PAS 2050 creada por British Standards Institution y revisada por Carbon Trust y Defra es una metodología de aceptación mundial. Esta especificación está basada en las ISO 14040 de análisis de ciclo de vida y 14025 Etiquetas ambientales y declaraciones. PAS 2050 ha sido probado por empresas y es un método estándar en la evaluación de emisiones de GEI para un producto o servicio. Define los límites del estudio desde la cuna a la tumba o cuna a puerta. La guía permite al usuario conocer todos los pasos necesarios para medir la huella de carbono de sus productos y servicios, con la ventaja que cuenta con sus extensiones PAS 2050: 1 (British Standards Institute [BSI], 2008).

Greenhouse Gas Protocol convocado por World Resources Institute (WRI) and the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), han creado con el apoyo de organizaciones y gobiernos una serie de guías y protocolos para encaminar a una economía baja en emisiones alrededor del mundo. La guía Protocolo del análisis de ciclo de vida de contabilización y reporte de estándares, orienta como la PAS 2050 los requisitos y pasos para medir la huella de carbono de un producto. La creación de estas guías facilita a las

empresas y organizaciones en general a medir sus impactos y empezar desde la empresa la sostenibilidad ambiental en la producción (Greenhouse Gas Protocol, 2013).

ISO 14067: 2013 es una norma que especifica los requerimiento y principios bajo los cuales se rige la cuantificación y comunicación de la huella de carbono basado en la norma ISO 14040 y 14044 de análisis de ciclo de vida. ISO 14067 solo se enfoca en el impacto de cambio climático sin tomar en contabilizar daños al ecosistema como acidificación de suelos (International Standard Organization [ISO], 2017).

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y otras organizaciones actualiza los valores de los gases cada cierto tiempo (Cuadro 4). Los cambios son debido a nuevas investigaciones de la vida cambiante de los gases en la atmósfera y estudios recientes.

Cuadro 4. Potencial de calentamiento global de los gases.

Global Warming Potential 100	IPCC 2001	IPCC 2007	IPCC 2013
CO ₂	1.00	1.00	1.00
CH ₄	23.00	25.00	30.50
CH ₄ biogénico	20.25	22.95	27.75
N ₂ O	296.00	298.00	265.00

Fuente: (United States Environmental Protection Agency [EPA])

Cálculo de incertidumbre.

El cálculo de la incertidumbre de la huella es opcional de acuerdo a la PAS 2050, permite conocer la fiabilidad de los datos. A través de la precisión de los mismos. Los certificadores lo utilizan para conocer los puntos donde deben enfocar la recopilación de datos más reales y lograr el menor error posible. Lo ideal es que la huella de carbono sea lo más representativa posible de lo que sucede en la realidad o del ciclo de vida de un producto o empresa (British Standards Institute [BSI], 2008).

Cálculo de factores de huella.

Emisiones de urea y caliza.

Las emisiones por la aplicación de urea en campo con factor de emisión 1.63 kg CO₂eq/kg. Las emisiones de N₂O se calcularon en base a la emisión de N₂O al aire con factor de 3.54 kg de N₂O/ha multiplicado por la cantidad de hectáreas. En el caso del estudio la cantidad de terreno es de 6.85 ha, lo cual da como resultado la cantidad total de N₂O que se encuentra por el lote de tierra de muestra. Luego se multiplicó este valor por 298 kg de CO₂ eq/kg de N₂O obteniendo como resultado la cantidad de emisiones de N₂O que se generan en kg CO₂e (de Klein et al., 2007). Sumado a las emisiones de urea se añade CO₂ el cual se realiza por aparte porque la urea lo va emitiendo a medida se volatiliza. El modelado de este factor se realizó multiplicando la cantidad de tierra de muestra 6.85 ha y 98 kg de CO₂/ha obteniendo como resultado la cantidad de CO₂ por las hectáreas de terreno, luego se

multiplicó por un factor de 1 kg CO₂eq/kg de CO₂ y se tiene como resultado las emisiones de urea (Michiel et al., 2007).

Las emisiones de caliza por volatilización de CO₂ se obtuvo multiplicando 0.8424 kg CO₂ ha por la cantidad de hectáreas 6.85 ha. Se obtuvo como resultado la cantidad de CO₂ total por todas las hectáreas (6 kg CO₂) luego se multiplicó por 1 kg CO₂eq /kg de CO₂ el cual indica el total de emisiones por la aplicación de caliza. Las emisiones de metano de las lagunas de tratamiento de aguas mieles también se consideró y se modeló un factor lo más cercano posible a la realidad. El cálculo de este factor de emisión se realizó multiplicando 878.05 m³/año por 20 kg DBO/m³ por 0.6 kg de CH₄/kg de DBO por 22.25 kg CO₂eq/kg CH₄ (Doorn et al., 2007).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Huella de carbono 2016-2017. La producción, procesamiento y distribución de 1 kg de café oro emite a la atmósfera 3.42 kg CO₂ eq. La distribución de las emisiones se encuentra en la etapa de cultivo (51%) seguido por la etapa de procesamiento (32%) y finalizando en la distribución con un (17%) (Figura 6). De acuerdo a la medición de huella de carbono realizada en el beneficio COCAFELOL en el 2011, la huella de carbono por kilo de café oro es de 2.78 kg CO₂ eq, la cual es menor a la de la Empresa Asociativa Campesina Aruco. Esta reducción se debe a que el beneficio COCAFELOL utiliza sus aguas mieles en la generación de metano, situación que no sucede en beneficio de Aruco las cuales solo son tratadas en lagunas de oxidación (Hernández, 2012). De acuerdo a PAS 2050 se consideran las emisiones de 1-3 kg CO₂ eq/kg café oro como emisiones de alta intensidad, por lo cual la huella de carbono de Empresa Asociativa Campesina Aruco es de alta intensidad de emisiones (Yeomans, 2012).

La etapa de cultivo es la de mayor valor dentro de la huella (1.52 kg CO₂eq/café oro) esto sucede por las emisiones de fertilizantes y combustibles. La medición de huella no coincide con los resultados obtenidos en un el estudio de (Tavera, 2012) en el cual se obtuvo durante la etapa de cultivo una huella de 0.5 y 1.1 kg CO₂ eq/café oro en fincas bajo diferentes estándares de producción. Aruco cuenta con productores convencionales y bajo certificación de orgánico por lo cual la huella en esta etapa es un poco mayor a la encontrada por (Tavera, 2012).

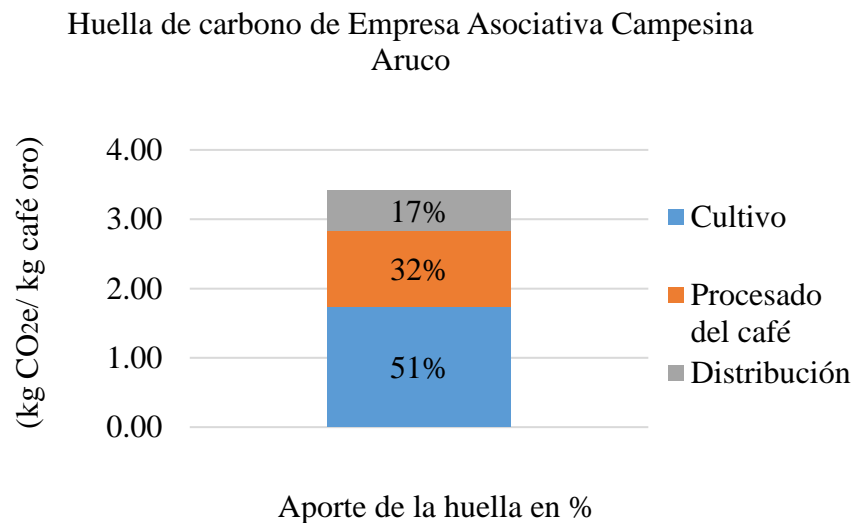


Figura 6. Huella de carbono de Empresa Asociativa Campesina Aruco, Copán, Honduras.

Al desglosar las emisiones de la etapa de cultivo (Figura 7), la urea y emisiones de N₂O por volatilización y lixiviación son los que más aportan a esta etapa. De acuerdo al estudio de (Tavera, 2012) el mayor porcentaje de la etapa de cultivo proviene del uso de urea y sus emisiones por lixiviación y volatilización. Los resultados obtenidos en esta etapa son de 0.21 y 0.73 kg CO₂ / kg café oro los cuales son muy cercano al obtenido en este estudio (0.20 kg CO₂ / kg café oro) (Tavera, 2012).

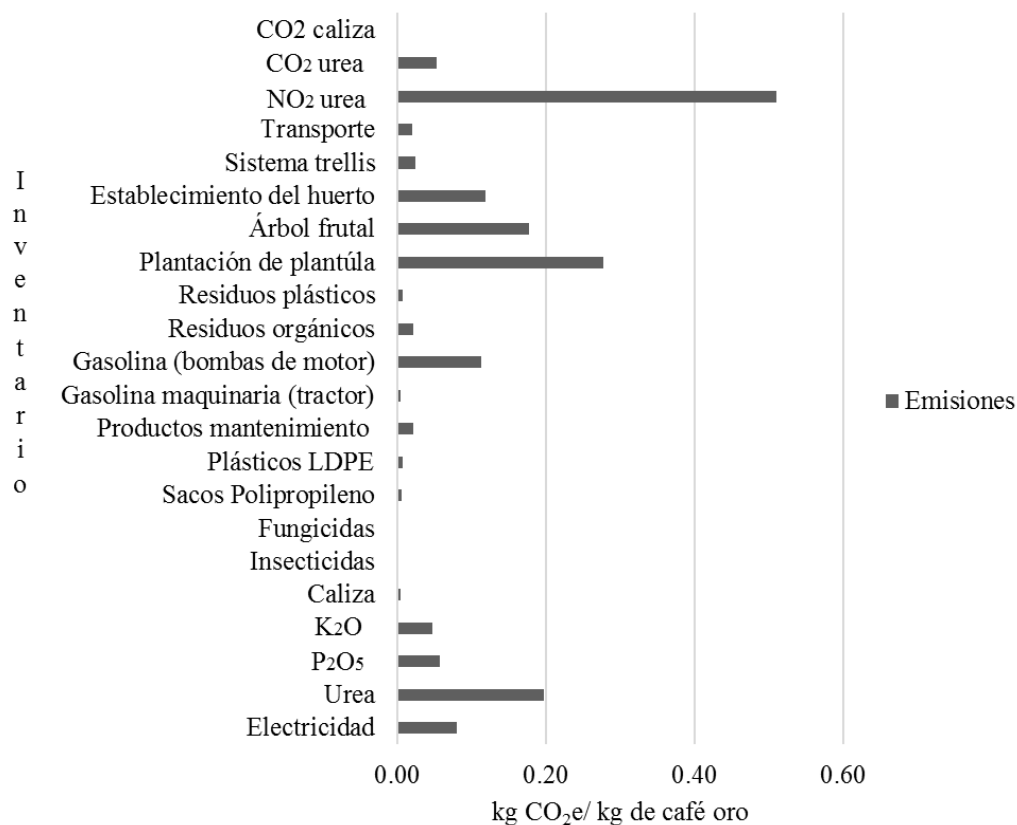


Figura 7. Inventario de emisiones etapa de cultivo Empresa Asociativa Campesina Aruco, Copán, Honduras.

En la etapa de procesamiento se destaca como mayor fuente los usos de combustibles fósiles (diésel y gasolina) y las emisiones de las aguas mieles (Figura 8). La contribución de las aguas mieles aportan a la huella de carbono 0.29 kg CO₂ eq/ kg café oro, comparando con los resultados obtenidos en el estudio de Jane Yeomans con valores de 0.514 kg CO₂ eq/ kg café oro el valor encontrado en este estudio es menor al de esta investigación, debido a las diferencias de DBO de beneficio a beneficio por los sistemas de lavado utilizados (Yeomans, 2012).

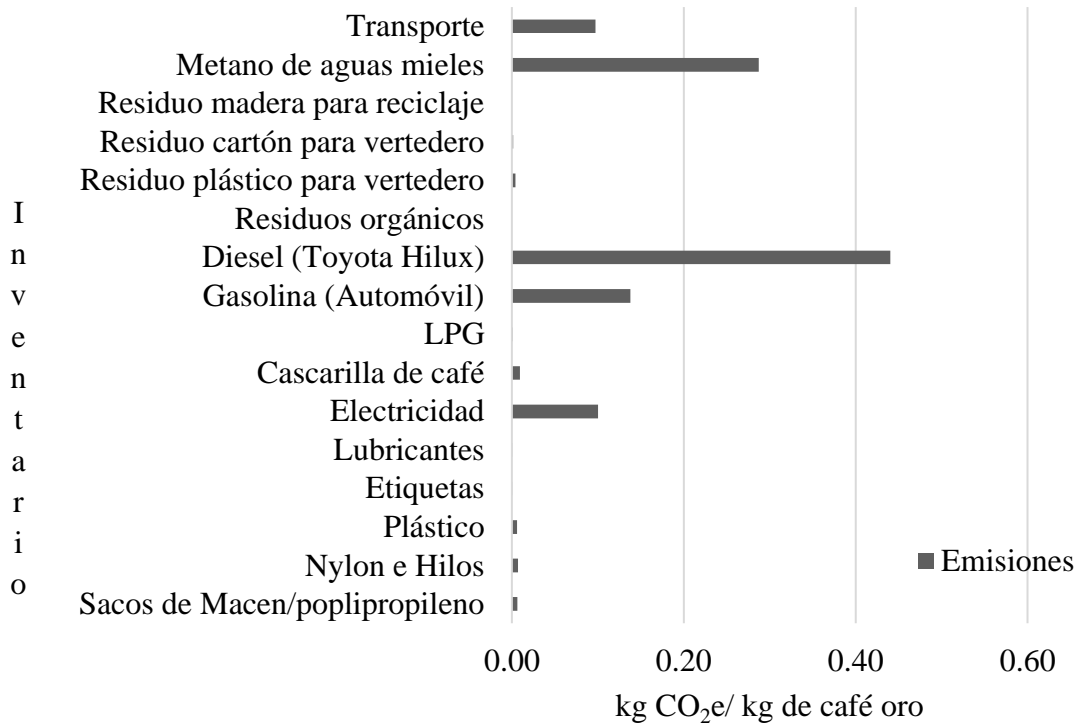


Figura 8. Inventario emisiones etapa de procesamiento Empresa Asociativa Campesina Aruco, Copán, Honduras.

Las emisiones provenientes de la etapa de distribución aumentan por el número de viajes realizados como en el caso de los 34 viajes en rastra y camión sobresalientes (Figura 9). El resultado en esta etapa varía de acuerdo al tipo de transporte que se utiliza y el número de viajes que se realizan por lo cual no se encuentra un estudio con el que comparar las emisiones resultantes.

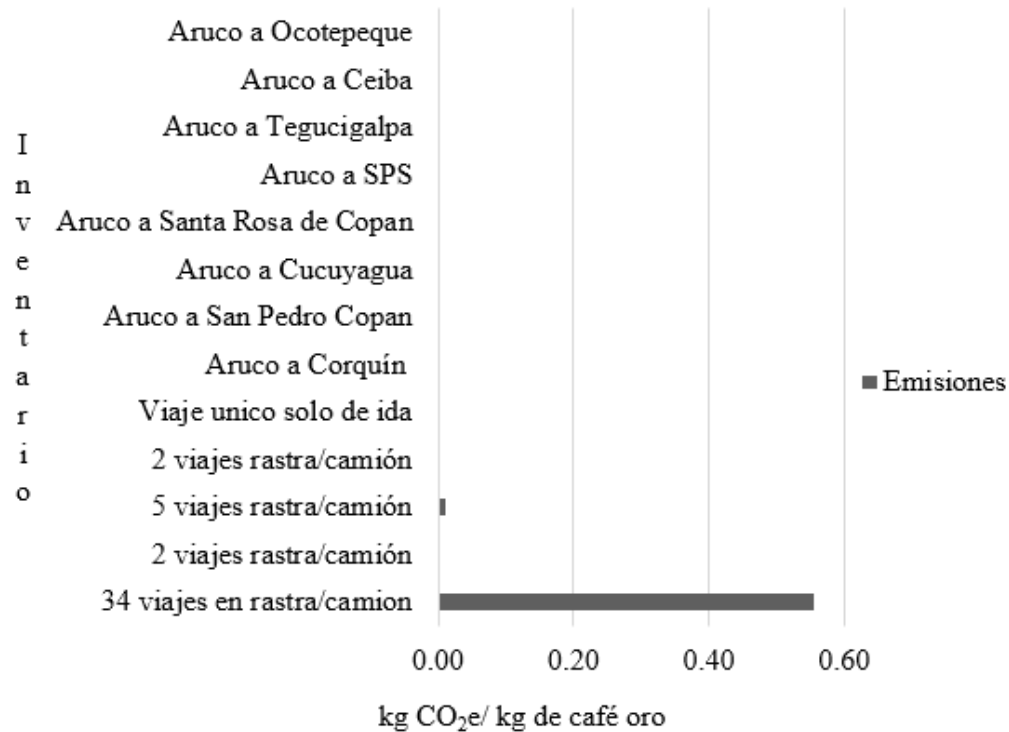


Figura 9. Inventario emisiones en la etapa de distribución de la Empresa Asociativa Campesina Aruco, Copán, Honduras.

En la etapa de distribución las emisiones están ligadas directamente al número de viajes que se realizan. De acuerdo al reporte de (Sevenster y Verhagen, 2010) especifica que el transporte varia de un beneficio a otro. Entre más pequeño el medio de transporte mayor serán las emisiones por la cantidad de viajes que deberá de realizar dependiendo de su consumo de combustible por kilómetro.

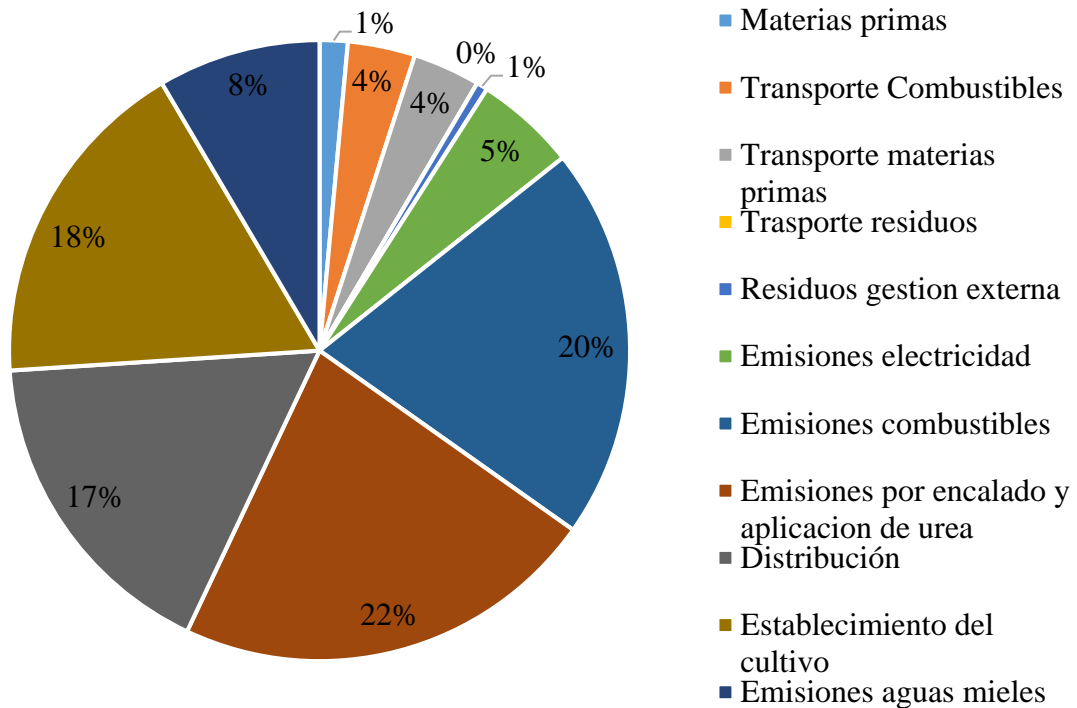


Figura 10. Emisiones por categorías de la Empresa Asociativa Campesina Aruco, Copán, Honduras.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, la mayor cantidad de emisiones proviene de las emisiones por encalado y aplicación de urea, emisiones combustibles y establecimiento del cultivo. Las emisiones representan el 22%, 20% y 18% del total de la huella de carbono del café oro respectivamente. Dentro del cálculo de la huella de carbono se encuentran con menor impacto las emisiones por aguas mieles (8%), electricidad (5%), transporte de materias primas (4%) y transporte de combustibles (4%).

En la etapa de cultivo, los sitios de mayor emisión están asociados en la aplicación de fertilizante urea (Figura 7). La urea al volatilizarse en el campo emite tanto óxido nitroso (N_2O) como dióxido de carbono (CO_2) el cual aumenta las emisiones de este tipo de fertilizante. De acuerdo con proyectos de huella de carbono en café en América Latina realizados por la CEPAL, la huella promedio por etapa del ciclo de vida del café esta desglosada de la manera siguiente: Cultivo con un 50% de la huella, procesamiento del café 46% y la distribución con 4% (Olmos, 2014). De acuerdo a los resultados obtenidos los porcentajes de huella de carbono obtenidos son muy parecidos a los estimados en proyectos agrícolas pilotos en América Latina.

En la etapa de procesamiento, la mayor fuente de emisión proviene del consumo de diésel seguido de las emisiones por las aguas mieles de las lagunas de oxidación. El factor de emisión de los combustibles afecta en el proceso debido al uso de energía y recursos que se generan al extraer y procesar el crudo (Lechón et al., 2005).

Al comparar la huella del café con otros productos agrícolas en el caso del maíz es de 0.562 kg CO₂ eq/kg, aceite de palma 2.16 kg CO₂ eq/kg, banano 0.78 y cacao 2.64 kg CO₂ eq/kg (Amaia et al., 2012; Frohmann et al., 2015). La huella del café es elevada en relación al resto de productos agrícolas, considerando que cada uno tiene un procesamiento distinto.

Estrategia reducción de emisiones. La estrategia de reducir emisiones de GEI consiste en el primer paso para llegar a un plan de reducción de emisiones de GEI. La gestión completa requiere que tras realizar una medición se establezca límites de emisiones y medidas para su reducción. El logro de la reducción de emisiones se alcanza tras realizar varias mediciones de huella de carbono y encontrar reducción en la huella. Llegado el punto en que ya no se puedan reducir las emisiones se procede a compensar las mismas. Se le denomina estrategia de carbono a la práctica arriba explicada, compuesta de la siguiente manera.

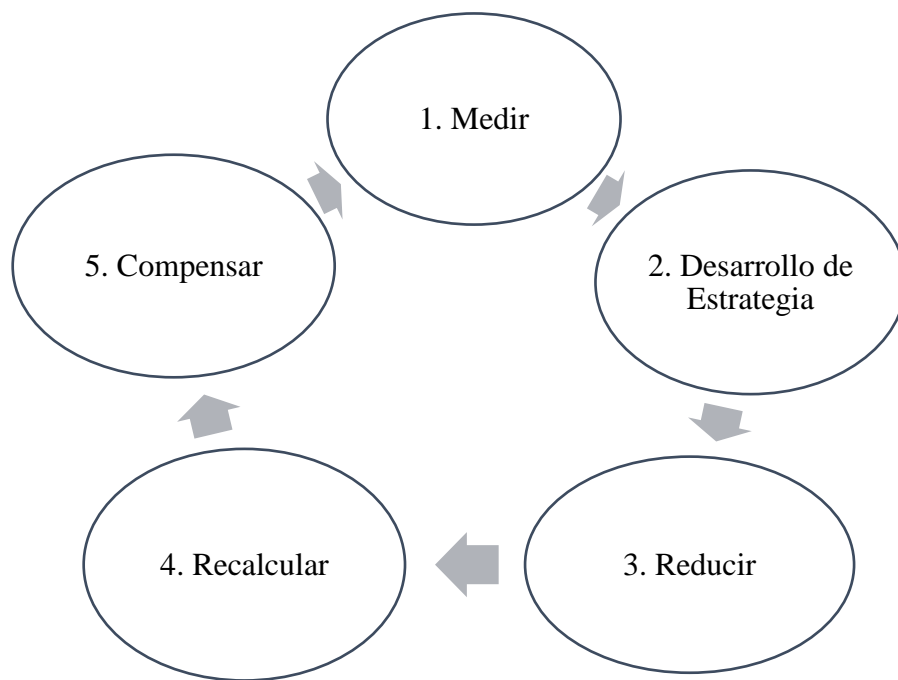


Figura 11. Ciclo de la estrategia de carbono.

Buenas prácticas para la reducción de emisiones.

La medición de huella de carbono no es solo una herramienta para conocer las emisiones de CO₂ equivalente en la empresa. El cálculo permite conocer los sitios de mayor consumo de productos, energía, entre otros. El aprovechamiento de los recursos naturales y energéticos de manera eficiente mejorará ingresos de la empresa y permitirá lograr los reconocimientos de una empresa responsable con el medio ambiente. La reducción de costos por reducciones en consumos innecesarios de materiales.

Etapas de cultivo.

- Creación de plan de manejo para fertilizaciones.
- Creación de un plan de manejo integrado de plagas y malezas para las fincas de los socios de Aruco.
- Establecer prácticas de conservación de suelos.
- Plan de manejo de residuos agrícolas en cada finca.
- Establecimiento de un plan de mantenimiento y revisión continua de tractores y maquinaria a utilizar en el cultivo.
- Establecer un formato de recolección de datos de consumo dentro de esta etapa junto con una capacitación a empleados para que comprendan el uso correcto del mismo. De manera que se evite la incertidumbre en los datos para el cálculo de huella de carbono.
- Realizar análisis de suelos y foliares cada cierto tiempo para determinar la demanda del cultivo y aplicar lo que en realidad necesite el mismo.
- Establecer rutas de tránsito que permitan el mejor acceso al beneficio y evitar consumo innecesario de combustibles en obstáculos en los caminos.
- Cargar los camiones o carros que transporten los frutos de café uva con la carga adecuada no más ni menos, logrando la eficiencia con la capacidad del transporte utilizado.

Etapas de procesamiento.

- Instalación de lámparas LED en las instalaciones del beneficio.
- Apagado de luces que no se necesiten en cada área.
- Reducir el consumo de aires acondicionados dentro de las instalaciones de la parte administrativa del edificio en el beneficio en momentos en que el clima este fresco.
- Mejoramiento en el sistema de climatización.
- Uso efectivo de la biomasa en los quemadores para el secado del grano.
- Revisión de fugas en tuberías de agua.
- Realizar algún producto de valor agregado de las aguas mieles como ser fertilizantes foliares, entre otros.
- Instalación de biodigestores para digestión de los residuos de aguas mieles en el beneficio.
- Reciclado de materiales como plásticos y cartón dentro de las instalaciones.
- Establecimiento de un plan de eficiencia energética.
- Capacitaciones de concientización sobre eficiencia de uso de recursos naturales, agua y el uso de formato de toma de datos a los empleados.

Medidas de compensación de emisiones para lograr carbono neutralidad.

La compensación de emisiones puede ser de dos maneras eso incluye:

Proyectos de reducción de emisiones o no emisión de CO₂ dentro de esta área se encuentran los proyectos orientados hacia la eficiencia energética, sustituir combustibles fósiles por energías renovables, evitar procesos de deforestación e implementar una correcta gestión de los residuos.

Estrategias dentro de esta categoría.

- Cambio de maquinaria antigua por una que sea eficiente en consumo energético.
- Uso de paneles solares en el techado del beneficio.
- Gestionar el uso de composteras en las fincas de los socios de la Empresa Asociativa Campesina Aruco.
- Asistencia técnica a los productores sobre los beneficios de implementar arboles maderables en sus plantaciones de café y conservar los existentes.
- Uso de equipo ahorrador sin afectar la calidad del producto.
- Implementar un biodigestor dentro de las instalaciones del beneficio, para producción de biogás.

Proyectos de captación o absorción de CO₂ se enfocan en sumideros de carbono como los de reforestación.

- Implementar tras varias mediciones de huella de carbono la compra voluntaria de bonos a proyectos de créditos de carbono.
- Estimar la cantidad de carbono fijada en las fincas de los productores que cuentan con cobertura boscosa en sus plantaciones, incluidos los arbustos de café que fijan carbono a lo largo de su crecimiento.

Los beneficios obtenidos de esta actividad son muchos entre ellos:

- Beneficios de marketing por medio de la comunicación de la compensación de emisiones de carbono en el producto.
- Acceso a nuevos mercados que demanden de este tipo de productos.
- Beneficios por ser una empresa ambiental y socialmente responsable.

4. CONCLUSIONES

- La medición de huella para el último año 2016-2017 resulto en 1.4 mil t CO₂, que distribuidos dentro de la producción anual da como resultado 3.42 kg CO₂ e/ kg de café oro. Los resultados en el programa Umberto para la huella de carbono son de 3.38 kg CO₂ e/ kg de café oro.
- Los sitios de mayor emisión observados varían de acuerdo a la etapa del ciclo de vida a analizar, en el caso del cultivo las mayores emisiones provienen de la aplicación de urea en campo (20%). Dentro de la etapa de procesamiento el mayor emisor proviene de las emisiones de diésel para transportes (44%). En la etapa de distribución se contabilizan diversos viajes dentro de los cuales el que más aporta son los viajes en rastra y camión los cuales van hacia el puerto a dejar producto café oro (56%).
- La Empresa Asociativa Campesina Aruco cuenta con diversas opciones para reducir sus emisiones y a la larga llegar a carbono neutralidad, entre ellas la implementación de energías renovables (ej. fotovoltaico y biodigestor), sistemas agroforestales en las fincas de los productores y asistencia técnica para evitar deforestación en las fincas de café.

5. RECOMENDACIONES

- La capacitación de los empleados sobre medición de huella de carbono, eficiencia energética y los certificados ambientales es de vital importancia para lograr datos de mayor calidad y encaminar a la empresa hacia la sostenibilidad ambiental y carbono neutralidad.
- La construcción de biodigestores como parte de un proyecto de donaciones en zonas cafetaleras sería ideal para reducir emisiones de las lagunas de oxidación de aguas mieles.
- Revisar el plan de fertilización y manejo de las fincas cafetaleras realizando anualmente análisis foliares y de suelo para agregar al cultivo la cantidad de insumos necesarias evitando desperdicios e impactos ambientales adversos al suelo y agua.
- En estudios futuros determinar la cantidad total de carbono fijado en las distintas plantaciones de café, de acuerdo a sus sistemas de producción por productor de manera que se compensen emisiones por medio de la absorción.
- Para estudios posteriores de huellas de carbono se debería de estandarizar la toma de datos mediante un formato de recopilación y mostrar a las personas involucradas como utilizarlo. Con el uso del formato se logra mayor precisión y exactitud contribuyendo a llegar a una huella más real de las actividades que se realizan en La Empresa Asociativa Campesina Aruco.
- La metodología no considera emisiones previas al establecimiento del cultivo. Se recomienda que se incluya debido a que los cambios que se realicen en la parcela previo al establecimiento del cultivo emiten emisiones como la corta de árboles, aclarado de vegetación, viajes realizados a las fincas, entre otras.
- La división de los productores por orgánico, convencional y en transición sería ideal en próximas mediciones de huella de carbono. De esta forma se podría trabajar sectorizado y reducir dentro de cada una de las categorías las emisiones. Relacionando con las producciones por manzana de cada uno de los sistemas de producción.

- Zamorano es una empresa que está incursionando en proyectos de reducción de gases de efecto invernadero. Debido a su responsabilidad y compromiso con la sociedad la creación de una unidad de certificación que ofrezca servicios a un menor costo. Instruir a empresarios a lograr procesos de producción amigable con el medio ambiente sería de gran utilidad tanto para sus estudiantes en el tema de certificaciones como para productores, empresarios que están iniciando el proceso.

6. LITERATURA CITADA

- Amaia, A., Alberto, L., Oscar, d. H., Olatz, U., Gerardo, B., Fermín, D. y Asier, S. (2012). *Huella de carbono de los cereales: Análisis de la emisión de gases de efecto invernadero en el sector agroalimentario*. Recuperado de <https://www.factorco2.com/comun/docs/68-Huella%20de%20carbono%20de%20los%20cereales.pdf>
- Arango, A., Carmona, L. G. y Romero, S. A. (2014). Análisis de ciclo de vida en el sector agrícola: El caso del municipio de Viotá, Cundinamarca(Colombia). *Ambiente y Desarrollo*, 18(35), 117. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.AyD18-35.acvs>
- Arcila, J. (2008). Sistemas de producción de café en Colombia: Crecimiento y desarrollo de la planta de café. *Sistemas de producción de café en Colombia*, (Capítulo 2), Págs. 60. Recuperado de www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf
- Asociación Nacional del Café [ANACAFE]. (2015). Densidades de siembra por área de producción en café. *El cafetal*, (Págs. 41).
- British Standards Institute [BSI]. (2008). *Guide to PAS 2050: How to assess the carbon footprint of goods and services* (núm. ISBN 978-0-580-64636-2). United Kingdom.
- British Standards Institution. (2012). *PAS 2050-1: 2012: Assessment of life cycle greenhouse gas emissions from horticultural products* (núm. ISBN 978 0 580 75725 9). United Kingdom.
- Cárdenas, J. E. y Vásquez, J. R. (2013). *Análisis del ciclo de vida del procesamiento y la distribución del café del beneficio ecológico en la finca Juancito y convencional en la finca La Montaña, Francisco Morazán, Honduras* (Pregrado). Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, Valle del Yeguaré, El Zamorano.
- Centro de Comercio Internacional [ITC]. (2012). *Normas de la Huella de Carbono de Productos Agrícolas: Exportaciones para un desarrollo sostenible* (núm. xi). Ginebra.

Comisión Económica para América Latina y El Caribe [CEPAL]. (2012). *Huella ambiental en las exportaciones de alimentos de América Latina: normativa internacional y prácticas empresariales*: Informe del cuarto seminario internacional sobre la huella de carbono. Santiago de Chile.

Comisión económica para América Latina y El Caribe [CEPAL]. (2013). *Huella ambiental de las exportaciones de alimentos de América Latina: Normativa Internacional y Prácticas Empresariales*. Naciones Unidas, Santiago de Chile. Recuperado de <http://www19.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2013/12339.pdf>

Comisión Europea. *El cambio climático: ¿qué es?: Introducción para jóvenes* (núm. ISBN 92-894-8911-1). Luxemburgo, Bélgica. Recuperado de www.oei.es/historico/decada/portadas/climate_change_youth_es.pdf

de Klein, C., Novoa, R., Ogle, S., Smith, K., Rochette, P. y Wirth, T. (Eds.). (2007). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: Capítulo 11. Capítulo 11 Emisiones de N2O de los suelos gestionados y emisiones de CO2 derivadas de la aplicación de cal y urea*.

de la Cruz Leiva, J. L., Carballo Peneda, A. y Domench, J. L. (2011). *Enfoques metodológicos para el cálculo de la Huella de Carbono*. Recuperado de http://www.carbonfeel.org/Carbonfeel_2/Bitacora/Entradas/2011/9/15_Informe_Enfoques_metodologicos_para_el_calculo_de_la_Huella_de_Carbono_del_Isntituo_de_la_Sostenibilidad_en_Espana_files/Informe%20OSE.pdf

Doorn, M., Towprayoon, S., Manso, S. M., Irving, W., Palmer, C. y Pippatti, R. (Eds.). (2007). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: Capítulo 6. Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales*.

Ecoinvent. (2017). *Ecoinvent database* (Ecoinvent). Ecoinvent.org. Recuperado de <http://www.ecoinvent.org/database/database.html>

Elrington, J. (2003). *Cambio climático y salud humana-Riesgos y respuestas: Resumen* (Ecoinvent núm. ISBN 92 4 359081 2). Recuperado de www.who.int/globalchange/publications/en/Spanishsummary.pdf

Empresa Asociativa Campesina Aruco. (2017). *Empresa Asociativa Aruco - Beneficio de Café. Corquín, Copan, Honduras*. Recuperado de <http://cafearuco.com/>

Empresa de Energía Eléctrica. (2017). *Fortalecimiento del servicio generación y expansión eléctrica*.

Espíndola, C. y Valderrama, J. O. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. *Información tecnológica*, 23(1), Págs. 163–176. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000100017>

Factor CO₂ y Netherlands Development Organization [SNV]. (2015). *Huella de carbono del café producido por Aruco*. Copan, Honduras.

Frohmann, A., Herreros, S., Mulder, N. y Olmos, X. (2015). *Sostenibilidad ambiental y competitividad internacional: La huella de carbono de las exportaciones de alimentos* (Sostenibilidad ambiental y competitividad internacional). Naciones Unidas, Santiago de Chile. Recuperado de repositorio.cepal.org/bitstream/11362/38985/1/S1500638_es.pdf

Gobierno de España. (2017). *Resultados de la COP21 - Cumbre de cambio climático COP21 - Cambio climático - mapama.es*. Recuperado de <http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/cumbre-cambio-climatico-cop21/resultados-cop-21-paris/default.aspx>

Greenhouse gas protocol. (2013). *Product Life Cycle Accounting Reporting Standard*.

Hernández, E. (2012). *Huella de Carbono del Café de Exportación de COCAFELOL*.

Institut für Unternehmenskybernetik. (2015). *Manual de usuario software UMBERTO NXT CO₂ (V7.1)*.

Instituto Hondureño del Café [IHCAFE]. (2017). *Exportaciones*. Recuperado de http://www.ihcafe.hn/?page_id=3728

International Organization for Standardization. (2006). *Life cycle assessment Principles and framework*. Recuperado de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:en>

International Standard Organization [ISO]. (2017). *ISO/TS 14067:2013 Greenhouse gases Carbon footprint of products Requirements and guidelines for quantification and communication*. Recuperado de <https://www.iso.org/standard/59521.html>

Lara Arzate, J., Falfán Velásquez, L. y Villa Gutiérrez, A. (2012). *Huella Ecológica: Datos y rostros*. México.

- Lechón, Y., Cabal, H., Lago, C., De la Rúa, C., Saéz, R. y Montserrat, F. (2005). *Análisis del ciclo de vida de combustibles alternativos para el transporte*. Madrid. Recuperado de http://www.abengoabioenergy.com/export/sites/abg_bioenergy/resources/pdf/anuncios/es/semana_3/2-Lechon1.pdf
- Michiel, R. D., Sirintornthep, T., Sonia, M. M., William, I., Craig, P., Riitta, P. y Can, W. (2007). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios: Capítulo 6* (Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero núm. Capítulo 5 Desechos).
- Núñez Monroy, J. y Núñez Palacios, R. A. (2012). Huella de Carbono: Más allá de un instrumento de medición. Necesidad de conocer su impacto verdadero.: Congreso Internacional Latina de Comunicación Social. *Revista Latina*, 1–17. Recuperado de http://www.revistalatinacs.org/12SLCS/2012_actas/058_Nunez.pdf
- Olmos, X. (2014). *Huella Ambiental del Café: División de Comercio Internacional del Café*. Lima, Perú. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/291246482/Huella-Ambiental-Cafe-Ppt-Ximena-Olmos-17-10>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2004). *Estimaciones globales de las emisiones de NH₃, NO y N₂O provenientes de tierras agrícolas* (núm. ISBN 92-5-304689-9). Roma. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-y2780s.pdf>
- Sevenster, M. y Verhagen, J. (2010). *GHG emissions in the coffee chain: Toward a standard methodology for carbon footprint* (Toward a standard methodology for carbon footprinting núm. 10.2284.83). Recuperado de http://www.cedelft.eu/publicatie/ghg_emissions_of_green_coffee_production%3Cbr%3Eoward_a_standard_methodology_for_carbon_footprinting/1117
- Suarez Agudelo, J. M. (2012). *Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Provenientes del beneficio del café. en el municipio de Betania Antioquia: Usos y Aplicaciones*. (Pregrado). Corporación Universitaria Lasallista.
- Tavera, C. (2012). Huella de carbono en cadenas productivas de café (*Coffea arabica L.*) con Diferentes Estándares de Certificación de café en Costa Rica. *Luna Azul*, (35). <https://doi.org/10.17151/luaz.2012.35.5>
- United States Environmental Protection Agency [EPA]. *Understanding Global Warming Potentials*. Recuperado de <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>

Useros Fernández, J. L. (2013). *El cambio climático: Sus causas y efectos medioambientales* (Anales de la Real Academia de Medicina y Cirugía de Valladolid núm. 50). Dialnet. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4817473.pdf>

Yeomans, J. (2012) *Carbon footprint Across the Coffee Supply Chain: The case of Costa Rican Coffee* (The case of Costa Rican coffee). Costa Rica. Recuperado de http://www.balas.org/BALAS_2013_proceedings_data/data/documents/p639212.pdf

7. ANEXOS



Anexo 1. Visita a productor con el certificado de Rain Forest Alliance.



Anexo 2. Finca visitada bajo la certificación de Rainforest Alliance.

Anexo 3. Cálculos huella de carbono etapa de cultivo.

Inventario	Cantidad	Unidad	Factor emisión	Unidad	Total (kg CO ₂ eq)
Energía eléctrica	1,508.86	kWh	0.67	kgCO ₂ e/kWh	1,013.95
Urea	1,525.11	kg/año	1.63	kgCO ₂ e/kg urea	2,483.50
P ₂ O ₅	358.81	kg/año	2.02	kg CO ₂ e/kg	724.80
K ₂ O	1,186.86	kg/año	0.49	kg CO ₂ e/kg	589.87
Caliza	2,575.56	kg/año	0.01	kg CO ₂ e/kg	49.45
Insecticidas	0.17	kg/año	16.60	kg CO ₂ e/kg	2.82
Fungicidas	0.49	kg/año	10.60	kg CO ₂ e/kg	5.22
Saco Polipropileno	33.35	kg/año	1.97	kg CO ₂ e/kg	65.70
Plásticos LDPE	40.92	kg/año	2.10	kg CO ₂ e/kg	85.93
Productos mantenimiento	260.60	kg/año	1.05	kg CO ₂ e/kg	273.64
Gasolina maquinaria	7.82	kg/año	5.53	kg CO ₂ e/kg	43.24
Gasolina procesos	345.27	kg/año	4.12	kg CO ₂ e/kg	1,422.53
Residuos orgánicos	787.36	kg/año	0.332	kg CO ₂ e/kg	261.40
Residuos plásticos	42.35	kg/año	2.10	kg CO ₂ e/kg	88.94
Plantación árbol	1,705.56	árboles/año	2.05	kg CO ₂ e/kg	3,496.58
Árbol frutal	1,705.65	árboles/año	1.31	kg CO ₂ e/kg	2,234.40
Establecimiento huerto	1,705.65	árboles/año	0.873	kg CO ₂ e/kg	1,489.03
Sistema trellis	0.34	ha/año	883.00	kg CO ₂ e/kg	302.43
N ₂ O urea	21.64	kg N ₂ O	298.00	kgCO ₂ e/kgN ₂ O	6,449.11
CO ₂ urea	672.00	kg CO ₂	1.00	kgCO ₂ e/kgCO ₂	672.12
CO ₂ caliza	6.00	kg CO ₂	1.00	kgCO ₂ e/kgCO ₂	5.77
TOTAL					21,784.72

Anexo 4. Cálculo huella de carbono transporte en etapa de cultivo.

Producto transportado	Cantidad (ton)	Distancia (km)	Factor emisión	Total (kgCO ₂ e)
Urea	1.52	27.00	0.59	24.12
P ₂ O ₅	0.36	25.57	0.59	5.38
K ₂ O	1.18	25.57	0.59	17.78
Fertilizantes orgánicos	10.94	18.60	0.59	119.42
Caliza	2.57	23.79	0.59	35.90
Fungicidas	0.00	24.07	0.59	0.01
Insecticidas	0.00	20.50	0.59	0.00
Sacos polipropileno	0.03	26.00	0.59	0.51
Plásticos	0.04	25.64	0.59	0.61
Productos mantenimiento	0.26	25.64	0.59	3.91
Gasolina	0.01	22.79	0.59	0.10
Gasolina otros procesos	0.34	28.21	0.59	5.71
Residuos	0.04	16.40	0.59	0.41
TOTAL				213.86

Anexo 5. Cálculo huella de carbono en etapa de procesamiento.

Inventario	Cantidad	Unidad	Factor emisión	Unidad	Total (kg CO ₂ eq)
Sacos polipropileno	2,622.38	kg/año	1.97	kg CO ₂ e/kg	5,166.00
Nylon e hilos	620.91	kg/año	9.27	kg CO ₂ e/kg	5,756.00
Plásticos	2,272.73	kg/año	2.10	kg CO ₂ e/kg	4,773.00
Etiquetas	378.82	kg/año	0.00	kg CO ₂ e/kg	0.00
Electricidad	121,760.00	kWh/año	0.67	kg CO ₂ e/kg	81,823.00
Cascarilla de café	327,272.72	kg/año	0.02	kg CO ₂ e/kg	7,527.00
LPG	1,181.20	kg/año	0.60	kg CO ₂ e/kg	713.00
Gasolina (Toyota hilux)	20,066.12	kg/año	5.61	kg CO ₂ e/kg	112,571.00
Diesel (Toyota hilux)	66,904.45	kg/año	5.37	kg CO ₂ e/kg	359,277.00
Residuos orgánicos	811,121.09	kg/año	0.00	kg CO ₂ e/kg	0.00
Residuos plásticos	4,090.91	kg/año	0.83	kg CO ₂ e/kg	3,434.00
Residuos madera	2,000.00	kg/año	0.00	kg CO ₂ e/kg	0.00
Residuos cartón	1,636.36	kg/año	0.83	kg CO ₂ e/kg	1,373.00
Agua residual	878.05	m ³ /año	0.00	kg CO ₂ e/m ³	0.00
CH ₄ mieles	-	-	234,439.35*	kg CO ₂ e/kg CH ₄	234,439.35
TOTAL					816,895.00

(*) Factor calculado.

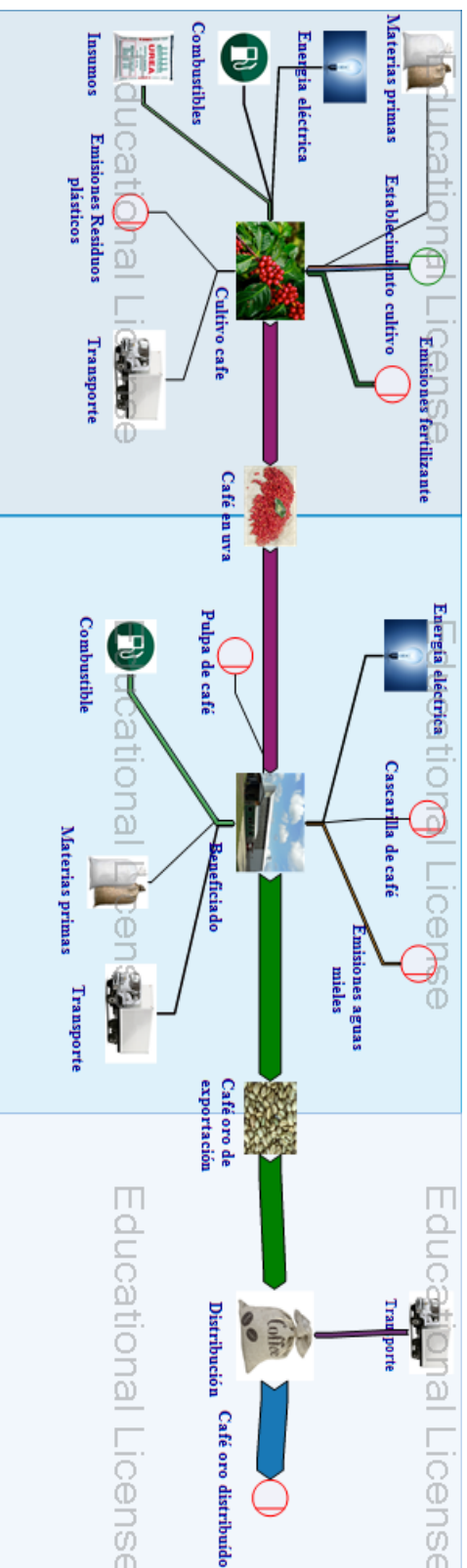
Anexo 6. Cálculo huella de carbono transporte en procesamiento.

Producto transportado	Cantidad (ton)	Distancia (km)	Factor emisión (kgCO ₂ e/ton.km)	Total (kg CO ₂ e)
Frutos de café	242.28	16.00	0.59	2,273.60
Plástico	2.27	52.00	0.59	69.17
Cascarilla de café	326.59	873.60	0.25	71,654.68
LPG	1.18	436.80	0.59	301.97
Residuos plásticos	4.08	180.00	0.59	430.98
Papel y cartón	1.63	180.00	0.59	172.39
Café pergamino húmedo	1057.40	17.00	0.25	4,514.61
TOTAL				79,417.40

Anexo 7. Cálculo de huella de carbono etapa de distribución.

Viajes	Distancia (km)	Cantidad (ton)	Factor de emisión (kg CO ₂ / ton.km)	Total (kg CO ₂ e)
34 viajes en rastra y camión	3,400.00	529.89	0.25	453,647.06
2 viaje rastra y camión	200.00	37.87	0.25	1,907.16
5 viaje rastra y camión	500.00	75.74	0.25	9,535.78
2 viaje rastra y camión	200.00	38.79	0.25	1,953.69
Viaje solo ida Aruco a San Pedro Sula	197.40	14.52	0.25	721.52
Aruco a Corquín	672.00	2.69	0.59	1,063.00
Aruco a San Pedro Copán	100.00	0.27	0.59	15.85
Aruco a Cucuyagua	160.00	0.51	0.59	47.89
Aruco a Santa Rosa de Copan	1,200.00	0.53	0.59	374.23
Aruco a San Pedro Sula	2,640.00	1.57	0.59	2,439.60
Aruco a Tegucigalpa	4,251.60	0.84	0.59	2,091.10
Aruco a Ceiba	1,915.00	0.05	0.59	61.15
Aruco a Ocotepeque	68.00	0.01	0.59	0.45
TOTAL				473,858.49

Anexo 8. Gráfico de huella de carbono, Programa Umberto.



Anexo 9. Inventario huella de carbono.

