

Huella de Carbono en la cadena de suministro de miel de abejas (*Apis mellifera*) en la Planta Apícola de la Escuela Agrícola Panamericana

Massiel de los Dioses Fabián

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2019

ZAMORANO
CARRERA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

Huella de carbono en la cadena de suministro de miel de abejas (*Apis mellifera*) en la Planta Apícola de la Escuela Agrícola Panamericana

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

Massiel de los Dioses Fabián

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2019

Huella de carbono en la cadena de suministro de miel de abejas (*Apis mellifera*) en la Planta Apícola de la Escuela Agrícola Panamericana

Massiel de los Dioses Fabián

Resumen. El cambio climático es un fenómeno ambiental de amplia atención mundial debido a que sus efectos incluyen el aumento de temperatura media del planeta, afectando diversos procesos y funciones en los ecosistemas. Este fenómeno es ocasionado principalmente por las actividades antrópicas y el crecimiento de la población. Este estudio tuvo como objetivo principal calcular la huella de carbono en la cadena de suministro de miel de abejas (*Apis mellifera*) de la Escuela Agrícola Panamericana. Se utilizó la metodología establecida en la ISO 14067, enfocada al ciclo de vida de los productos. La huella total fue 0.11 kg de CO₂eq para la unidad funcional correspondiente a 0.66 kg de miel, con el 21.92% de aportes de la etapa de producción, 36.52% del procesamiento y 41.55% de la distribución final. En esta última etapa los mayores aportes por uso de combustible para transporte. Considerando las actividades que aportaron más emisiones, se propusieron medidas para su disminución. Dentro de ellas la distribución adecuada del producto en busca de la disminución de emisiones por uso de combustible, la sustitución del azúcar en la alimentación artificial y la reducción del uso de energía eléctrica convencional con el uso de cerificadores solares.

Palabras claves: Apicultura, emisiones directas, emisiones indirectas, factor de emisión, gases de efecto invernadero

Abstract. Climate change is an environmental phenomenon of wide global attention, because global warming affects various processes and functions in ecosystems. This phenomenon is mainly caused by anthropogenic activities and population growth. The main objective of this study was to calculate the carbon footprint in the honey bee supply chain (*Apis mellifera*) of the Pan American Agricultural School. The methodology, established in ISO 14067, focused on the product life cycle. The total footprint was 0.11 kg of CO₂eq for the functional unit corresponding to 0.66 kg of honey, with 21.92% of contributions from the production stage, 36.52% from processing and 41.55% during final distribution. This last stage has greater contributions due to use of transport fuel. Measures were proposed to reduce emissions, such as more efficient distribution of the product to reduce fuel use, the substitution of sugar in artificial feeding, and the reduction of conventional electric energy with the use of solar cerifiers.

Key words: Beekeeping, direct emissions, emission factor, greenhouse gases, indirect emissions

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
4. CONCLUSIONES.....	18
5. RECOMENDACIONES.....	19
6. LITERATURA CITADA.....	20

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Insumos/teriales y equipos	7
2. Factores de emisión (FE) utilizados	8
3. Insumos/equipos y materiales para la etapa de producción	7
4. Insumos/equipos y materiales para la etapa de procesamiento	8
5. Insumos/equipos y materiales para la etapa de distribución	8
6. Factores de emisión (FE) para la evaluación del impacto	9

Figuras	Página
1. Ubicación de los apiarios.....	3
2. Puntos de distribución de miel en el Distrito Central y SAO.....	4
3. Puntos de distribución de la miel en San Pedro Sula.....	5
4. Flujo de procesos y actividades del estudio.....	6
5. Emisiones de CO ₂ eq totales para la cadena de suministro de miel	11
6. Emisiones de CO ₂ eq en la etapa de producción	12
7. Aporte de emisiones en la etapa de procesamiento.....	14
8. Aporte de emisiones en la etapa de distribución final.....	15
9. Bee Gym™.....	16
10. Cerificador solar.....	17

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático (CC) como un punto crítico dentro de los fenómenos ambientales tiene una amplia atención de diferentes países en la actualidad (Kellogg, 2019). Este fenómeno direccionado principalmente por actividades antrópicas y el crecimiento de la población, altera la temperatura media del planeta, afectando diversos procesos y funciones en los ecosistemas (Tong & Ebi, 2019). Estudios recientes indican que las áreas más afectadas por el CC se localizan en las regiones tropicales y subtropicales en donde se encuentran la mayoría de los países en vías de desarrollo. Países que en general, tienen una economía basada en la agricultura y otras actividades de producción primaria. Además, en estas regiones reside la mayor parte de comunidades en condiciones de pobreza y vulnerabilidad a fenómenos naturales (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2010).

En la actualidad, a pesar de conocer las consecuencias negativas del CC, se emiten a la atmósfera diferentes gases de efecto invernadero (GEI) como óxido nitroso (N_2O), dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4) a través de las actividades cotidianas (Barbera, 2018). Como consecuencia de esto, la temperatura media global se encuentra $1\text{ }^\circ\text{C}$ arriba del nivel pre-industrial, provocando efectos negativos para los humanos y los sistemas naturales (Tong & Ebi, 2019). Se proyecta que una tasa de emisión al mismo ritmo que en la década pasada, podría incrementar la temperatura media global en $0.5\text{ }^\circ\text{C}$ entre 2030 y 2052 (Rogeli, Meinshausen & Knutti, 2012). Por esta razón, actualmente los esfuerzos internacionales se enfocan en la cuantificación de GEI y la identificación de puntos de mejora con el fin de establecer estrategias de mitigación (Verge et al., 2013).

A nivel regional, los inventarios nacionales determinan los aportes significativos de GEI en diferentes sectores, las industrias identifican sus emisiones por funcionamiento o estiman las emisiones directas e indirectas por unidad producida. Este concepto final, traducido en indicadores de uso común se denomina huella de carbono (HC). Este indicador ha ganado relevancia para determinar el total de GEI generados por un producto o servicio, una empresa o sistema productivo (Espíndola & Valderrama, 2012). Dentro de los sectores económicos, la agricultura y la producción pecuaria representan un foco central de emisiones. Las estimaciones globales de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para el sector agrícola en 2011, reportaron emisiones de 5,300 millones de toneladas de CO_2eq (FAO, 2014). Sin embargo, dependiendo del manejo de las actividades agrícolas se pueden mitigar los aportes al CC y la pérdida de biodiversidad. Por ejemplo, a través de la apicultura, que ha tomado relevancia en el contexto mundial debido a sus implicaciones en aspectos económicos, sociales y ambientales (Pale, 2018), se pueden contrarrestar los efectos de la producción de azúcar convencional.

La apicultura es considerada una actividad compatible con el ambiente debido a que las acciones que la conforman no generan impactos significativos en la naturaleza (Silva, Arcos & Gómez, 2006). No obstante, es una actividad antropogénica por lo que es necesaria la aplicación de medidas de eficiencia y optimización de procesos, que impacten en menor grado el ambiente. La miel de abejas comparada con otros edulcorantes del mercado, como el azúcar y el jarabe de maíz, tiene menos efectos adversos sobre los recursos naturales y la salud de los consumidores (Mujica, Blanco & Santalla, 2015).

Las emisiones de GEI calculadas para 1 kg de miel de abejas en Argentina, es uno de los escasos estudios que determinan los puntos críticos en la huella de carbono de este sistema productivo. En el estudio se construyó un inventario de entradas y salidas del sistema, a partir del cual se calcularon las emisiones relacionadas con los procesos o fases en la cadena productiva. Dentro de ellos se consideraron, el manejo de las colmenas, la extracción de miel, el procesamiento y el transporte hasta el puerto de exportación. La metodología utilizada fue la estandarizada en la ISO 14040 con enfoque de análisis de ciclo de vida de sistema producto. Los resultados muestran un total de 2.5 ± 0.17 kg de CO₂eq/kg de miel. Con el procesamiento como responsable del 92% de las emisiones de GEI (Mujica et al., 2015). Aunque esta metodología es una de las más utilizadas, existe también el estándar específico de HC de producto, ISO 14067. Este detalla los principios, requisitos y directrices necesarios para la cuantificación y comunicación de las emisiones directas e indirectas de GEI en el ciclo de vida de un producto (ISO, 2013). En la actualidad, el cálculo de estos indicadores toma fuerza para determinar el impacto de un producto en el ambiente y principalmente, en sus aportes al CC, lo cual en diversas ocasiones es un punto de decisión para la elección de los consumidores.

La miel de abejas es el principal producto apícola en Honduras, basado en la cría y explotación de abejas de la especie *Aphis mellifera*. Estadísticas realizadas por el IICA en 2009, muestran un total de 1,607 apicultores distribuidos en 12 departamentos, con al menos 36,961 colmenas destinada a la producción y otras 25,000 para servicios de polinización. Esto indica la importancia de analizar el desempeño ambiental de este sistema de producción, donde la información es inexistente.

En la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) Zamorano, se cuenta con una unidad apícola con fines productivo-educativos. Unidad que en el período comprendido entre el 2000 y 2002 capacitó 534 personas de varios departamentos, en parámetros de producción apícola eficiente (Asociación de Productores Apícolas El Jiguero, 2017). A partir de estos desarrollos, el sector productivo muestra interés por incrementar el rubro y ejecuta diferentes estudios en la región. Sin embargo, ninguno de ellos ha considerado las implicaciones ambientales a través de análisis como el de la HC. En este contexto, considerando la aplicabilidad y alcance del indicador mediante la ISO 14067, se planteó realizar el presente trabajo y los objetivos propuestos fueron los siguientes.

- Calcular las emisiones de GEI en la cadena de suministro de miel en la Planta Apícola de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.
- Identificar los puntos de emisión más relevantes y de mayor impacto en los procesos unitarios de la cadena de suministro de la miel.
- Determinar medidas para la reducción de las emisiones de GEI de la cadena de suministro de miel.

2. METODOLOGÍA

Descripción del área de estudio.

El estudio se realizó en la Planta Apícola de la EAP, con coordenadas geográficas 499661.00 m E, 1549553.00 m N. Ubicada en la municipalidad de San Antonio de Oriente, departamento Francisco Morazán, el sitio tiene una temperatura media anual de 20.1 °C, precipitación de 1,056 mm al año y una elevación de 1,260 msnm (Climate Data, 2019). Se incluyeron dos sitios de producción-extracción (apiarios), fuera de Zamorano que son proveedores de la planta. Estos sistemas productivos se encuentran en el municipio de El Paraíso en las coordenadas 553046.50 m E, 1528334.37 m N en la Finca El Volcán, 556781.78 m E, 1531926.92 m N en la finca Las Flores y 545683 m E, 1535717.96 m N en CAFEPSA (Cafés Especiales del Paraíso) (Figura 1), con temperaturas y precipitación promedios de 23.6 °C y 1,594 mm (Climate Data, 2019).

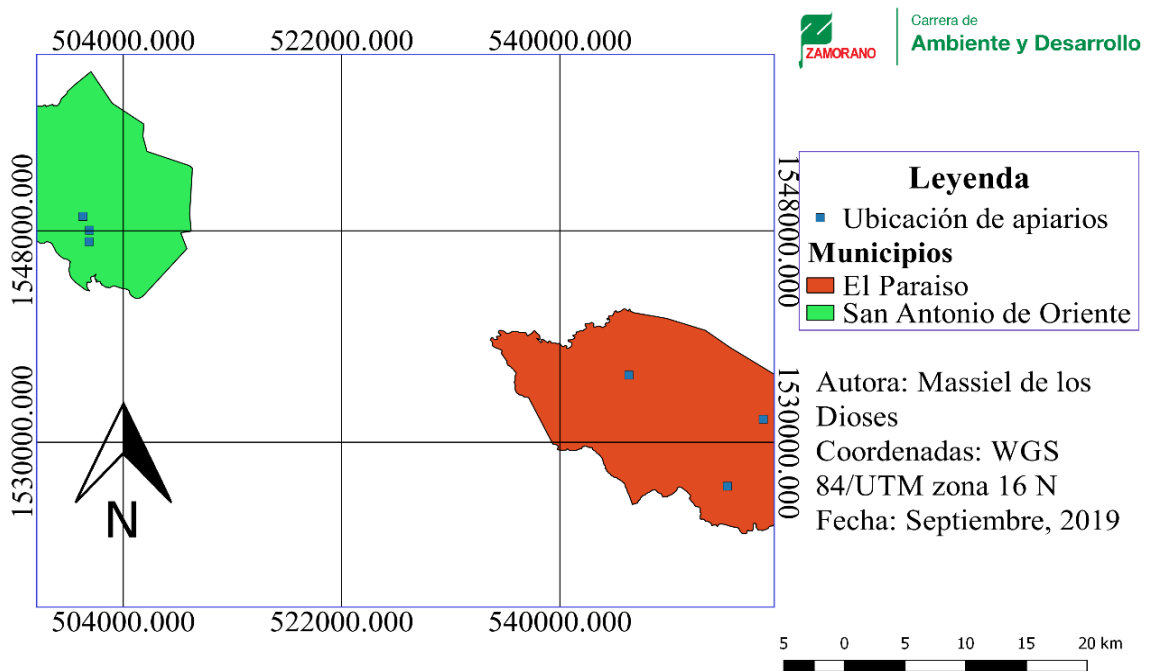


Figura 1. Ubicación de los apiarios

Descripción de la cadena de suministro.

En la planta y el apiario de la EAP se recopiló información de las etapas de producción y procesamiento, en tanto que en los apiarios de El Paraíso se colectó información de la etapa productiva.

Para la generación y comercialización de una botella de 0.66 kg (presentación comercial del producto en la EAP) y definida como unidad funcional, son necesarias tres etapas: producción, procesamiento y distribución. La primera etapa se lleva a cabo en los apiarios a través de la labor de abejas *Apis mellifera*. Estas producen miel a partir de su proceso de alimentación natural por néctar y polen de las flores en la zona y por suplementación artificial de azúcar por 4 meses al año. La miel es cosechada dos veces al año.

El procesamiento, es la segunda etapa y se lleva a cabo en las instalaciones de la Planta Apícola de la EAP. La materia prima es suministrada en un 5% por los apiarios de Zamorano y el 95% por los proveedores de El Paraíso. La miel es sometida a calentamiento entre cuatro a seis horas a 50 °C para el descristalizado y luego filtrada a través de una tela de organza para eliminar las partículas sólidas que permanecen en suspensión. En promedio se procesan 75 barriles de 309 kg al año. Posteriormente es embotellada y distribuida a diferentes establecimientos para su venta.

Para evaluar la etapa de distribución se determinaron las distancias desde la planta de mieles de la EAP hasta el Puesto de Ventas Zamorano, los supermercados ubicados en el Distrito Central (Departamento de Francisco Morazán) y San Pedro Sula (Departamento de Cortés) (Figuras 2 y 3).

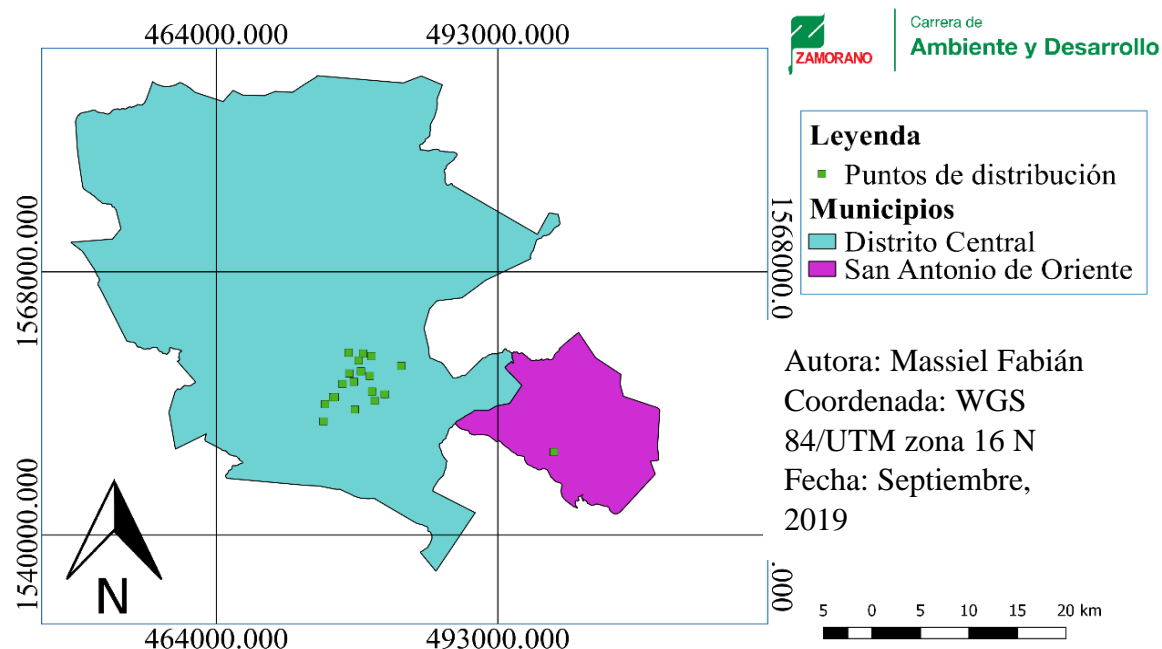


Figura 2. Puntos de distribución de la miel en el Distrito Central y San Antonio de Oriente

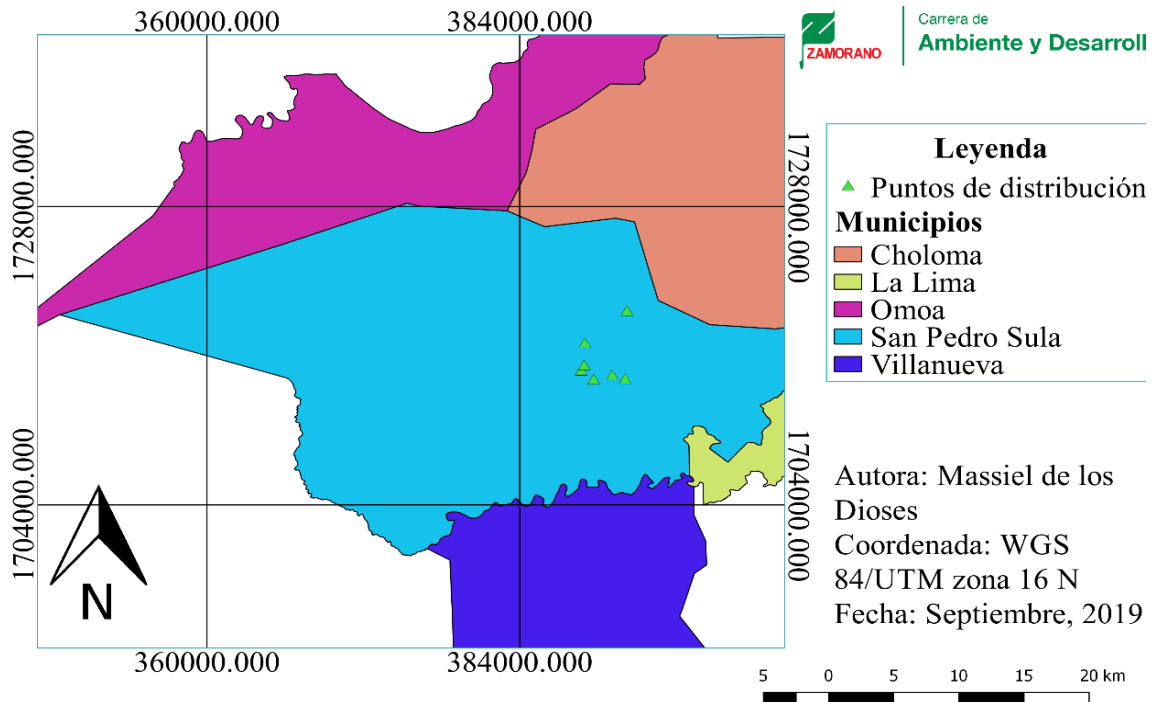


Figura 3. Puntos de distribución de miel en San Pedro Sula

Definición de unidad funcional (UF) y alcance del estudio.

Se utilizó un enfoque de atributos, en el que se describen las entradas y salidas asociadas a la entrega de una cantidad específica de miel, definida como UF. Para este caso correspondió a 0.66 kg de miel (presentación comercial o flujo de referencia) de la Planta Apícola de la EAP. El límite de este estudio comprende las actividades realizadas desde la cuna hasta el próximo negocio. Esto significa, desde la extracción de la materia prima para su producción, hasta la puerta del negocio o de comercialización del producto. Acorde con la ISO 14067 (2018) de huella de carbono, se determinó el alcance del estudio, con un sistema de primer plano basado en las unidades productivas (apiarios) y de procesamiento y abastecimiento (Planta Apícola de la EAP) y los puntos de distribución de la miel y como sistema de segundo plano la extracción de las materias primas para el desarrollo de cada etapa de la cadena.

Cuantificación de entradas y salidas.

Las entradas y salidas necesarias para las etapas de producción, procesamiento y distribución final para la generación del producto (UF), fueron establecidas en un flujo de procesos. Su estructura se definió por medio de visitas a los apiarios y la planta de procesamiento, además de la realización de entrevistas a los encargados de las actividades. Las etapas o procesos unitarios para la generación de la miel son producción, procesamiento y distribución. En el primero se desarrollan las actividades de construcción y manejo de la colmena y cosecha de miel. El segundo proceso unitario es el procesamiento y finalmente, distribución (Figura 3).

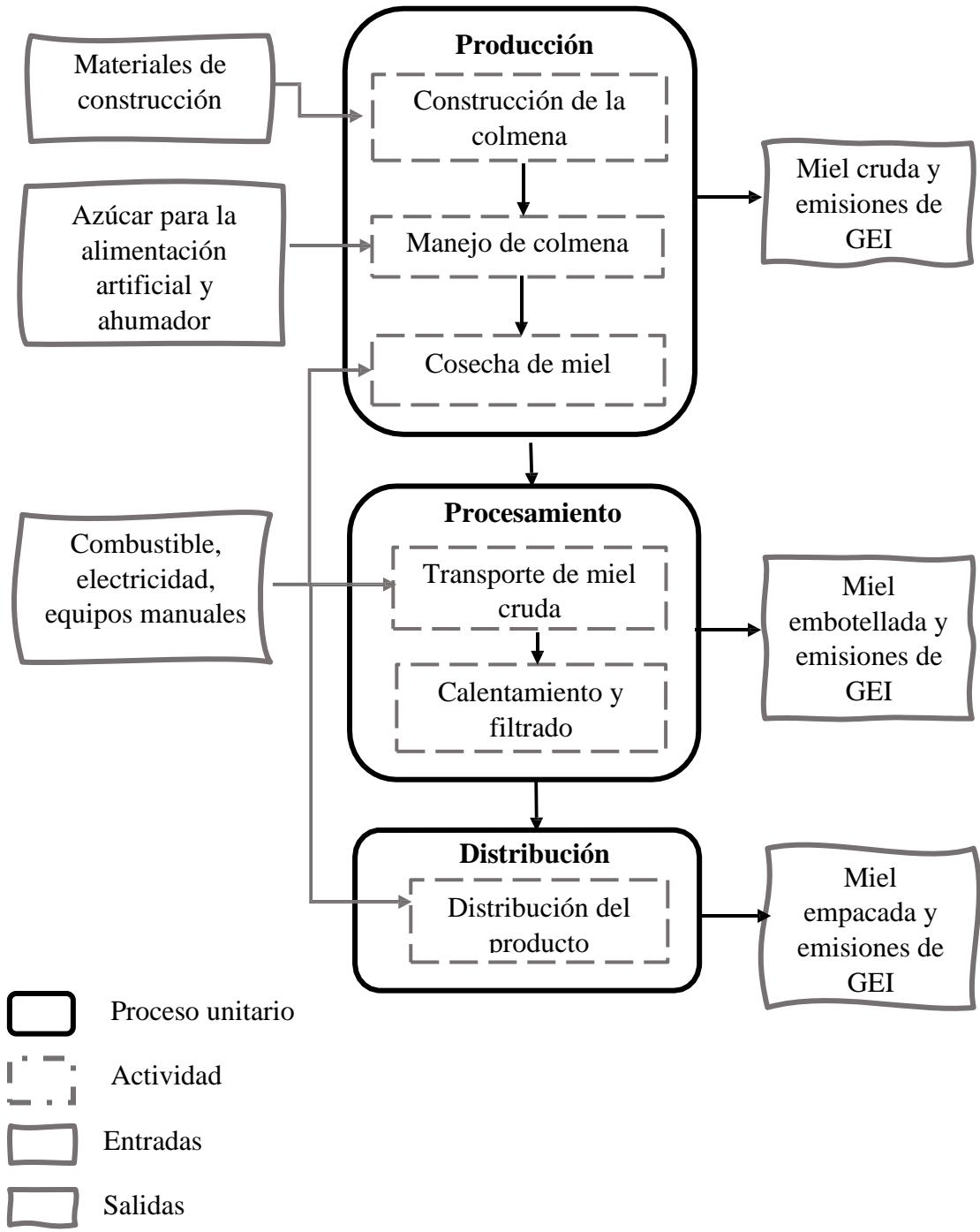


Figura 4. Flujo de procesos y actividades del estudio

Para el establecimiento o construcción de las colmenas se utiliza hierro, lámina galvanizada y madera. Sin embargo, la madera fue excluida del estudio, ya que posee una vida útil de 20 años y factores de emisión muy pequeños. Los metales fueron incluidos en la cuantificación de las emisiones. La actividad correspondiente al manejo de las colmenas es realizada aproximadamente cada 15 días y tiene como objetivos, controlar la plaga *Varroa*

destructor, determinar el deterioro de colmenas, suministrar alimento y realizar labores de limpieza de malezas alrededor de las mismas. La inclusión de azúcar como alimentación artificial se hace en invierno.

Los insumos utilizados para el manejo de las colmenas, además del azúcar se encuentran, el ahumador (que en el estudio fue incluido su material, pero no las emisiones por proceso de combustión ya se hacen a partir de carbón de leña y se consideran como carbono de fuentes biogénicas, con aportes insignificantes), para la manipulación de las abejas y el uso de tiras de Apistan® como control de *V.destructor*. Aunque esta última actividad no fue incluida en la cuantificación de GEI por ausencia de factor de emisión, fue tomada en cuenta como contaminante químico y se evaluaron medidas para la reducción de su uso.

La cosecha de miel es realizada por los apicultores una vez al año e incluye como entradas el uso de energía eléctrica por los equipos extractores y el consumo de combustible para el transporte hasta los puntos de extracción. La salida de producto de esta etapa es miel sin procesar o cruda. Las etapas de procesamiento y distribución comparten de manera general las mismas entradas que son el uso de equipos manuales, consumo de combustible y electricidad. Las salidas de estas etapas difieren, ya que en el procesamiento se obtiene la miel procesada y embotellada, mientras que en la distribución se obtiene miel empacada en botellas plásticas y dispuestas en bolsas de 15 unidades. Los insumos/equipos y materiales para cada proceso se presentan en los (Cuadros 1, 2 y 3).

Cuadro 1. Insumos/equipos y materiales para la etapa de producción.

Equipo/insumo	Material
Ahumador	Lámina de zinc
Azúcar	
Batea	Acero inoxidable
Colmena	Hierro y lámina galvanizada
Desoperculadora	Aluminio
Extractor de miel	Acero inoxidable, aluminio
Montacargas	Hierro, acero inoxidable y aluminio
Tanques de recepción	Polietileno de alta densidad

Cuadro 2. Insumos/equipos y materiales para la etapa de procesamiento.

Equipo/ insumo	Materiales
Bombillas fluorescentes	Electricidad
Botellas plásticas	Polietileno de baja densidad
Canastas plásticas	Polietileno de alta densidad
Centrifugadora	Acero inoxidable
Cubetas plásticas	Polietileno de alta densidad
Estampadora	Acero inoxidable
Estufa	Electricidad
Extractor de cera	Acero inoxidable
Filtradoras	Acero inoxidable
Lavadero	Acero inoxidable
Marmitas	Acero inoxidable
Resistencias eléctricas	Electricidad
Transporte	Combustible

Cuadro 3. Insumos/equipos y materiales para la etapa de distribución final.

Equipo/insumo	Materiales
Bolsas plásticas	Polietileno de baja densidad
Transporte	Combustible

Según el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en el 2009, la producción de miel en Latinoamérica se realiza a través de actividades manuales, con uso reducido de equipos eléctricos o de alto consumo de combustible. Por esta razón, se excluyeron materiales que representan emisiones insignificantes para el proceso productivo, como cuchillos, etiquetas, papel y clavos de acero. Se consideraron aquellas actividades y/o equipos con aportes significativos a las emisiones de GEI en el cálculo de la huella. Además, según Mujica et al. (2016), la producción apícola no impacta en la ampliación de la frontera agrícola a pesar de su dependencia directa de plantas de flores para la producción de miel, por lo cual no se incluyeron aspectos por cambio de uso del suelo.

Evaluación de impacto.

Con el fin de calcular las emisiones asociadas a los equipos o actividades realizadas durante el proceso de generación del flujo de referencia, en este caso tomado como UF, se aplicaron diferentes factores de emisión (FE), los cuales se describen el Cuadro 4 y se obtuvieron de la base de datos Ecoinvent 3.6, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y por medio de revisión de artículos de revistas en las bases de datos Sciece Direct, Spinger Journal y Scopus y documentos públicos de instituciones.

Cuadro 4. Factores de emisión (FE) para evaluación del impacto.

Material	Factor de emisión	Unidad	Fuente
Acero	2.90	kg CO ₂ × kg	Kundak, Lazic & Crnko (2009)
Acrílico	11.78	kg CO ₂ × kg	Cabrera (2014)
Aluminio	1.40	kg CO ₂ × kg	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2002)
Azúcar	0.07	kg CO ₂ × kg	García, Treviño, Rivera & Armendáriz (2016)
Diesel	2.77	kg CO ₂ × m ³	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2019)
Electricidad	0.63	Ton CO ₂ × MWh	CEPAL (2017)
Gasolina	2.37	kg CO ₂ × m ³	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2019)
Hierro	1.91	kg CO ₂ × kg	Environmental Protection Agency (2018)
Lámina galvanizada	1.72	kg CO ₂ × kg	IPCC (2006)
HDPE*	1.70	kg CO ₂ × kg	Fröhlich, 2017
LDPE**	1.48	kg CO ₂ × kg	Recio, Guerrero, Ageitos & Narváez (2005)

*Polietileno de alta densidad

** Polietileno de baja densidad

Para estimar las emisiones de GEI correspondientes al uso de equipos y materiales en las etapas de la cadena de suministro, se determinaron la masa, volumen o energía y se cargaron a la UF establecida. Para las emisiones correspondientes a los equipos y materiales se hizo la estimación de la vida útil a través de sus fichas técnicas, se imputó a la producción de miel en un año y se cargó a la UF (Ecuación 1). Luego se determinaron las emisiones de GEI de cada uno mediante la relación entre la entrada por el FE correspondiente (Ecuación 2).

$$\text{Masa referida a un año} = \frac{\text{Masa de equipos (kg)}}{\text{Vida útil (años)}} \quad [1]$$

$$\text{kg de CO}_2\text{eq} \times 0.66 \text{ kg de miel} = \frac{\text{Masa referida a un año (kg)} \times \text{FE}}{\text{kg totales de miel}} \times \text{UF} \quad [2]$$

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ en el caso de las actividades de transporte y consumo de electricidad, las cuales no poseen una vida útil ni se les atribuyen las emisiones por el material del cual están hechos, se multiplicó el consumo de energía o combustible por el factor de emisión correspondiente, luego se cargaron las emisiones a la UF (Ecuación 3).

$$\text{kg de CO}_2\text{eq} \times 0.66 \text{ kg de miel} = \text{Eficiencia del vehículo Lkm (Consumo)} \times \text{FE} \quad [3]$$

Interpretación del ciclo de vida.

El cálculo de huella de carbono de la cadena de suministro de miel de abejas es una evaluación exploratoria a través de caso de estudio en Honduras, por lo que se utilizó el análisis descriptivo para presentar y discutir los resultados. Posterior al cálculo de emisiones de CO₂eq, se definieron las etapas del ciclo de vida con mayor aporte a la huella de carbono total, teniendo en cuenta el criterio de corte e imputación a la UF. Los análisis por etapas de la cadena permitieron determinar mayores cargas ambientales en el ciclo de vida y de tal manera, determinar sus puntos críticos y precisar medidas de mejor comportamiento ambiental.

Para la discusión de resultados se utilizó un mecanismo de análisis de cargas para cada etapa o actividad dentro de estas, mediante la imputación en ciclo de vida y la referencia con reportes de estudios similares. De esta manera, se determinaron aspectos como la eficiencia del uso de materiales y técnicas utilizadas, evaluando a la vez su compatibilidad con el ambiente. Con la finalidad de disminuir las cargas ambientales a puntos medios o impacto potencial en emisiones de GEI y además, mejorar la cadena de suministro se proponen medidas de mejoramiento y optimización.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Huella de carbono de la cadena de suministro por UF.

La huella de carbono de la cadena de suministro de miel de abejas de la EAP se determinó en 0.11 kg CO₂eq/UF. Las emisiones de la etapa de producción corresponden al 21.92% del total de la huella, el procesamiento contribuye con el 36.52% y la distribución con el 41.55% (Figura 5). En contraste, Kendall y Brodt (2012), reportan una huella de carbono de la cadena de suministro de 1 kg de miel producida por pequeños productores en Estados Unidos, de 0.4 kg CO₂eq. Emisiones que llevadas a la UF de referencia para este estudio corresponden a 0.24 kg de CO₂eq, lo cual determina una huella 118.2% mayor que en la EAP. Para ambos estudios, el transporte de la miel cruda y el procesamiento en Estados Unidos, fueron los principales aportantes a las emisiones totales. La diferencia existente es causada por el transporte, la miel cruda en Estados Unidos es transportada 2,897 km desde los apiarios hasta la planta de procesamiento, mientras que en Zamorano la distancia desde los apiarios hasta la planta es de aproximadamente 642.72 km. En tanto que, para Argentina la huella de carbono fue determinada en 1.56 kg de CO₂eq/UF por Mujica et al. (2015), lo cual es 1,318.2% superior a la de la EAP. En Argentina, las mayores emisiones estuvieron relacionadas con el alto consumo de energía en las etapas de extracción y procesamiento, donde cada apicultor consumía en promedio 2.64 kWh/UF, mientras que en la EAP el consumo fue 0.001 kWh.

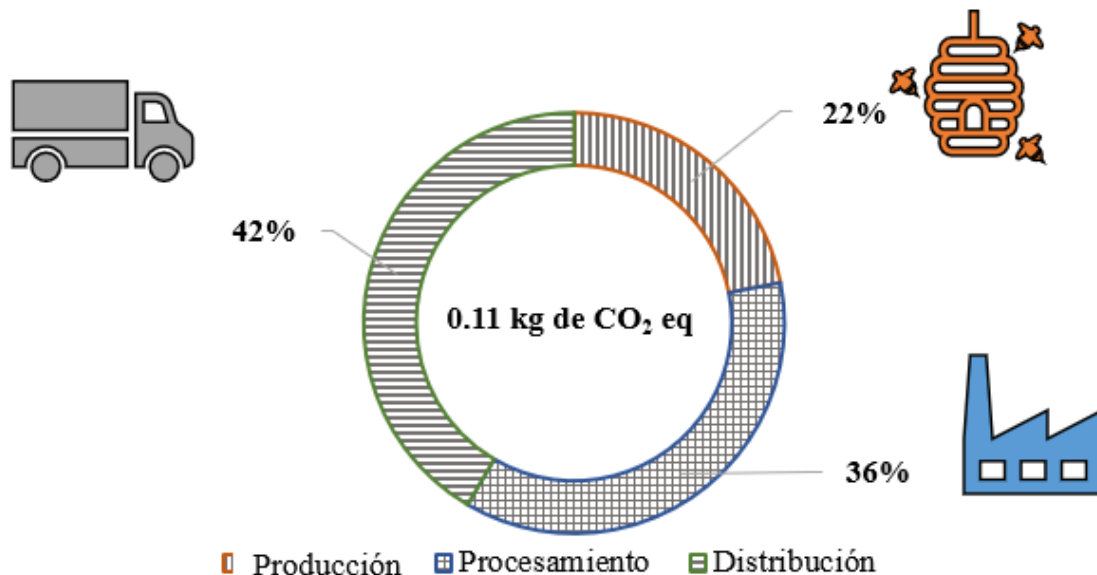


Figura 5. Emisiones de CO₂eq totales para la cadena de suministro de miel.

Al tomar como referencia la huella de carbono de productos que cumplen la función de dulcificantes al igual que la miel, como la azúcar de caña y el de remolacha se determinaron diferencias en las emisiones totales. En el ciclo de vida de azúcar de caña se emiten 0.27 kg de CO₂eq/UF (García, Treviño, Rivera & Armendáriz, 2016) y para azúcar de remolacha emite 1.04 kg de CO₂eq/UF (Klenk, Landquist & Ruiz, 2012), esto significa que la carga ambiental de la miel es menor que la de estos productos. Sin embargo, para Honduras la producción promedio de azúcar de caña es 5 millones de toneladas anuales (Asociación de Productores de Azúcar de Honduras, 2018) y la producción de miel es de 400 toneladas (Asociación de Productores Apícolas, 2017) y el azúcar es el principal dulcificante utilizado.

Huella de carbono de la etapa de producción.

Dentro de las emisiones totales, la etapa de producción fue la que representó el menor porcentaje 21.92%, con un total aportado de 0.024 kg CO₂eq/UF. Los equipos utilizados en esta etapa fueron el montacargas manual, extractor eléctrico de miel, tanques plásticos de recepción, azúcar, ahumador y colmenas.

Los equipos utilizados en esta etapa son en su mayoría manuales y no necesitan el consumo de energía eléctrica o combustible (Figura 6), por esta razón las emisiones son muy bajas, a diferencia de lo reportado en el estudio de Mujica et al. (2015), para Argentina, en donde el proceso de producción y extracción fue el responsable del 90.7% del total de emisiones. Las mayores cargas ambientales están relacionadas con el transporte de la miel cruda desde diferentes apiarios hasta la planta de procesamiento y uso de combustible (gas natural) para la alimentación artificial de las colmenas, gasolina y gasóleo para la gestión y transporte de la miel y uso de energía eléctrica para el proceso de extracción.

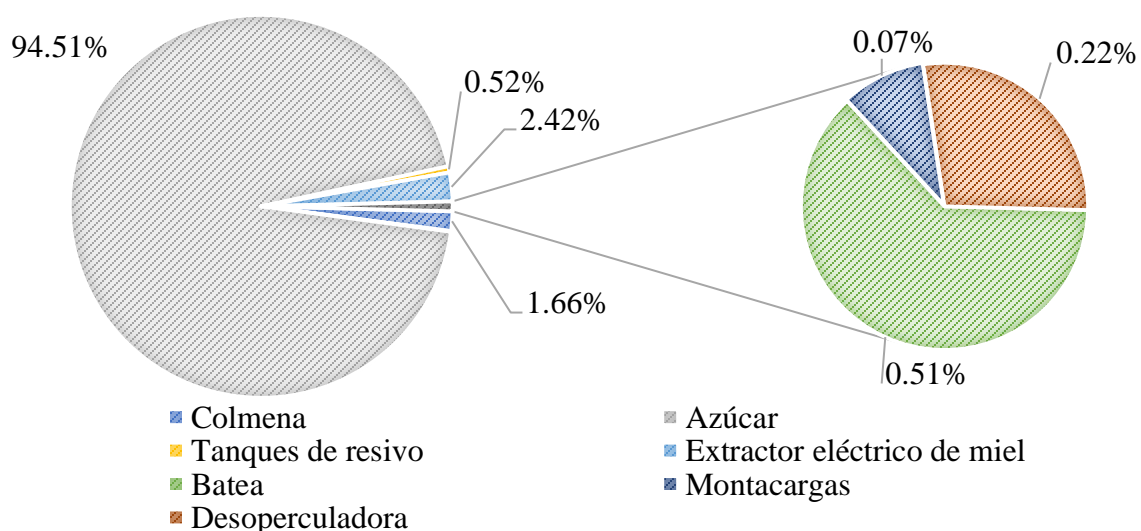


Figura 6. Emisiones de CO₂eq en la etapa de producción

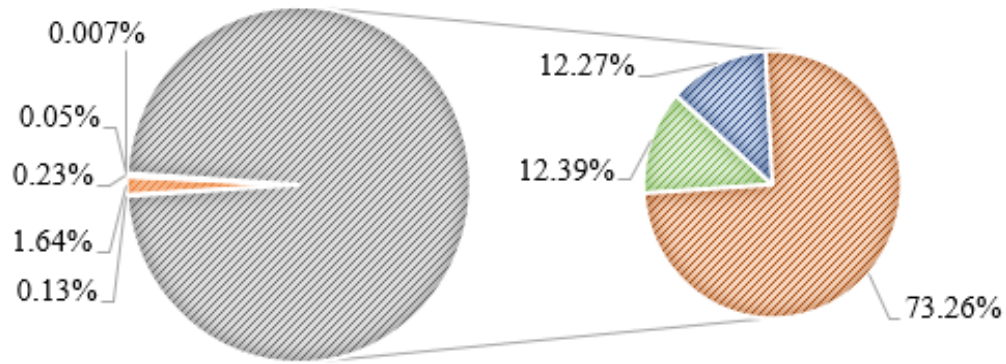
La actividad de alimentación artificial en la producción aporta 0.023 kg CO₂eq/UF, lo cual representa el 94.51% de las emisiones en esta etapa. Esta carga ambiental está relacionada con el uso de azúcar correspondiente a 0.045 kg/UF y sus emisiones relacionadas con un factor correspondiente a 0.45 kg CO₂eq/kg de azúcar, acorde con el estudio de García et al. (2016). Lo cual significa que los productores de El Paraíso deberían revisar la suplementación de azúcar e incorporar variables de biodiversidad en los paisajes para soportar una mayor provisión de néctar a través de especies florales ricas en energía. Otro aporte significativo en esta etapa fue el uso de extractor eléctrico para el manejo de la miel (2.42%).

En el estudio de Estados Unidos, el no uso de azúcar para la alimentación artificial fue la razón por la que el pequeño productor S2, no presentaba emisiones relacionadas con esta entrada y sus bajas emisiones en producción estaban relacionadas con una cantidad mínima de energía eléctrica para extracción, mientras el productor M2 presenta emisiones superiores y relacionadas con el aporte de azúcar como suplemento alimenticio (0.18 kg de CO₂eq/kg de miel) y el combustible para el transporte de la miel (Kendall & Brodt, 2012).

Huella de carbono en la etapa de procesamiento.

En segundo lugar, se determinó el aporte de la etapa de procesamiento (0.040 kg CO₂eq/UF). En esta etapa se incluyó el uso de botellas plásticas, el transporte de miel cruda desde los apiarios hasta la Planta Apícola (PA), el uso de estufas, resistencias, bombillas fluorescentes y el uso de otros materiales como canastas, estampadora, extractora de cera, lavadero, centrifugadora, filtradora, marmita y mesas.

Las emisiones en esta etapa estuvieron asociadas al uso de la botella de plástico que aporta el 73.26% y el transporte de la miel desde los apiarios hasta la PA (12.27%) (Figura 7). La distancia de transporte correspondió a 642.76 km y los vehículos utilizados fueron camionetas 4x4 por lo cual se determinó el uso de combustible como aporte a las emisiones de CO₂eq, sin contemplar transporte de carga como tonelada kilómetro recorrido. Las emisiones por transporte fueron menores que las reportadas en Estados Unidos, donde los productores transportan la miel cruda en camiones de carga pesada a por 2,897 km (Kendall & Brodt, 2012).



- Mesa y lavadero
- Extractora de cera
- Recipientes y canastas
- Transporte
- Marmita, filtradora y centrifugadora
- Estampadora
- Resistencias electricas, bombillas y estufa
- Botellas

Figura 7. Aporte de emisiones en la etapa de procesamiento

Las emisiones restantes están relacionadas con el uso de energía de la estufa, bombillas fluorescentes y resistencias eléctricas, para un total de 0.0045 kg CO₂eq/UF. Los aportes de los otros materiales utilizados en el procesamiento fueron insignificantes.

Huella de carbono en la etapa de distribución.

El transporte en la etapa de distribución es la mayor fuente de emisiones, con un total de 0.045 kg de CO₂eq/UF (98.7%) (Figura 8). Debido a que la frecuencia de distribución del producto para los supermercados de Tegucigalpa y San Pedro Sula es regular, implica mayores emisiones, a pesar de que la miel es transportada junto con otros productos. Las emisiones del transporte de miel de Argentina fueron 0.0096 kg CO₂eq/UF debido a la corta distancia entre Buenos Aires y puerto marítimo y la capacidad del camión para el transporte (tambores con capacidad de transportar 300 kg de miel) (Mujica et al, 2015). Sin embargo, no se incluye el transporte hasta el punto de distribución final o venta a consumidores. Para la miel de la EAP se distribuyen pocas botellas semanales con una distancia promedio por UF de 0.27 km. Las emisiones restantes estuvieron relacionadas con las bolsas plásticas de embalaje de las botellas de miel (1.25%).

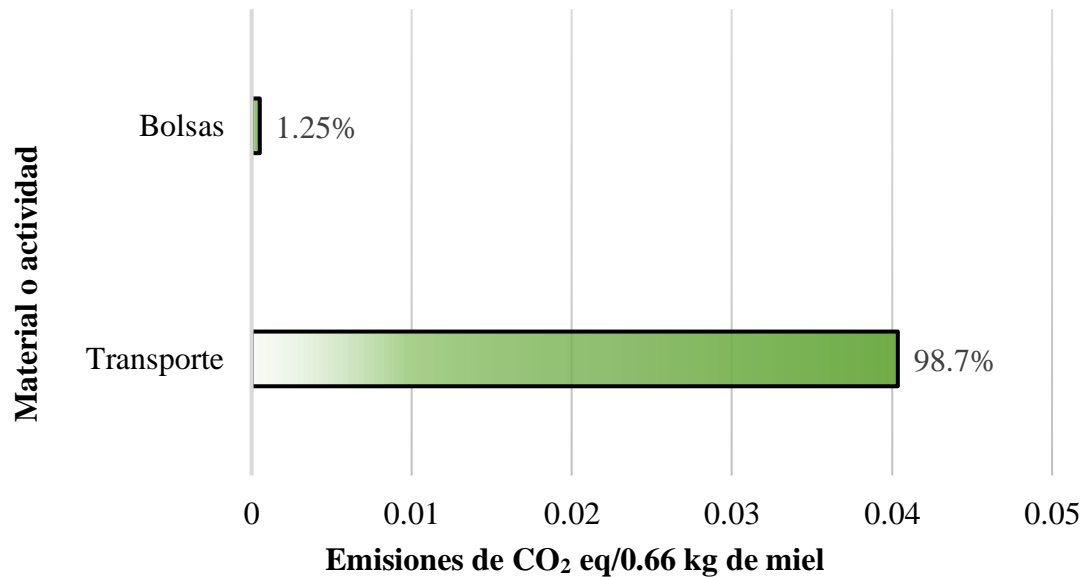


Figura 8. Aporte de emisiones en la etapa de distribución final

Medidas para la reducción de las emisiones en la cadena de suministro por UF.

Los resultados de huella de carbono de la cadena de suministro de miel, permitió la identificación de puntos críticos de emisiones de GEI. Para la fase de interpretación acorde con la ISO 14067 (2018), se toman en cuenta alternativas de mejora de la cadena evaluada. Por esta razón, las medidas sugeridas para la reducción de emisiones totales y la contribución a un producto bajo en carbono se consideran:

Distribución adecuada del producto. Creación de sistemas de control y seguimiento rotación de producto en los supermercados y la programación de rutas y la asignación adecuada de vehículos de transporte en función de las distancias y material transportado, se pueden lograr ahorros de combustible. Este mecanismo de se contempla en los lineamientos del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2006), para el ahorro de combustible y eficiencia en los sistemas de transporte. El consumo de combustible está directamente relacionado con el aumento de emisiones de GEI principalmente NO₂ y SF₆. lo cual representa el mayor porcentaje en aportes para la huella de carbono. Esta medida permitirá que la botella de miel de 0.66 kg sea más compatible ambientalmente.

Sustitución del azúcar en la alimentación artificial. El consumo de azúcar para la alimentación artificial de las abejas en temporadas de baja floración fue la actividad que más aportes generó en la etapa de producción de miel. Por esta razón se sugiere el cambio parcial de la alimentación artificial con azúcar, a otros métodos de igual o mayor efectividad.

El estudio de Ram, Sihag & Manisha (2011) en la India demostró que la soya (*Glycine max*), frijol mungo (*Vigna radiata*), garbanzo (*Cicer arietinum*) o Gandú (*Cajanus cajan*), son apropiadas para preparar dietas artificiales para colonias de abejas durante los períodos

de escasez de flores. Los resultados demostraron que el suplemento de polen mezclado con dieta sustitutiva de soya inducía a las colonias a producir y criar continuamente más crías y buscar más polen y néctar.

Eliminación del uso de químicos. Los proveedores de miel en El Paraíso, utilizan Apistan® un agroquímico para el control de *Varroa destructor* en las colmenas. El aporte a la huella de carbono de este producto no se pudo estimar por falta de factores de emisión, pero como su uso genera contaminación, se sugiere su eliminación. El ingrediente activo del Apistan® es Tau-fluvalinato, un piretroide que presenta una DL50 sobre abejas de 12.6 µg vía oral (Pesticide Properties Database, 2019). Además, puede generar daños en el estado larvario por la presencia residual en la cera de las cámaras de cría (Neira, Kauzlarich, Navarro, Dörner & Maquián, 2011).

Como sustituto del Apistan®, se sugiere el uso de una nueva herramienta denominada Bee Gym™ (Figura 9). Este es un dispositivo que ayuda a la eliminación de ácaros en las colonias de abejas, mediante el aumento del auto-aseo. Los resultados presentados por Patrick & Glover (2017), demuestran que aplicaciones diferenciales de Bee Gym™ en algunas colmenas, lograron el control de ácaros con eficiencias del 71, 65 y 65.5%, aunque no recomiendan 100% el control, ya que incide en la mortalidad de las abejas.

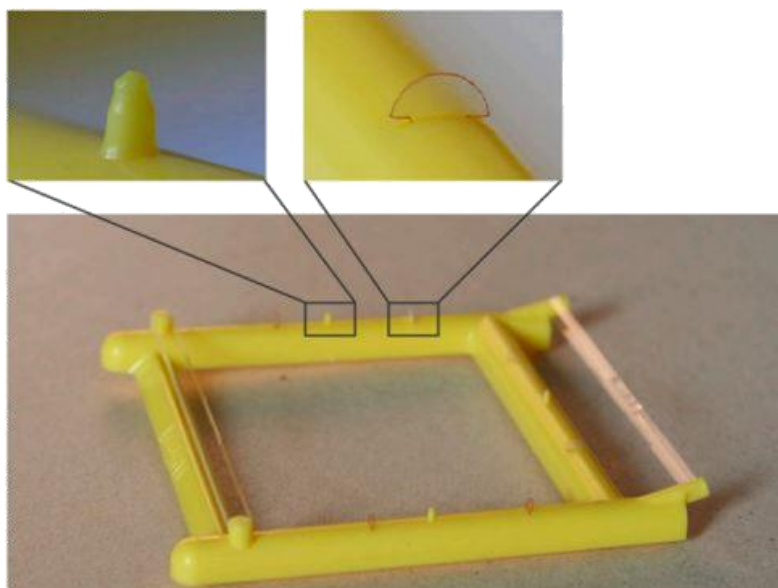


Figura 9. Bee Gym™
Fuente: Neira et al. (2011)

Disminución en el uso de energía eléctrica convencional. Para disminuir el consumo de energía eléctrica convencional en la cadena de suministro de miel, se sugiere la utilización de cerificadores solares (Figura 10), de esta forma se elimina el uso de resistencias para el derretimiento de la cera. El cerificador solar es una caja con tapa de vidrio, que a través de la exposición al sol derrite los panales viejos colocados dentro, permitiendo su reutilización (Besora, 2017).



Figura 10. Cerficador solar
Fuente: Besora, (2017)

4. CONCLUSIONES

- La aplicación de la metodología del estándar ISO 14067 (2018) permitió el cálculo de la huella de carbono para la cadena de suministro de miel de la Escuela Agrícola Panamericana, la cual se estimó en 0.11 kg CO₂eq/UF, distribuidos entre las etapas de producción, procesamiento y distribución.
- Los resultados indican que los mayores aportes a la huella de carbono total se presentan en la etapa de distribución, con un total de 0.046 kg de CO₂e/UF, por esta razón en la fase de interpretación de la huella se determinaron algunas medidas de manejo, asociadas al consumo de combustible.
- En la cadena de suministro de miel se determinaron medidas para la reducción de emisiones y la generación de un producto bajo en emisiones de carbono. Dentro de éstas se destacan la distribución adecuada del producto a los puntos de venta, la sustitución parcial del azúcar en la alimentación artificial por suplementos de soya y polen y la disminución del uso de energía eléctrica convencional con el uso del cerificador solar.

5. RECOMENDACIONES

- Establecer las medidas propuestas para la reducción de CO₂ en toda la cadena de suministro de miel.
- Realizar un estudio que comprenda el análisis de los costos y beneficios de la implementación de las medidas de reducción de CO₂ y evaluar su influencia en el precio de la botella de miel.
- Realizar un estudio que compruebe la eficiencia del Bee Gym™ en comparación al uso de Apistan® y la eficiencia de la alimentación artificial con la suplementación de soya y polen en las colmenas de la Escuela Agrícola Panamericana.

6. LITERATURA CITADA

- Asociación de Productores Apícolas El Jiguero. (2017). Diagnóstico Situacional (2da. ed.). Honduras. Obtenido de: <http://www.agronegocios honduras. org/ wp-content/uploads/2018/08/Diag-Situac-El-Jilguero.pdf>
- Asociación de Productores de Azúcar de Honduras. (2018). Impacto económico de la agroindustria azucarera.
- Asociación Española para la Calidad. (2013). Norma ISO TS 14067. España. Obtenido de: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/norma-iso-ts-14067>
- Barbera, A; Vymazal, J; Maurieri, C. (2019). Greenhouse gases formation and emission, EL SEVIER, (2),329-333. Obtenido de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095489108954?via%3Dihub>.
- Climate Data. (2019). Climate database. Climate-Data.ORG. Recuperado de: <https://es.climate-data.org/america-del-norte/honduras/francisco-morazan-2477/>
- Climate data. (2019). Climate database. Climate-Data.ORG. Recuperado de: <https://es.climate-data.org/america-del-norte/honduras/cortes/san-pedro-sula-1021782/>.
- Climate data. (2019). Climate database. Climate-Data.ORG. Recuperado de: <https://es.climate-data.org/america-del-norte/honduras/francisco-morazan/tegucigalpa-3766/>.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2017. La demanda de energía del sector transporte y el cambio climático en Honduras. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41389/1/S1700335_es.pdf
- Ecoinvent. (2007). Ecoinvent database (Ecoinvent). Ecoinvent.org. Recuperado de: <https://v30.ecoquery.ecoinvent.org/Details/UPR/615d01c5-a565-446c-a6a4-d7b372f91ce2/8b738ea0-f89e-4627-8679-433616064e82>
- Ecoinvent. (2017). Ecoinvent database (Ecoinvent). Ecoinvent.org. Recuperado de: <https://v30.ecoquery.ecoinvent.org/Details/UPR/615d01c5-a565-446c-a6a4-d7b372f91ce2/8b738ea0-f89e-4627-8679-433616064e82>
- España, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. 2019. Consumo de combustible por marca y modelo de vehículo. Recuperado de: <http://coches.idae.es/base-datos/marca-y-modelo>

- España. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2002. Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero, 1990-2002.
- Espíndola, C., Valderrama, J. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. *Revista Scielo*, volumen 23 (1) 163-176. Recuperado el día 15 de mayo de 2019, desde: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S071807642012000100017&script=sci_arttext&tlng=en..
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2009). Manual de la apicultura básica para Honduras. Honduras.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2012). Impacto del cambio climático en la agricultura. San José, Costa Rica. Recuperado el 18 de mayo de 2009, desde: https://www.iica.int/sites/default/files/document/2015-08/nota_tecnica_03-12.pdf
- Kellogg, W. W. (2019). *Climate change and society: consequences of increasing atmospheric carbon dioxide*. Routledge.
- Kendall, A; Brodt, J. (2012). Carbon footprint and air emissions inventories for US honey production: case studies. *Revista Springer*, (18) 392-400.
- Mujica, M; Blanco, G; Santalla, E. (2015). Huella de carbono de la miel producida en Argentina. *EL SEVIER*. (116), 50-60.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2014). Aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero de la agricultura. Roma. Obtenido de: <http://www.fao.org/news/story/es/item/218907/icode/>.
- Organización Internacional de Normalización. (2013). Huella de carbono, requisitos y directrices para la cuantificación y comunicación. Obtenido de: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:ts:14067:ed-1:v1:ru>
- Pale, S. (2018). La gobernanza de la cadena productiva del sector apícola en el contexto del cambio climático en el municipio de Adalpa, Chiapas, México. Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Recuperado el día 18 de mayo de 2019, desde: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8782/La_gobernanza_de_la_cadena_productiva.pdf
- Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC). 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Estados Unidos.
- Recio, Guerrero, Ageitos & Narváez. 2005. Estimate of energy consumption and CO₂ emission associate with the production, use and final disposal of PVC, HDPE, PP, ductile iron and concrete pipes. España.
- Rogelj, J., Meinshausen, M., & Knutti, R. (2012). Global warming under old and new scenarios using IPCC climate sensitivity range estimates. *Nature climate*, 2(4), 248.
- Silva-G. D., Arcos-D A.L. y Gómez-D. J.A. 2006. Guía ambiental apícola. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 142 p.

- Tong, S., Ebi, k. (2019) Preventing and mitigating health risks of climate chage. Environmental Research, volumen 174, pág. 9-13. Estados Unidos. Recuperado el día 19 de mayo de 2019.
- Verge, C., Maxime, D., Dyer, J., Desjardins, L., Arcand, Y., & Vanderzaag. (2013). Carbon footprint of Canadian dairy products: Calculations and issues. Ottawa: American. *Journal of Dairy Science.* (96), 6091-6104.