



Huella de carbono del cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) en la Hacienda La Victoria, provincia de El Oro

Carbon footprint of the banana cultivation (*Paradisiaca musa*) in La Victoria Farm, El Oro province

Fajardo Espinoza, Paola; Cadenas Martínez, Rubén

Paola Fajardo Espinoza

fajardo-paola9799@unesum.edu.ec

Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador

Rubén Cadenas Martínez

ruben.cadenas@unesum.edu.ec

Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador

Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación

CIDEPRO, Ecuador

e-ISSN: 2588-1000

Periodicidad: Trimestral

Vol. 6, No. 45, 2022

editor@journalprosciences.com

Recepción: 22 Junio 2022

Aprobación: 28 Agosto 2022

DOI: <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss45.2022pp167-178>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Cómo citar: Fajardo Espinoza, P., & Cadenas Martínez, R. (2022). Huella de carbono del cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) en la Hacienda La Victoria, provincia de El Oro. *Pro Sciences: Revista De Producción, Ciencias E Investigación*, 6(45), 167-178. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss45.2022pp167-178>

Resumen: La huella de carbono es una herramienta que se utiliza para medir la emisión de gases efecto invernadero generada por actividades antropogénicas, tales como la agricultura. El objetivo de este estudio fue estimar la huella de carbono producida por las actividades agrícolas del cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) en la Hacienda “La Victoria” provincia de El Oro durante los años 2020 y 2021. Para ello se aplicó la metodología del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (*Greenhouse Gas Protocol GHG Protocol*) para lo cual se calcularon las emisiones directas generadas por el uso de combustibles de fuentes móviles y la aplicación de fertilizantes, así como las emisiones indirectas generadas por el consumo eléctrico y consumo de combustible para fumigación aérea. Los resultados muestran que durante el 2020 se emitieron 635,31, de los cuales, aproximadamente, el 12,86% corresponden al consumo de combustible por parte de las bombas hidráulicas propiedad de la hacienda, 71,45% a emisiones generadas por la aplicación de fertilizantes, 2,76% al consumo de energía eléctrica y 12,92% corresponden al consumo de combustible para la fumigación aérea. Durante el 2021, se emitieron 588,65 de los cuales 13,91%, 68,93%, 2,74% y 14,37% corresponden al consumo de combustible por parte de las bombas propiedad de la hacienda, aplicación de fertilizantes, consumo de electricidad y fumigación aérea, respectivamente. Se concluye que la diferencia en la huella de carbono en los años en estudio se debe a que se implementaron medidas para reducir la cantidad de fertilizantes sintéticos utilizados.

Palabras clave: huella de carbono, producción de banano (*Musa paradisiaca*), gases de efecto invernadero, factores de emisión.

Abstract: The carbon footprint is a tool that is used to measure the emission of greenhouse gas generated by anthropogenic activities, such as agriculture. The objective of this study was to estimate the carbon footprint produced by the agricultural activities of banana cultivation (*Musa paradisiaca*) in the “La Victoria” farm, El Oro province, during 2020 and 2021. For this, the Methodology of the Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) was applied for which the direct emissions generated by the use of fuels from mobile sources and the application of fertilizers, as well as the indirect emissions generated for electric consumption and fuel consumption by aerial fumigation,

were calculated. The results show that during 2020 635.31 were issued, of which approximately 12.86% correspond to the fuel consumption by the hydraulic pumps owned by the farm, 71.45% to emissions generated by the application of fertilizers, 2.76% to the consumption of electricity and 12.92% correspond to fuel consumption for air fumigation. In 2021, 12.86 were issued of which 13.91%, 68.93%, 2.74%, and 12.92% correspond to fuel consumption by the hydraulic pumps owned by the farm, application of fertilizers, electricity consumption, and air fumigation, respectively. It is concluded that the difference in the carbon footprint in the years under study is due to measures implemented to reduce the number of synthetic fertilizers used.

Keywords: carbon footprint, banana production (*Musa paradisiaca*), greenhouse gases, emission factors.

INTRODUCCIÓN

En los actuales momentos el planeta tierra está sufriendo un gran problema ambiental que amenaza con la vida de todos a causa del calentamiento global teniendo entre sus principales causas las elevadas emisiones de gases de efecto invernadero que, según un reciente estudio del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), la agricultura, la ganadería y los cambios de uso de la tierra son responsables por el 23% de las emisiones (Babativa 2020). Se prevé que el cambio climático empeore la sostenibilidad de la mayoría de las áreas cultivadas y amenacen la productividad agrícola a largo plazo, abastecimiento de alimentos y seguridad alimentaria futura (Elbehri *et al.*, 2015).

La lucha mundial contra el calentamiento global, generado por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), es un asunto que compete a todos y, en particular, directamente a la autoridad ambiental y debe combatirse no sólo con las herramientas que provee la ley, sino con proyectos que hagan ver a los grandes emisores la responsabilidad que les cabe en este asunto y los beneficios que tendrían como empresas, en los mercados internacionales, si cambian la manera de hacer las cosas y se convierten en empresas ambientalmente responsables (Antury y Lara, 2016).

Existen evidencias que muestran que el aumento de la temperatura termina por reducir la producción de los cultivos deseados (Comisión Económica para América Latina y el Caribe/CEPAL, 2010), a la vez que provoca la proliferación de malas hierbas y pestes y ocasiona cambios en los regímenes de lluvias, lo que aumenta las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y reducción en la producción a largo plazo (Nelson *et al.*, 2009).

El debate sobre los efectos del cambio climático se ha intensificado en los últimos años a escala global considerándose no solo desde el punto de vista ambiental sino también desde el punto de vista social y económico. El cambio climático es una amenaza porque puede afectar a diferentes sectores, de los cuales la agricultura es uno de los más vulnerables (Ocampo, 2011).

Un cultivo para llegar a su producción necesita condiciones climáticas adecuadas y suministros necesarios. Durante estas actividades antrópicas se genera emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, causando el incremento del calentamiento global contribuyendo así el agotamiento de los recursos naturales no renovables y a amenazar a los sistemas de producción

agrícolas. Como resultado, en la actualidad se tiene la reducción del crecimiento económico y problemas en la seguridad alimentaria (Aramendis *et al*, 2018).

La urgente necesidad de mitigar el cambio climático hace necesario la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero teniendo en cuenta que las actividades agrícolas generan una cantidad considerable de emisiones de GEI, tales como: el óxido nitroso (N_2O), el dióxido de carbono (CO_2) y el metano (CH_4), teniendo un impacto en la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola (Babativa, 2020). Estos gases tienden a acumularse en la capa media de la atmósfera y evitan la salida de la radiación solar, lo cual provoca aumento de la temperatura en la superficie terrestre (Espíndola y Valderrama, 2012).

Para contrarrestar el cambio climático se utilizan mecanismos y herramientas como la Huella de Carbono (HC) considerado como un indicador de la cantidad GEI generados y emitidos por las empresas, proyectos, eventos o productos en los cuales se considera todo el ciclo de vida del producto a lo largo de la cadena de producción. En muchos casos se incluye también su consumo, recuperación al final del ciclo hasta su eliminación (CEPAL, 2013) ayudando a identificar que actividades generan mayor emisión de gases de efecto invernadero.

En la agricultura calcular la huella de carbono es obtener un indicador ambiental que permite evaluar las cargas ambientales asociadas a las diferentes actividades agrícolas de un cultivo y determinar el impacto que el uso de recurso produce en el medio ambiente. El cálculo de la huella de carbono de un producto es la suma de todos los materiales, energía y residuos en todas sus actividades de ciclo de vida, multiplicada por el factor de emisión y el potencial de calentamiento global. La huella de carbono de la industria bananera abarca toda la cadena de valor y se puede dividir en tres pasos principales: producción y envasado, transporte terrestre y marítimo y maduración (exportación de bananas) (Foro Mundial Bananero, 2017).

El cultivo de banano es el primer producto agrícola de Ecuador en generar divisas, se cultiva en las provincias de Guayas, Los Ríos, Manabí, Esmeraldas y El Oro se encuentran entre los principales sectores no petroleros que conducen la economía del país (Tuz, 2018). Esta fruta representa el segundo rubro de exportación nacional.

La producción bananera tiene inferencia directamente en el daño que se ocasiona a la biodiversidad de todas las zonas donde se produce y cada vez es más acelerado el aumento de las superficies sembradas, haciendo inestable las fronteras agrícolas, requiriendo que la implementación de una agrícola sostenible, resilientes y libre de pesticidas sea de vital urgencia para proteger las bases de la seguridad alimentaria, de las regiones donde se desarrolla la producción de banano (Zhiminaicela *et al.*, 2020).

Aunque el banano es un producto importante, se sabe poco sobre el análisis de la huella de carbono y los resultados varían según los métodos y los datos de 324 kg a 1124kg de CO_2 eq/kg de banano (Foro Mundial Bananero, 2017).

En particular, la Compañía Agrícola S. A, cuenta con una finca propia ubicada en el sitio La Victoria de la provincia de El Oro, Ecuador. Ésta es conocida como Hacienda La Victoria y cuenta con un área total de 164 hectáreas, aproximadamente, de las cuales 146 hectáreas están sembradas con banano (*Musa paradisiaca*) de la variedad Cavendish gigante y 8 hectáreas sembradas con la variedad William. Consta de 38 lotes con certificado GLOBALG.A. P y *Rainforest* por la calidad de su producto.

En este trabajo se presenta una estimación de la huella de carbono de la hacienda La Victoria durante los años 2020 y 2021 calculada siguiendo el protocolo de Gases de Efecto Invernadero.

METODOLOGÍA

Calcular la HC de una organización implica conocer cada emisión que se genera, con el fin de aplicar medidas para la reducción de estas, favoreciendo así la mitigación del cambio climático. Por lo tanto, se recolectaron los datos de cada actividad generadora de emisiones a partir de información confiable. Con esto se contabilizaron y reportaron las emisiones.

En cuanto a la metodología a emplear, al referirse a los cálculos de la huella de carbono de una organización y a las fuentes emisoras que se analizan en su cálculo, se recurre al término alcance del estudio con la finalidad de conocer donde se establecerán los límites organizacionales, operacionales, fuentes de emisión, tipos de GEI y el periodo de tiempo contemplado, ya que de esta manera se conocerá hasta donde estará implicado el inventario de emisiones.

En la hacienda se utilizaron durante los años 2020 y 2021 fertilizantes sintéticos nitrogenados, así como también se aplicó como enmienda al suelo cal. La hacienda cuenta con una bomba hidráulicas para riego y drenaje y una bomba para fumigación, Estas maquinarias son propios de la hacienda, y por lo tanto se cuenta con control directo sobre sus consumos de combustible.

Así mismo, la hacienda subcontrata una aeronave (avioneta) la cual es utilizada en la fumigación aérea. El combustible que utiliza la aeronave, al igual que su mantenimiento, es suministrado por la compañía propietaria de la aeronave.

El área dispuesta para la oficina cuenta con un aire acondicionado de 18000 BTU. La hacienda no dispone de cavas refrigeradoras. Sin embargo, en el caso del único aire acondicionado, no se dispone de datos relacionados con las recargas ni de fugas por lo que no se consideró para el cálculo de las emisiones.

El consumo de electricidad de la red eléctrica durante los años 2020 y 2021 también fue cuantificado. No se utilizó ningún tipo de gas (licuado, acetileno) durante las actividades propias de la hacienda.

La metodología a aplicar para el cálculo de la HC consistió en sumar las emisiones, expresadas en toneladas de CO₂ equivalente (t CO₂ eq), generadas por cada actividad de la hacienda. Estas se calculan multiplicando la actividad por el factor de emisión para tal actividad, es decir:

$$E_{A_i} = \text{Dato de actividad } A_i \times \text{Factor de emisión}$$

En donde el dato de actividad es el parámetro que define el grado o nivel de la actividad generadora de las emisiones de GEI; estos datos están asociados al consumo de energía o consumibles de la organización, mientras que el factor de emisión es un valor representativo que relaciona una cantidad de gas emitido a la atmósfera con una actividad asociada a la emisión de dicho gas.

Finalmente, la huella de carbono (HC) de la hacienda es:

$$HC = \sum_i E_{A_i}$$

La actividad depende del alcance que se considere. La contribución al cálculo de la huella de carbono correspondiente al alcance 1 se calcula tomando en cuenta el consumo de combustibles de fuentes de emisión móviles relacionadas con las bombas pertenecientes a la hacienda La Victoria. En cuanto al alcance 2, la contribución al cálculo de la huella de carbono se calcula tomando en cuenta la energía eléctrica consumida dentro de los límites organizacionales, mientras para el alcance 3 se tomó en cuenta las actividades subcontratadas por la hacienda.

RESULTADOS

Límites organizacionales y límites operativos

Los límites organizacionales del estudio incluyen toda el área de la finca y los procesos con control operacional, los cuales comprenden el cultivo de banano, cosecha y empaque. No se incluye el transporte fuera de la hacienda pues esta es efectuada por una compañía subcontratada. Las fuentes de emisión identificadas se resumen en la Tabla 1, así como los tipos de emisión que comprenden los límites operativos.

Tabla 1. Fuentes de emisión identificadas y sus respectivos tipos de emisión y alcance

| Fuente de emisión | Subfuente de emisión | Tipo de emisión | Alcance |
|--------------------------------|---|-----------------|---------|
| Aplicación de Fertilizantes | Sintéticos nitrogenados orgánicos | Directa | 1 |
| Consumo de Combustible Fósiles | Bombas hidráulicas | Directa | 1 |
| | Aeronave para aspersión | Indirecta | 3 |
| Consumo de electricidad | Consumo de electricidad de la red eléctrica | Indirecta | 2 |

Elaborado por: los autores

Cálculos por fuente de emisión

Fertilizantes sintéticos nitrogenados

Durante los años 2020 y 2021 se aplicaron 436.610 kg y 367.960 kg, respectivamente, de fertilizante sintético. El N, como ingrediente activo, fue en promedio 24,97% y 26,50% para los años 2020 y 2021, respectivamente. Con estos valores se estimó la cantidad total de N aplicado en el campo para el período en estudio multiplicando la cantidad total de kilogramos de cada fertilizante por el porcentaje de N estimado en cada uno. En la Tabla 2 se muestran los valores utilizados para calcular las emisiones para esta actividad.

Tabla 2. Valores utilizados para calcular las emisiones producto del uso de fertilizantes sintéticos en la Hacienda La Victoria

| Año | C _{fert.} (kg) | N | PCG _{N₂O} | FE |
|------|-------------------------|--------|---|----------------------------|
| | | | (Kg CO ₂ eq/Kg N ₂ O-N) | kg CO ₂ eq/kg N |
| 2020 | 436610 | 24,97% | 265 | 0,01 |
| 2021 | 367960 | 26,50% | | |

Nota: Los valores de los potenciales de calentamiento global y los factores de emisión fueron tomados de la página del Ministerio para la Transición Ecológica del Gobierno de España/MITECO (2022).

Para el cálculo de las emisiones se utilizará la relación (IPCC, 2015)

$$E_{\text{fert.}} = (C_{\text{fert.}} \times N) \times FE_{\text{fert.}} \times \frac{44}{28} \times PCG_{N_2O} \quad (1)$$

En donde:

$E_{\text{fert.}}$ Son las emisiones de CO₂ equivalente por aplicación de fertilizantes (kg CO₂ eq),

$C_{\text{fert.}}$ Es la cantidad total de fertilizante aplicado durante el año en estudio (kg_{total fert.}),

N es la razón de nitrógeno contenida en el total de fertilizante (kgN/kg_{total fert.}),

FE_{fert} es el factor de emisión por aplicación de nitrógeno (kg CO₂ eq/kg N),

44/28 es la razón de conversión de emisiones de N₂O-N en emisiones de N₂O.

PCG_{N₂O} es el potencial de calentamiento global del N₂O (kg CO₂ eq/kg N).

Aplicando la ecuación 1, se tiene que la emisión por aplicación de fertilizantes durante el año 2020 fue:

$$E_{\text{fert},2020} = (436610 \times 0,2497 \text{ kg N}) \times 0,01 \text{ kg N}_2\text{O} - \text{N/kg N}) \times \frac{44}{28} \times 265 \text{ kg CO}_2 \text{ eq /kg N}_2\text{O} - \text{N} \\ = 453996,75 \text{ kg CO}_2 \text{ eq} = 454,0 \text{ t CO}_2 \text{ eq}$$

Mientras que durante el 2021 fue:

$$E_{\text{fert},2021} = (367960 \times 0,2650 \text{ kg N}) \times 0,01 \text{ kg N}_2\text{O} - \text{N/kg N}) \times \frac{44}{28} \times 265 \text{ kg CO}_2 \text{ eq /kg N}_2\text{O} - \text{N} = \\ 406057,00 \text{ kg CO}_2 \text{ eq} = 406,1 \text{ t CO}_2 \text{ eq}$$

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos para la emisión de CO₂ equivalente por aplicación de fertilizantes durante los años de estudio.

Tabla 3. Emisión de CO₂ equivalente por aplicación de fertilizantes durante los años 2020 y 2021 en la hacienda La Victoria

| Año | Contenido de N (kg) | Emisiones (t CO ₂ eq) |
|-------|---------------------|----------------------------------|
| 2020 | 109021,52 | 454,0 |
| 2021 | 97509,40 | 406,1 |
| Total | 206530,92 | 860,1 |

Nota: Las emisiones, expresadas en fueron calculadas utilizando la fórmula 1 con los datos aportados por la administración de la hacienda La Victoria

Consumo de combustibles fósiles

La hacienda no utiliza sus vehículos para las actividades en la hacienda, pero posee una motobomba Caterpillar de 175 HP utilizada tanto para riego, durante la época seca, como para drenaje, la cual funciona con diésel y de una bomba Cifarelli utilizada para fumigación que funciona con gasolina. En la tabla 4 se muestra el consumo de diésel por parte de la motobomba durante los años 2020 y 2021 y los factores de emisión correspondientes, mientras que en la tabla 5 se muestran los correspondientes a la bomba Cifarelli.

Tabla 4. Datos utilizados para el cálculo de las emisiones por consumo de diésel por maquinaria de uso agrícola

| Año | Consumo diésel (L) | Factor de emisión (kg CO ₂ eq/L) |
|-------|--------------------|---|
| 2020 | 27436,65 | 2,718 |
| 2021 | 27436,65 | 2,718 |
| Total | 54873,30 | |

Nota: Los factores de emisión fueron tomados de MITECO (2022)

Tabla 5. Datos utilizados para el cálculo de las emisiones por consumo de gasolina por maquinaria de uso agrícola

| Año | Consumo de gasolina (L) | Factor de emisión (kg CO ₂ eq/L) |
|-------|-------------------------|---|
| 2020 | 2923,09 | 2,421 |
| 2021 | 3011,67 | 2,421 |
| Total | 5934,77 | |

Nota: Los factores de emisión fueron tomados de MITECO (2022)

Como no se dispone de datos relacionados a la tecnología de los motores, las emisiones se calcularán multiplicando la cantidad de combustible consumido por el factor de emisión. En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos para las emisiones producto del consumo de combustible.

$$E_{\text{diésel},2020} = E_{\text{diésel},2021} = 27436,65 \text{ L} \times 2,718 \text{ kgCO}_2 \text{ eq/L} = 74572,81 \text{ kg CO}_2 \text{ eq} \\ = 74,57 \text{ t CO}_2 \text{ eq}$$

$$E_{\text{gasolina},2020} = 2923,09 \text{ L} \times 2,421 \text{ kgCO}_2 \text{ eq/L} = 7076,80 \text{ kg CO}_2 \text{ eq} = 7,077 \text{ t CO}_2 \text{ eq}$$

$$E_{\text{gasolina},2021} = 3011,67 \text{ L} \times 2,421 \text{ kgCO}_2 \text{ eq/L} = 7291,25 \text{ kg CO}_2 \text{ eq} = 7,29 \text{ t CO}_2 \text{ eq}$$

Tabla 6. Emisión de CO₂ equivalente por consumo de combustibles durante los años 2020 y 2021 en la hacienda La Victoria

| Año | Emisiones (t CO ₂ eq) | |
|----------------|----------------------------------|----------|
| | Diésel | Gasolina |
| 2020 | 74,57 | 7,08 |
| 2021 | 74,57 | 7,29 |
| Totales | 149,14 | 14,37 |

Elaborado por: los autores

Además, la hacienda subcontrata los servicios de una avioneta para fumigación aérea de las 154 Ha sembradas. La avioneta utiliza gasolina tipo JP1 proporcionada por la compañía propietaria de la aeronave. Este tipo de emisiones es considerada indirecta de alcance 3. El combustible consumido por la aeronave durante los años 2020 y 2021 fue 37100,80 L y 38225,07 L, respectivamente. Utilizando un valor promedio de densidad para la gasolina de 0,716 kg/L, el factor de emisión para los años en estudio fue (MITECO, 2022)

$$FE = 3,050 \text{ kg CO}_2/\text{kg} \times 0,716 \text{ kg/L} = 2,184 \text{ kg CO}_2/\text{L}$$

En la Tabla 7 se muestran los valores utilizados en el cálculo de las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O, mientras que en la Tabla 8 se muestran los resultados para las emisiones por consumo de gasolina por parte de la avioneta (alcance 3).

Tabla 7. Valores utilizados para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero por consumo de gasolina de avión durante los años 2020 y 2021 en la hacienda La Victoria

| Año | Combustible (L) | Factor de emisión (FE) | | | Potencial de calentamiento global (PCG) | | |
|-------|-----------------|------------------------|-----------------------|------------------------|---|---|--|
| | | CO ₂ (kg/L) | CH ₄ (g/L) | N ₂ O (g/L) | CO ₂ (kg CO ₂ eq/kg CO ₂) | CH ₄ (kg CO ₂ eq/kg CH ₄) | N ₂ O (kg CO ₂ eq/kg N ₂ O) |
| 2020 | 37100,80 | 2,184 | 0,216 | 0,086 | 1 | 28 | 265 |
| 2021 | 38225,07 | | | | | | |
| Total | 75325,87 | | | | | | |

Elaborado por: los autores

Para el cálculo de las emisiones se utilizará la fórmula (IPCC, 2015)

Así, para el año 2020, se obtuvo:

Emisiones CO₂ = 37100,80 L × 2,184 kg CO₂/L × 1 kg CO₂ eq/kg CO₂ = 81026,40 kg CO₂ eq = 81,03 t CO₂ eq.

Emisiones CH₄ = 37100,80 L × 0,216 g CH₄/L × (1kg/1000g) × 28 CO₂ eq/kg CH₄ = 224,39 kg CO₂ eq = 0,2244 t CO₂ eq.

Emisiones N₂O = 37100,80 L × 0,086 g N₂O/L × (1kg/1000g) × 265 CO₂ eq/kg N₂O = 845,53 kg CO₂ eq = 0,8455 t CO₂ eq.

Mientras que, para el año 2021, se obtuvo:

Emisiones CO₂ = 38225,07 L × 2,184 kg CO₂/L × 1 kg CO₂ eq/kg CO₂ = 83483,55 kg CO₂ eq = 83,48 t CO₂ eq.

Emisiones CH₄ = 38225,07 L × 0,216 g CH₄/L × (1kg/1000g) × 28 CO₂ eq/kg CH₄ = 231,19 kg CO₂ eq = 0,2312 t CO₂ eq.

Emisiones N₂O = 38225,07 L × 0,086 g N₂O/L × (1kg/1000g) × 265 CO₂ eq/kg N₂O = 871,15 kg CO₂ eq = 0,8712 t CO₂ eq.

Tabla 8. Resultados obtenidos para las emisiones por consumo de gasolina por parte de la avioneta (alcance 3)

| Año | Combustible (L) | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | Total |
|-------|-----------------|----------------------|-----------------|------------------|--------|
| | | t CO ₂ eq | | | |
| 2020 | 37100,8 | 81,03 | 0,2244 | 0,8455 | 82,10 |
| 2021 | 38225,07 | 83,48 | 0,2312 | 0,8712 | 84,58 |
| Total | 75325,87 | 164,51 | 0,4556 | 1,7167 | 166,68 |

Elaborado por: los autores

Consumo de electricidad

Las emisiones producto del consumo de electricidad por parte de la hacienda se calcula multiplicando el consumo en kWh/año por el factor de emisión atribuible a la empresa eléctrica Corporación Nacional de Electricidad (CNEL). En la Tabla 9 se muestran los valores utilizados en el cálculo y en la Tabla 10 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 9. Valores utilizados para el cálculo de las emisiones por consumo eléctrico

| Año | Consumo eléctrico (kWh/año) | Factor de emisión del margen combinado (k CO ₂ /kWh) |
|-------|-----------------------------|---|
| 2020 | 83917 | 0,2092 |
| 2021 | 77011 | |
| Total | 160928 | |

Nota: El factor de emisión es el reportado por el Centro Nacional de Control de la Energía (CENACE) para el año 2020 (CENACE, 2021)

Así, las emisiones producto del consumo eléctrico por parte de la hacienda La Victoria durante los años 2020 y 2021 fueron:

$$\text{Emisiones CO}_2 = (83917+77011) \text{ kWh} \times 0,2092 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 33666,14 \text{ kg CO}_2 \text{ eq} = 33,67 \text{ t CO}_2 \text{ eq}.$$

Tabla 10. Resultados obtenidos para las emisiones por consumo eléctrico en la hacienda La Victoria durante los años 2020 y 2021

| Año | Consumo eléctrico (kWh/año) | Factor de emisión (k CO ₂ /kWh) | Emisiones (t CO ₂ eq) |
|-------|-----------------------------|--|----------------------------------|
| 2020 | 83917 | 0,2092 | 17,56 |
| 2021 | 77011 | | 16,11 |
| Total | 160928 | | 33,67 |

Elaborado por: los autores

DISCUSIÓN

En la Tabla 9 se muestran los valores obtenidos para las emisiones según el alcance de la emisión (A1, A2 y A3), mientras que en la Figura 1 se muestran los resultados en forma gráfica.

Tabla 11. Resultados para las emisiones de CO₂ equivalente, según el alcance, obtenidos para la hacienda La Victoria durante los años 2020 y 2021

| Año | Emisiones por actividad (t CO ₂ eq) | | | | | Totales |
|---------|--|-------------|----------|--------------|-------------|---------|
| | Fertilizante | A1 | | A2 | A3 | |
| | | Combustible | | Electricidad | Combustible | |
| | | Diésel | Gasolina | | | |
| 2020 | 454 | 74,57 | 7,08 | 17,56 | 82,10 | 635,31 |
| 2021 | 406,1 | 74,57 | 7,29 | 16,11 | 84,58 | 588,65 |
| Totales | 860,1 | 149,14 | 14,37 | 33,67 | 166,68 | 1223,96 |

Elaborado por: los autores

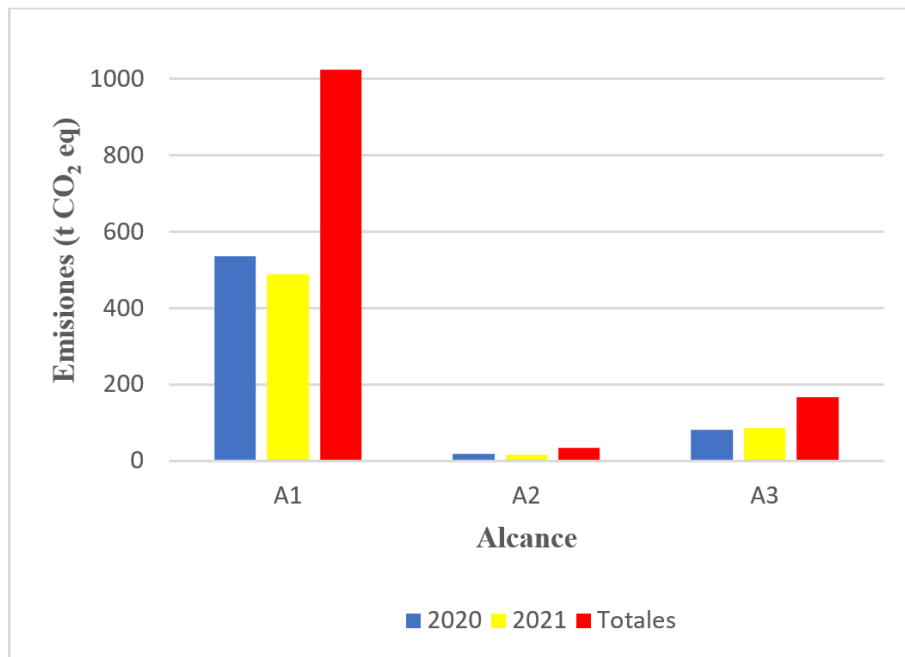
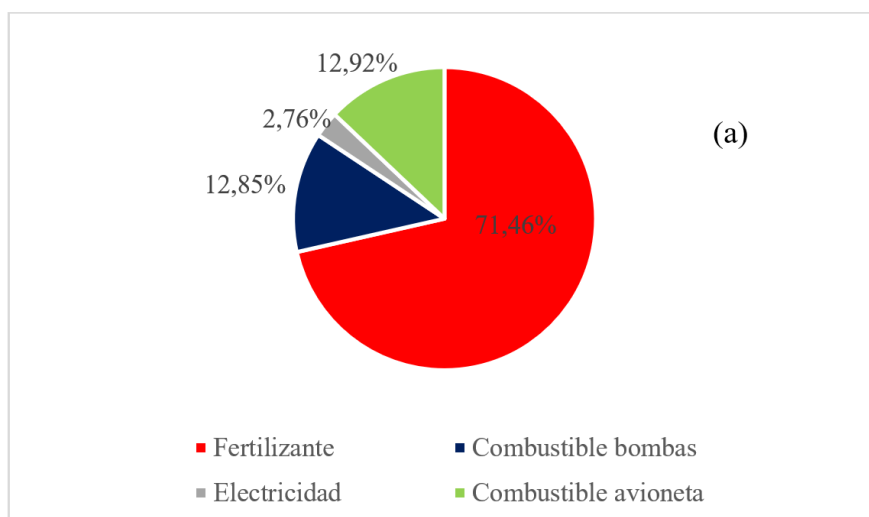


Figura 1. Emisiones de CO₂ equivalente debido a las actividades desarrolladas en la hacienda La Victoria durante los años 2020 y 2021
Elaborado por: los autores

Como puede observarse (Figura 1) la mayor parte de las emisiones tiene alcance 1, el cual incluye el uso de fertilizantes nitrogenados y consumo de combustibles fósiles en las bombas que utiliza la hacienda para riego, drenaje y fumigación en el sitio. Le sigue las emisiones por consumo de combustible por parte de la avioneta propiedad de un tercero y finalmente están las emisiones por consumo eléctrico.

En el caso de las emisiones durante el año 2020, el 71,45% corresponden al uso de fertilizantes nitrogenados, el 12,92% al consumo de gasolina por parte de la avioneta, el 12,86% al consumo de combustible por parte de las bombas hidráulicas y 2,76% al consumo de electricidad (ver Figura 2a). Los valores correspondientes a las emisiones durante el año 2021 fueron 68,93% al uso de fertilizantes nitrogenados, 14,37% al consumo de gasolina por parte de la avioneta, 13,91% al consumo de combustible por parte de las bombas hidráulicas y 2,74% al consumo de electricidad (ver Figura 2b).



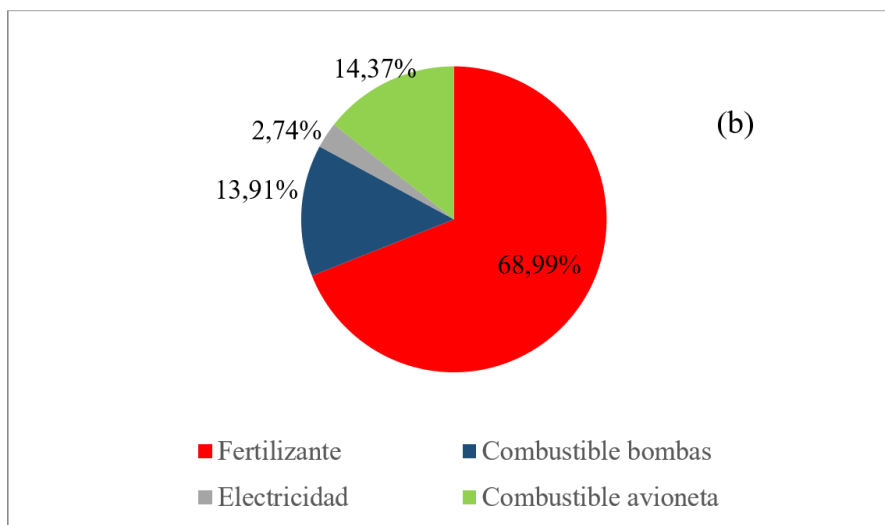


Figura 2. Contribución de cada fuente a las emisiones totales de la hacienda La Victoria durante el año (a) 2020, (b) 2021

Elaborado por: los autores

CONCLUSIONES

Las emisiones reflejan las actividades que se realizan en la hacienda: el corte y traslado de banano se hace manualmente, por lo que no se requiere uso de la electricidad, mientras que las otras actividades requieren un relativamente alto consumo de combustibles para el uso de las bombas y fumigación aérea.

Durante el año 2021 se produjo una pequeña disminución (7,4%) de las emisiones de CO₂ respecto a las del 2020. Esto fue debido a que se hizo un menor uso de fertilizantes nitrogenados. Sin embargo, durante ese mismo año se observó un aumento de cerca del 10% para las emisiones correspondientes al uso de las bombas y de la avioneta y, prácticamente, no hubo variación en las emisiones debido al consumo eléctrico. Esto indica un aumento tanto del riego a la plantación como de su fumigación aérea.

Cualquier plan de disminución de emisiones debe pasar necesariamente por un plan de reducción de fertilizantes y de un uso más racional de la avioneta para fumigación aérea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antury, A. y Lara, M. (2016). *Propuesta para la reducción de la huella de carbono en las instalaciones de la dirección regional del Magdalena Centro-CAR* [Trabajo de Grado]. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/10410>
- Aramendis, R., Rodríguez, A. y Krieger, L. (2018). *Contribuciones a un gran impulso ambiental en América Latina y el Caribe: bioeconomía*. Documentos de proyectos e investigación. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/43825>
- Babativa, A. y González, H. (2020). *Evaluación de La Huella de Carbono en cincuenta (50) fincas productoras de café en la vereda Holanda de Pitalito y La Piragua de Timaná, Municipios Ubicados al Sur del Departamento del Huila*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://>

repository.unad.edu.co/handle/10596/38537

- Centro Nacional de Control de la Energía (2021). *Factor de emisión de CO₂ del sistema nacional interconectado de Ecuador. Informe 2020*. https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/11/emisi%C3%B3n_de_co2_informe_2020.pdf
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (12 de noviembre 2010). *La huella de carbono podría agravar la vulnerabilidad del comercio latinoamericano*. Notas de la CEPAL No 66. <https://www.cepal.org/es/notas-de-la-cepal>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2013). *Informe del Cuarto Seminario Internacional sobre la Huella de Carbono. Huella ambiental en las exportaciones de alimentos de América Latina: normativa internacional y prácticas empresariales*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4083/1/S2013303_es.pdf
- Elbehri, A., Calberto, G., Staver, C., Hospido, A., Roibas, L., Skully, D., Siles, P., Arguello, J., Sotomayor, I., y Bustamante, A. (2015). *Cambio climático y sostenibilidad del banano en el Ecuador: Evaluación de impacto y directrices de política*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <http://www.fao.org/3/i5116s/i5116s.pdf>
- Espíndola, C. y Valderrama, J. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. *Información Tecnológica* 23(1), 163-176. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642012000100017>
- Foro Mundial Bananero (2017). *Huella de carbono de la cadena de suministro del banano*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <https://www.fao.org/publications/card/es/c/609e8bcf-415d-4525-963c-903d7d406cce/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2015). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Institute for Global Environmental Strategies. www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html
- Ministerio para la Transición Ecológica del Gobierno de España (julio 2022). *Factores de emisión. Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono*. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-es_nir_edicion2022_tcm30-523942.pdf
- Nelson, G., Rosegrant, M., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., Ringler, C., *et al.*, Msangi, S., Palazzo, A., Batka, M., Magalhaes, M. Valmonte, R., Ewing, M. y Lee, D. (2009). *El impacto en la agricultura y los costos de adaptación*. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias. DOI: 10.2499/0896295370
- Ocampo, O. (2011). El cambio climático y su impacto en el agro. *Revista de Ingeniería* 33. 115–23. Doi: 10.16924/revinge.33.11
- Tuz, I. (2018). *Manejo integrado del cultivo de banano (musa x paradisiaca l.) clon williams, usando biocarbón y microorganismos eficientes*. [Trabajo de Grado]. Universidad Técnica de Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/13263>
- Zhiminaicela, J., Quevedo, J. y Morocho, A. (2020). Deforestación y cambios en la cobertura vegetal del archipiélago de Jambelí, mediante el uso de imágenes satelitales Landsat-8. *Manglar* 17(2). 153-157. DOI:10.17268/manglar.2020.023