



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Comparación del desempeño ambiental de diferentes frutas
del género Musa en las provincias de Los Ríos y Cotopaxi:
estudio de casos de “Cavendish”, “Golden Beauty” y
“Maricongo”.”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL

Presentada por:

Kevin Miguel Veliz Ibarra

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2021

AGRADECIMIENTO

A mi tutor el proyecto de titulación al Ph.D. Ángel Ramírez M. por su guía y enseñanza, por siempre ayudarme a tomar las mejores decisiones con respecto al proyecto. También a las empresas que permitieron realizar el estudio en sus instalaciones, y las personas que colaboraron de una u otra forma. Por ultimo me gustaría agradecer especialmente a mi familia por creer en mí y darme la oportunidad de poder continuar con mis estudios.

DEDICATORIA

Este trabajo realizado con esfuerzo por varios meses, está dedicado a mis padres Miguel Veliz y Alicia Ibarra por siempre darme los ánimos y la motivación para nunca rendirme, también a mis abuelos, familiares y amigos. A mi amigo Pablo Silva y mi amiga Evelyn Guale, que en paz descansen, gracias siempre por su apoyo.

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Ángel Ramírez M., Ph.D.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ángel Ramírez M., Ph.D.
DIRECTOR DEL PROYECTO

Juan Manuel Peralta J., Ph.D.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Kevin Miguel Veliz Ibarra

RESUMEN

La producción agrícola juega es la bases para la producción de alimentos, jugando un rol importante en la crisis de alimentos, pero este también requiere una gran cantidad de recursos naturales. A nivel mundial el desarrollo agrícola es más notable en los países de América del Sur, por lo que cuentan con la mayor cantidad de suelo cultivado, y por lo cual se le atribuye la mayoría de los impactos ambientales producto de esta actividad.

El presente estudio muestra los resultados del desempeño ambiental de uno de los productos de origen agrícola más consumido en el mundo, Mediante el análisis de ciclo de vida (ACV) de tres especies pertenecientes al género Musa producidas en las ciudades de Quevedo en la provincia de Los Ríos y La Maná en la provincia de Cotopaxi, para determinar los impactos ambientales de cada especie y de sus etapas del proceso.

Para fines prácticos se definió la unidad funcional de 1 Ton de fruta empacada, producida en fincas con cultivos de banano (Cavendish), orito (Golden Beauty o Baby banana), y plátano (Maricongo o barraganete). El inventario de entradas y salidas del sistema se realizó en base a la unidad funcional, y se recopilaron de todo el año 2019, con un esquema tipo de la cuna a la puerta (cradle-to-gate), donde se incluyeron los procesos de siembra, nutrición, control de plagas, enfunde y protección, riego y el empacado de la fruta.

Para la evaluación de impacto de utilizo en el método ReCiPe Midpoint (H) V1.13, que permitió cuantificar los indicadores de impacto, obteniendo los resultados de las categorías de impacto Climate change, Agricultural land occupation, Fossil depletion, Freshwater eutrophication, Marine eutrophication, Ozone depletion, Particulate matter formation, Photochemical oxidant formation, Terrestrial acidification, Water depletion.

Los resultados mostraron que la producción de orito, tanto a nivel de cultivo como a nivel de unidad funcional, que se realiza en el cantón La Maná, presento las mayores contribuciones en todas las categorías de impactos evaluadas, siendo la aplicación de fertilizantes nitrogenados al suelo el mayor contribuyente.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ÍNDICE GENERAL	II
ABREVIATURAS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABLAS	V
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Justificación del estudio.....	2
CAPÍTULO 2	4
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Producción del sector bananero en el Ecuador.....	4
2.1.1. Banano convencional (Cavendish).....	4
2.1.2. Banano Orito (Golden Beauty o Baby banana).....	4
2.1.3. Plátano (Maricongo).....	5
2.1.4. Historia de la producción.....	5
2.1.5. Producción bananera a nivel nacional.....	6
2.1.6. Importancia: económica y social.....	6
2.1.7. Manejo y comercialización del banano.....	7
2.2. Impacto ambiental de la producción agrícola.....	7
2.2.1. Sobreexplotación de ecosistemas.....	8
2.2.2. Usos del suelo.....	8
2.2.3. Erosión de suelos y desertificación.....	9
2.3. Análisis de ciclo de vida.....	9
2.3.1. Definición de objetivo y alcance.....	9
2.3.2. Análisis de inventario.....	10
2.3.3. Evaluación de impacto.....	10
2.3.4. Fase de interpretación.....	10
2.4. Impacto ambiental de producción del banano.....	10
2.4.1. Revisión bibliográfica.....	11
CAPÍTULO 3	12
3. MARCO METODOLÓGICO.....	12
3.1. Alcance.....	12

3.1.1.	Unidad funcional	12
3.1.2.	Límites del sistema	12
3.1.3.	Límites del sistema con respecto al sistema natural.....	13
3.1.4.	Límites temporales.....	14
3.1.5.	Límites geográficos	14
3.2.	Análisis de inventario del ciclo de vida	16
3.2.1.	Inventario de banano	16
3.2.2.	Inventario de orito	16
3.2.3.	Inventario de plátano.....	17
3.2.4.	Inventario de emisiones	17
3.3.	Evaluación de impacto del ciclo de vida	18
3.3.1.	Método de evaluación de impacto.....	18
3.3.2.	Categorías de impacto	18
3.4.	Paquetes informáticos y bases de dato.....	18
3.4.1.	Open LCA	18
3.4.2.	PestLCI 2.0	18
3.4.3.	Analytica	19
3.4.4.	Ecoinvent	19
3.4.5.	Agribalyse	19
3.5.	Procesos utilizados de base de datos	19
CAPÍTULO 4	20
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1.	Análisis de inventario	20
4.2.	Evaluación de impacto	21
4.2.1.	Resultados de caracterización	21
4.2.2.	Resultados de análisis de contribución a nivel de cultivo	22
4.2.3.	Resultados de análisis de contribución a nivel de producto empacado a la salida de la granja	28
4.3.	Comparación con estudios previos	34
4.4.	Análisis de sensibilidad	36
4.4.1.	Selección del tratamiento de los residuos plásticos del cultivo	36
4.4.2.	Selección del tratamiento de los residuos biológicos del cultivo	37
4.4.3.	Porcentaje de fruta de rechazo	38
CAPÍTULO 5	40
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
5.1.	Conclusiones	40
5.2.	Recomendaciones	41

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ABREVIATURAS

ACV	Análisis de Ciclo de Vida
ICV	Inventario de Ciclo de Vida
EICV	Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida
FAO	Food and Agriculture Organization of the United States
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
AEBE	Asociación de exportadores de Banano del Ecuador
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
EPS	Economía Popular y Solidaria
PIB	Producto Interno Bruto
GEI	Gases de Efecto Invernadero
EEA	European Environment Agency
EPA	Environmental Protection Agency
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	International Organization for Standardization
GWP100	Climate change
ALOP	Agricultural land occupation
FDP	Fossil depletion
FEP	Freshwater eutrophication
MEP	Marine eutrophication
ODPinf	Ozone depletion
PMFP	Particulate matter formation
POFP	Photochemical oxidant formation
TAP100	Terrestrial acidification
WDP	Water depletion

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Límites del sistema	13
Figura 3.2. Esquema del Sistema de Producción.....	14
Figura 3.3. Mapa de ubicación de las tres fincas	14
Figura 3.4. Ubicación de finca de banano	15
Figura 3.5. Ubicación de finca de orito.....	15
Figura 3.6. Ubicación de finca de plátano	15
Figura 3.7. Contribuciones a nivel de cultivo de los tres productos	23
Figura 3.8. Contribuciones de los tres productos empacados.....	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Productos no fabricados en Ecuador	16
Tabla 2. Resultados generales de evaluación por categoría de impacto.....	21
Tabla 3. Resultados de la categoría Cambio Climático publicados para banana	34
Tabla 4. Análisis de sensibilidad por selección de tratamiento de residuos plásticos del cultivo para el indicador Cambio Climático.....	37
Tabla 5. Análisis de sensibilidad por selección de tratamiento de residuos biológicos del cultivo para el indicador Cambio Climático.....	38
Tabla 6. Análisis de sensibilidad por porcentaje de fruta rechazado	38

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial la fruta fresca más exportada del mundo es el banano, pero durante el año 2020 esto se ha visto afectado por un descenso extraordinariamente rápido de la actividad económica mundial y el transporte internacional, la oferta y la demanda mundiales de bananos y frutas tropicales han experimentado cambios relacionados con el COVID-19 (Altendorf, 2020). Según reporte de la FAO, el banano es el fruto de mayor venta en el mundo y por el valor bruto de su producción, es el cuarto cultivo alimentario más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz (FAO, 2004).

En el Ecuador el cultivo de banano (*Musa AAA*), constituye una superficie de siembra de 230000 hectáreas, concentrada en un 92% en las provincias de Guayas, Los Ríos y El Oro y el otro 8% en otras 7 provincias (INIAP, 2021). Mientras los cultivos de plátano (*Musa AAB*), cubren un área total de 144981 ha, de las cuales 86712 ha trabajan con el sistema de producción agrícola de monocultivo y 58269 ha están asociadas con otros cultivos (INEC, 2014).

La industria bananera ecuatoriana a menudo enfrenta conflictos ambientales, económicos y sociales, la información sobre las especies de *Musa* cultivadas en el país es mínima, e inexistente en algunas provincias, que aun manejan sistemas rústicos (A.E.B.E., 2020b). En otros países productores de banano de América Latina, las corporaciones multinacionales poseen aproximadamente el 60% de las tierras productoras de banano (Pier, 2002), con mejores sistemas de producción y registro de datos. En el país, la mayor parte de datos existentes son de las provincias de Los Ríos, El Oro, y Guayas, donde predominan los cultivos de Cavendish.

Constantemente se ve cómo evoluciona la producción agrícola de alimentos, uno de los mayores desafíos que afronta el marco regulatorio del sector bananero es actualizarse en función de las nuevas exigencias de sostenibilidad y competitividad (Hidalgo, 2020), la actualidad nos muestra que nuestras técnicas de cultivo de banano a pequeña y gran escala presentan una serie de problemas que desconocen los productores agrícolas.

Es común observar a pequeños y grandes productores, cuyas prácticas llevan años realizándose o aplicando técnicas novedosas, Los riesgos posibles del calentamiento global para la agricultura necesitan soluciones que permitan adaptar y trascender el alcance de los actuales sistemas agrícola (Roibás et al., 2016), que solo va a ser viable por medio del uso de recursos naturales y el desempeño de los ecosistemas en parámetros y con métodos que no causen resultados irreparables en los sistemas naturales y al desarrollo de las personas (Soledispa Mite, 2016).

Los problemas típicos en los campos de cultivo ecuatorianos están inmersos en las diferentes fases de las actividades agrícolas, evidenciados en la generación de residuos sólidos sin una gestión adecuada, en el uso de pesticidas sin precaución y el uso excesivo de recursos naturales, agua y suelo, además de deforestación, riesgos de deslizamientos, suelos erosionados, y peligros de inundación en zonas bajas (Aguilera Peña, n.d.).

Estos problemas se han incluido en los estudios actuales, debido a la importancia que ha tomado la temática ambiental, requiriendo un cambio de la matriz productiva. Esto se complica sobre todo cuando no existiera una línea base, a parte de la incertidumbre de los efectos esperados al cambio climático (López Feldman & Hernández Cortés, 2016). El presente proyecto de investigación aportará información a la comunidad en general y particularmente al sector agrícola, en relación a los impactos causados al final del ciclo de vida de tres especies del género Musa.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Comparar el desempeño ambiental de la producción de 1 tonelada de fruta proveniente de cultivos de plantas del género Musa de la familia de las Musáceas, utilizando el marco metodológico de análisis de ciclo de vida, para la identificación de oportunidades de mitigación de impacto ambiental.

1.2.2. Objetivos específicos

- Describir el sistema de producción de las especies “Cavendish”, “Golden Beauty” y “Maricongo” para el modelaje de su sistema de producto.
- Cuantificar las entradas y salidas ambientalmente relevantes de cada sistema estudiado para el desarrollo de los análisis de inventario de ciclo de vida.
- Evaluar el impacto del ciclo de vida asociados a las entradas y salidas, identificadas y cuantificadas de los sistemas de los productos para la identificación de puntos críticos desde una perspectiva ambiental.
- Comparar los indicadores de impacto de cada sistema estudiado para la identificación del sistema de más alto impacto.

1.3. Justificación del estudio

El Análisis de Ciclo de Vida es la herramienta de evaluación ambiental cuantitativa más utilizada para la evaluación de impactos ambientales de un producto. Entre las que se puede mencionar el cambio climático, agotamiento de ozono, eutrofización y agotamiento del agua.

Por otra parte los grandes productores bananeros, considerados como los principales contribuyentes y organizadores de la exportación bananera del país, desconocen estos impactos ambientales, enfocándose mayormente en temas de rentabilidad. En la producción agrícola como en toda empresa, tiene que ser rentable. Sin embargo,

la rentabilidad se puede obtener considerando todos los costos (F. Andrade et al., 2017).

Consecuentemente se evidencia que los problemas ambientales son uno de los resultados más evidentes de la generalización y universalización de un sistema que usa un modelo deteriorado de producción y consumo (industrialista, capitalista, de mercado) (Meira Cartea, 2013). Dichos inconvenientes se muestran primordialmente en esos territorios en los cuales se utilizan fertilizantes en exceso, y escasos datos sobre procedimientos de diagnóstico de la fertilidad, el limitado uso de estudios de suelos y la creencia arraigada de suelos con alta fertilidad natural (F. Andrade et al., 2017).

La vía hacia el desarrollo para el Ecuador fue bastante difícil por algunas causas, mayormente estructurales, como la alta dependencia en la exportación de productos primarios (Vásquez, 2017), como el banano que se ha elevado como la piedra angular del desarrollo económico agrícola del país. A lo largo de la historia económica, el banano ecuatoriano se identifica por su sabor y calidad, tales características del producto, haciendo del país un competidor mundial en la exportación de esta fruta tropical (Andrade Rodríguez & Meza Lino, 2017), por lo tanto como competidor en la industria debe ser ejemplo que demuestre la importancia por un desarrollo amigable con el ambiente. Adquiriendo de este modo el compromiso del desempeño ambiental óptimo, incentivando el compromiso de la administración y los empleados con el uso de buenas prácticas agrícolas (García et al., 2016).

Adicionalmente, el ACV puede detectar qué opciones meramente trasladan dichos impactos negativos de una a otra fase, de manera que ofrecen información valiosa para los actores implicados y durante la toma de decisiones. (FAO, 2017b). Se observa esto como una suma de todos los materiales, energía y residuos en todas sus actividades de ciclo de vida, multiplicado por factores de emisión, que se extiende por la cadena de valor, dividida en dos grandes pasos: producción y empaque (FAO, 2017a).

En Ecuador existen muchas empresas dedicadas a la producción bananera, que han ayudado a impulsar la economía del país, pero la información que corresponde a los impactos ambientales que producen estas tres frutas estudiadas es poca e incluso nula en algunas especies, por lo que es necesario determinar el desempeño ambiental aplicando la herramienta del ACV, debido a que los estudios actuales sobre banano solo se han hecho en base a cambio climático y huella hídrica. Además de no existir estudios publicados sobre orito y plátano.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Producción del sector bananero en el Ecuador

Las principales especies de banano exportadas por el Ecuador son Cavendish, orito o baby banana, y banano rojo (Gonzabay, 2017). La variedad Cavendish convirtió al país en el principal productor mundial de banano, pero no es la única, pues también existe el orito y el plátano (El Comercio, 2019)..

2.1.1. Banano convencional (Cavendish)

Los bananos tienen diferentes formas y colores, entre los que hay más de 1 000 variedades de bananos. El más común, y del que depende la industria comercial bananera, es el banano Cavendish, dulce y sin semillas. Esto se debe a varios factores entre los que destaca la ausencia de semillas, por lo que resulta muy apropiada para el consumo, contiene unos 400 miligramos de potasio cada 100 g de fruta fresca, estimulan energéticamente y son una fuente de vitaminas C y B6, en la medicina natural la cáscara del banano puede aliviar la picazón de una picadura de mosquito, y producen nueve nutrientes importantes (energía, proteínas, fibra dietética, hierro, zinc, calcio, vitamina A, vitamina C y ácido fólico) por hectárea cada año (FAO, 2016b).

Cerca del 18 por ciento de los bananos comercializados en el mundo durante los años setenta y ochenta procedían de Ecuador y este porcentaje aumentó en los años noventa hasta el 30 por ciento (FAO, 2004). La producción de banano originario de Los Ríos es de aproximadamente el 39%, seguido de las provincias del Guayas y El Oro con un 27% y 25% respectivamente. Mientras que el 38% de la venta de banano para la exportación proviene de la provincia de Los Ríos, seguido de la provincia del Guayas y El Oro con un 28% y 25% respectivamente (Gonzabay, 2017).

2.1.2. Banano Orito (Golden Beauty o Baby banana)

El orito es una fruta pequeña que mide aproximadamente 7 cm, posee una cascara delgada y un sabor más dulce que la banana convencional (El Comercio, 2019), este es principalmente producido en las áreas de Bucay y La Maná que pertenecen a las provincias de Chimborazo y Cotopaxi respectivamente (Martínez Valle, 2003). El cultivo de orito nació de la mano de pequeños y medianos productores con limitados recursos económicos y tecnológicos desarrollando sus propios sistemas de manejo de la fruta (MAGAP, 2017).

Aunque el cultivo de orito es parcialmente resistente a la Sigatoka negra, comparado con otros cultivares (Cedeño et al., 2017), los productores no cuentan con tecnología propia para el cultivo de orito, y la utilizada actualmente es adaptada de otras musáceas como el banano y plátano. El 90% no reciben asistencia técnica mostrando

limitaciones en cuanto al conocimiento del manejo de plagas, enfermedades y sus daños (Herrera Parrales, 2013).

Su principal mercado son las exportaciones las cuales les permite contar con un mercado permanente. Las exportaciones del orito han ido en ascenso durante los últimos años, pasando de 869.3 toneladas en el año de 1995 a 54278.4 toneladas en el año 2000 (Martínez Valle, 2003). Actualmente este producto se envía a países de la Unión Europea, Rusia y EE.UU.

2.1.3. Plátano (Maricongo)

El plátano es uno de los cultivos más comercializados, después del arroz, el trigo y el maíz, por poseer un importante valor nutricional, cuenta con algunas variedades como el barraganete, maqueño y dominico, siendo el primero el principal usado para la exportación. En la Costa, donde se posee la mayor superficie de siembra, para el año 2013 contaba con 230.000 hectáreas de banano y plátano, concentrada en tres provincias, Guayas, Los Ríos y El Oro que cubren el 92% y el resto en las otras siete provincias que cubren el 8% de la producción nacional (Paz & Pesantez, 2014).

Durante el año 2013, el banano y plátano han constituido la principal exportación con un 30.60% del total de productos no petroleros (Revelo Toledo, 2014), hasta la actualidad siendo Manabí la zona con mayor cantidad de cultivos de plátano, produciendo el 36% del total nacional, seguida de Santo Domingo de los Tsáchilas y Los Ríos (El Comercio, 2019). La mayor parte de plátano producido en el país es para exportación a la Unión Europea donde se dirige el 59%, seguido por Estados Unidos donde se dirige el 29% (Paz & Pesantez, 2014).

2.1.4. Historia de la producción

Según los datos más antiguos, originalmente en el área norte de la frontera entre Birmania e India, que va desde el norte en el triffinio de la frontera con China y termina al sur en el triffinio de la frontera bangladesa, durante el Eoceno Temprano se originaron tres géneros de Musáceas, que fueron *Ensete*, *Musa* y *Musella* (Janssens et al., 2016). Estas se comenzaron esparciendo principalmente al sudeste asiático hace más de 7000 años, a través de múltiples hibridaciones intra e interhibridaciones (Li & Ge, 2017).

En 1955 se comenzó a clasificar los cultivos de banano para su producción económica, estos fueron divididos por genotipos de AA, AB, siendo estos diploides, siguiendo por los AAA, AAB y ABB que serían triploides, basándose en los rasgos morfológicos cualitativos y la composición del genoma (Simmonds & Shepherd, 1955). Los taxónomos que han estudiado las especies de banano concuerdan en que no se puede asignar un nombre científico único para todas las bananas comestibles, y para evitar confusiones internacionales todos los cultivares e bananos y plátanos deben ser nombradas siempre a partir del género *Musa*, seguida por el código del grupo genómico, siguiendo con el nombre del subgrupo en caso de ser necesario, y por último el nombre común del cultivo (Robinson & Galán, 2012).

2.1.5. Producción bananera a nivel nacional

El sector bananero de Ecuador es fundamental para la economía nacional, incluyendo sus implicaciones económicas, sociales y ambientales. Aumentar la productividad del sector, mejorar la distribución justa del valor agregado entre los actores privados (trabajadores, agricultores y exportadores) y mejorar las prácticas fitosanitarias sostenibles son las prioridades del Gobierno (FAO, 2016b).

En Ecuador se demostró durante el año 2019, que representa más del 40% de las exportaciones de la región, registrando un aumento del 2 por ciento en los envíos anuales. Este repunte se puede atribuir al rápido aumento en la demanda de China y Turquía, dos nuevos puntos para envíos de bananos ecuatoriano (FAO, 2020).

El Ecuador tiene alrededor de 162.236 ha sembradas de Banano y cuenta con 4.473 productores de esta fruta, siendo el 78% de estos productores de pequeñas empresas en el país, y si se suma a los medianos (>30 ≤100 hectáreas) se alcanza el 95.6%. En este sentido, la producción del banano en el país se origina principalmente de la aplicación en la economía familiar y la Economía Popular y Solidaria (EPS) (Ministerio de Comercio Exterior del Ecuador, 2017).

2.1.6. Importancia: económica y social

El banano para consumo comercial es una de las primeras plantas que fueron producidas a escala industrial, siendo actualmente la fruta más exportada del mundo. Para muchos países de América Latina y el Caribe, el banano constituye un gran porcentaje de las exportaciones y, por consiguiente, es vital para sus economías (Beekman et al., 2019). Muchas familias ecuatorianas pertenecientes a sectores rurales dependen de los ingresos derivados de esta actividad, debido a su alta demanda mundial y la cantidad de suelos cultivados en el país. También presenta una importante fuente de alimento en países latinos, por ser una fuente importante de nutrición y de seguridad alimentaria, además de su bajo costo y accesibilidad para todas las clases sociales.

Basado en la historia regional del Ecuador, como modelo de producción; de acuerdo al arribo de empresas multinacionales al país, se considera al banano como el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo, siendo el arroz, el trigo y el maíz los tres primeros, consecuentemente este producto le ha dado un giro positivo a la economía de la región litoral e indirectamente en todo el Ecuador, se considera como un engranaje importante en el producto interno del país (FAO, 2004). El banano representa para Ecuador, como el primer producto de exportación agrícola y no petrolero, gracias a esto la exportación bananera representa el 2% del PIB general y aproximadamente el 35% del PIB agrícola (Ministerio de Comercio Exterior del Ecuador, 2017).

En el 2019, el negocio de exportación de este producto significó a nivel mundial un valor de USD 11,3 mil millones, mientras en Ecuador, la exportación de banano

representó hasta octubre de este año, un 17% del total de las exportaciones que el Ecuador realizó hasta ese mes (A.E.B.E., 2020a).

2.1.7. Manejo y comercialización del banano

Desde la óptica del pensamiento crítico, es innegable que el comercio internacional está caracterizado por una relación inequitativa entre los países industrializados y los países productores de materias primas y alimentos (Borja, 2016). En medio de un descenso rápido de la actividad económica y el transporte internacional, relacionada al COVID-19. Dado su carácter altamente perecedero, los bananos y las frutas tropicales requieren una cosecha y manejo poscosecha oportunos y bien coordinados, así como cadenas de frío ininterrumpidas (Altendorf, 2020).

Por otra parte la superficie cultivada de banano se ha estabilizado en los principales países productores (salvo en Filipinas), y se prevén futuros incrementos de la producción por las mejoras en el rendimiento, en lugar de la expansión a nuevas tierras (Liu, 2009), contribuyendo al desarrollo sostenible, ofreciendo mejores condiciones de comercio a los productores y trabajadores marginados.

Los grandes productores también se concentran en la logística posproducción, transporte, instalaciones para madurar el fruto, y comercialización. Para la FAO, en el 2014 las principales cadenas de supermercados se encontraban en EE.UU. y la Unión Europea, y en la actualidad se han convertido en "actores importantes en el comercio mundial del banano, ya que dominan el mercado minorista en los principales países consumidores". Igualmente, "están comprando cada vez más a los mayoristas más pequeños o directamente a los productores" (FAO, 2014).

2.2. Impacto ambiental de la producción agrícola

La producción agropecuaria tiene unos profundos efectos en el medio ambiente en conjunto. Son la principal fuente de contaminación del agua por nitratos, fosfatos y plaguicidas (FAO, 2002), esto se debe a que los tipos de cultivo se han manejado de la misma forma desde hace tiempo. El manejo tradicional de los sistemas productivos aumenta la contaminación atmosférica por la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen al cambio climático (Umaña & Pulgarín, 2013).

Las actividades agrícolas han contribuido al cambio climático, esto mediante la liberación de importantes cantidades de GEI, como el metano y óxido nitroso, dos potentes gases de efecto invernadero (Agency, 2020). El metano es producido por el ganado durante la digestión y se libera por las excretas (Mejía et al., 2016). Las emisiones de óxido nitroso son un producto indirecto de los fertilizantes nitrogenados orgánicos y minerales.

A parte de existir otros efectos negativos de la actividad agrícola como la erosión y degradación del suelo por deforestación, la pérdida de nutrientes del suelo, la contaminación con biocidas que afectan a los vertebrados e insectos, la biodiversidad, acumulación de nitratos y otros productos químicos, pérdidas de tierra agrícola por

salinización, agotamiento de las fuentes de agua y pérdida de servicios ecosistémicos (F. H. Andrade, 2011).

Se estima que la erosión del suelo de los campos agrícolas es actualmente de 10 a 20 veces (sin labranza) a más de 100 veces (labranza convencional) superior a la tasa de formación del suelo (IPCC, 2019). La pobreza, la inseguridad alimentaria y el impacto ambiental a menudo se juntan para un círculo vicioso, sin embargo, aun en zonas bien dotadas de fauna y flora abundante, la tolerancia ambiental de los sistemas naturales y humanos tiene sus límites (FAO, 1996).

2.2.1. Sobreexplotación de ecosistemas

Uno de los retos en la gestión de cualquier territorio es conciliar el cuidado del medio ambiente con la necesidad humana de aprovechar los recursos de la naturaleza para obtener algún provecho (Machín & López, 2012). Primeramente esto se debe entender como la industrialización ha alterado la producción de alimentos, pasando de una necesidad a una competitividad.

La competitividad actual de la producción agropecuaria está determinada en cierta medida por aquellos factores que pueden alterar la formación de los precios, y el cumplimiento de estándares sanitarios, técnicos y ambientales (Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural de Colombia, 2007), que llevan a una sobreproducción, donde ya no se trata de lo que se necesita para vivir, sino de cumplir una satisfacción de los grandes mercados. Las proyecciones sugieren que hasta 2050 la producción agrícola debe aumentar un 70% mundialmente -y cerca del 100% en los países en desarrollo solamente para cubrir las necesidades alimenticias y nutricionales de la población (Shkiliova et al., 2014).

La expansión de zonas aptas para la agricultura y la silvicultura, incluida la producción comercial, y la mejora de la productividad agrícola y forestal ha permitido respaldar el consumo y la disponibilidad de alimentos para una población en aumento. Este cambio expansional ha contribuido a aumentar las emisiones netas de GEI (IPCC, 2019). Esto podría llevar a que en futuro solo siga aumentando la sobreproducción agrícola. Llevará a que las futuras generaciones tengan que trabajar en condiciones menos fiables, como menor calidad del suelo, menor acceso a agua y climas menos favorables.

2.2.2. Usos del suelo

No es casualidad que nuestro planeta se llame Tierra. Gran parte de la vida terrestre depende de la frágil y degradable corteza de suelo que recubre los continentes. El uso de suelo para su provecho en actividades económicas, ha permitido la exploración de técnicas para diferentes actividades como la agricultura. La aplicación de las técnicas de la agricultura de conservación auxilia a la intensificación sustentable de la producción, por medio de la reducción al mínimo de la variación del suelo y la retención de los residuos de los cultivos en la superficie (Shkiliova et al., 2014).

La preocupación del mundo por tener espacios disponibles y con suficientes capacidades para proveer alimentos ha hecho expandir la frontera agrícola, necesitando cada vez un mayor espacio, y a su vez provocando deterioro en sus propiedades físicas, químicas y biológicas naturales (Novillo Espinoza et al., 2018).

Actualmente, los suelos alterados por el hombre para la agricultura se reconocen como agro-ecosistemas en casi todas las clasificaciones (Hernández-jiménez, 2019). Para los suelos agrícolas la clasificación se complica teniendo que considerar las propiedades que el suelo adquiere por su transformación, y después su intensidad, ya que pueden haber estadios intermedios (Hernandez et al., 2017).

2.2.3. Erosión de suelos y desertificación

La erosión del suelo se considera a la eliminación de la capa superior del suelo, la parte más fértil del suelo. Esto incluye la remoción de los minerales y nutrientes del suelo para ser depositados en otro sitio, degradando a menudo los ecosistemas tradicionales (FAO, 2019a).

Se estima que entre 20 y 30 billones de toneladas de suelo es erosionado por agua, otros 5 billones de toneladas por laboreo y 2 billones de toneladas por viento en tierra arable. Esto culmina en una tasa media de erosión de 0.9 mm por año (FAO, 2016a).

Esto puede ser el resultado de la erosión hídrica inducida por el hombre que conduce a una mayor entrada de sedimentos en los canales de los arroyos y una mayor sedimentación en los embalses a lo largo de los canales del arroyo (FAO, 2019b).

2.3. Análisis de ciclo de vida

La evaluación del ciclo de vida (ACV, también conocida como análisis del ciclo de vida, ecobalance y análisis de la cuna a la tumba) es una técnica para evaluar los impactos ambientales asociados con todas las etapas de la vida de un producto desde la cuna hasta la tumba (Watterson et al., 2014). Un típico ACV se compone de cuatro fases:

- La fase de definición del objetivo y el alcance,
- La fase de análisis del inventario,
- La fase de evaluación del impacto ambiental, y
- La fase de interpretación (ISO, 2006).

2.3.1. Definición de objetivo y alcance

En los objetivos se explican los motivos por los que se desarrolla la investigación, la aplicación prevista y a que publico va dirigido. El alcance consiste en la definición de la amplitud, profundidad y detalle del estudio (Leiva, 2016). Con este fin, es importante establecer los límites del sistema y definir los procesos unitarios a ser incluidos, los cuales influyen en la confianza de los resultados y la posibilidad de cumplir con el objetivo planteado (Espinoza Alfaro, 2019).

2.3.2. Análisis de inventario

Esta parte implica la recopilación de datos y procesos para cuantificar las entradas y salidas pertinentes de un sistema del producto (ISO, 2006). Esta actividad se puede repetir en otra fase, pues a medida que se van recolectando los datos, es posible identificar nuevos requisitos y limitaciones que requieran cambios en los procedimientos de la recolección, sin afectar los objetivos primarios del estudio (Arango Ramírez et al., 2014).

2.3.3. Evaluación de impacto

Se basa en proporcionar información adicional para ayudar a evaluar los resultados del inventario del ciclo de vida (ICV) de un sistema del producto a fin de comprender mejor su importancia ambiental (ISO, 2006).

2.3.4. Fase de interpretación

En esta fase del ACV es donde se sintetizan los resultados de análisis del inventario con la evaluación del impacto ambiental. Los resultados de esta interpretación pueden alcanzar la forma de conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones (Anton, 2012).

2.4. Impacto ambiental de producción del banano

Diversos estudios realizados en Ecuador, se enfocan en cultivos de “Cavendish”, y han reforzado la creencia de que la etapa del ciclo de vida con mayor impacto en la cadena productiva del banano es el transporte, principalmente por transporte al exterior, seguido de la producción agrícola (Coltro & Karaski, 2019). Mientras que (Roibás et al., 2016) demostraron que las mayores contribuciones provenían de la etapa de la finca, y que la huella de carbono de la producción de banano ecuatoriano era de 274 g kg CO₂-Eq / Kg de banano en la puerta de la finca y 1,28 kg CO₂-Eq / Kg de banano en manos de los consumidores. En otro estudio la huella de carbono del banano premium de exportación obtuvieron un promedio que variaba entre 0,45 y 1,04 kg de equivalente de kg CO₂-Eq / Kg de banano (desde la finca hasta la entrega en el puerto de destino europeo), donde el resultado más bajo se debe al escenario donde se usa el transporte de ultramar (Iriarte et al., 2014).

Mientras el cultivo de orito ha estado mayormente a cargo de pequeños y medianos productores con limitados recursos económicos y tecnológicos. La información existente sobre manejo de cultivos de orito es muy poca, un ejemplo de esto es la Guía para el Manejo Orgánico del Banano Orito que se basa en una compilación y sistematización de experiencias de productores y técnicos (Guaricocha & Quiróz, 2003). A parte de eso, igualmente existen impactos fáciles de notar en este tipo de cultivo, como la afectación a los suelos por la acumulación de materia orgánica y la aplicación de fertilizantes, las descargas de aguas residuales que afectan la composición de ríos cercanos (Arana Vasquez, 2008). Pero así mismo se puede mencionar la influencia de marcas que exportan orito, como es el caso de Dole, que como parte de su programa de sustentabilidad incluye la administración del agua, la

protección del clima, la reducción de residuos, y su compromiso social con numerosos programas educativos, médicos y de desarrollo comunitario (Dole, 2021).

Por otra parte también tenemos el cultivo de plátano, cuya información de su actividad y sus impactos ambientales es muy limitada, entre la que vale destacar el Manual del Cultivo de plátano de exportación, como una herramienta confiable para que el agricultor maneje su cultivo de una manera adecuada y rentable (ESPE, 2015), pero dejando de lado temas relacionados a los impactos ambientales de esta actividad. Entre los impactos ambientales típicos de un cultivo de plátano se puede mencionar los relacionados al uso de insecticidas, la eliminación de la fauna principalmente insectos que contralan la proliferación de plagas, el uso de plásticos agrícolas, las labores de campo inadecuadas como la quema o entierro de residuos, a causa de sistemas rústicos que se manejan en este tipo de cultivo (Jumbo Torres, 2010).

2.4.1. Revisión bibliográfica

En el **Anexo A** se puede observar un listado de referencias bibliográficas de ACV relacionadas con el cultivo de banano, también podemos ver el sistema estudiado en cada investigación, una breve descripción y sus límites del sistema, la unidad funcional utilizada, y las categorías de impacto que fueron evaluadas.

CAPÍTULO 3

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Alcance

3.1.1. Unidad funcional

La unidad funcional es “1 ton de fruta empacada y lista para la distribución” de tres grupos del género Musa, estas corresponden al grupo AAA “Cavendish” (Banano comercial), grupo AA “Golden Beauty” (Orito o Baby banana), y grupo AAB “Maricongo” (Platano macho), cultivados en condiciones típicas. Esto deja claro que todos los datos de inventario usados para la evaluación corresponden a 1 ton del producto empacado y listo para la distribución.

3.1.2. Límites del sistema

Se ha definido como límites del sistema “De la cuna a la puerta (cradle-to-gate)”, y por tanto la incorporación de los procesos para la evaluación de ciclo de vida.

Los dos procesos que se consideran para el análisis de ciclo de vida son: Cultivo, que incluye los subprocesos de riego, control de maleza, nutrición y siembra. También se incluye el proceso de Empacado.

3.1.3. Límites del sistema con respecto al sistema natural

Las fases que intervienen en el ciclo de vida del producto se pueden observar en la figura 1 Diagrama de flujo, donde se incluye como los procesos aportan en cada fase a la producción de 1 ton de fruta, Se debe aclarar que estos mismos procesos intervienen en las tres especies estudiadas.

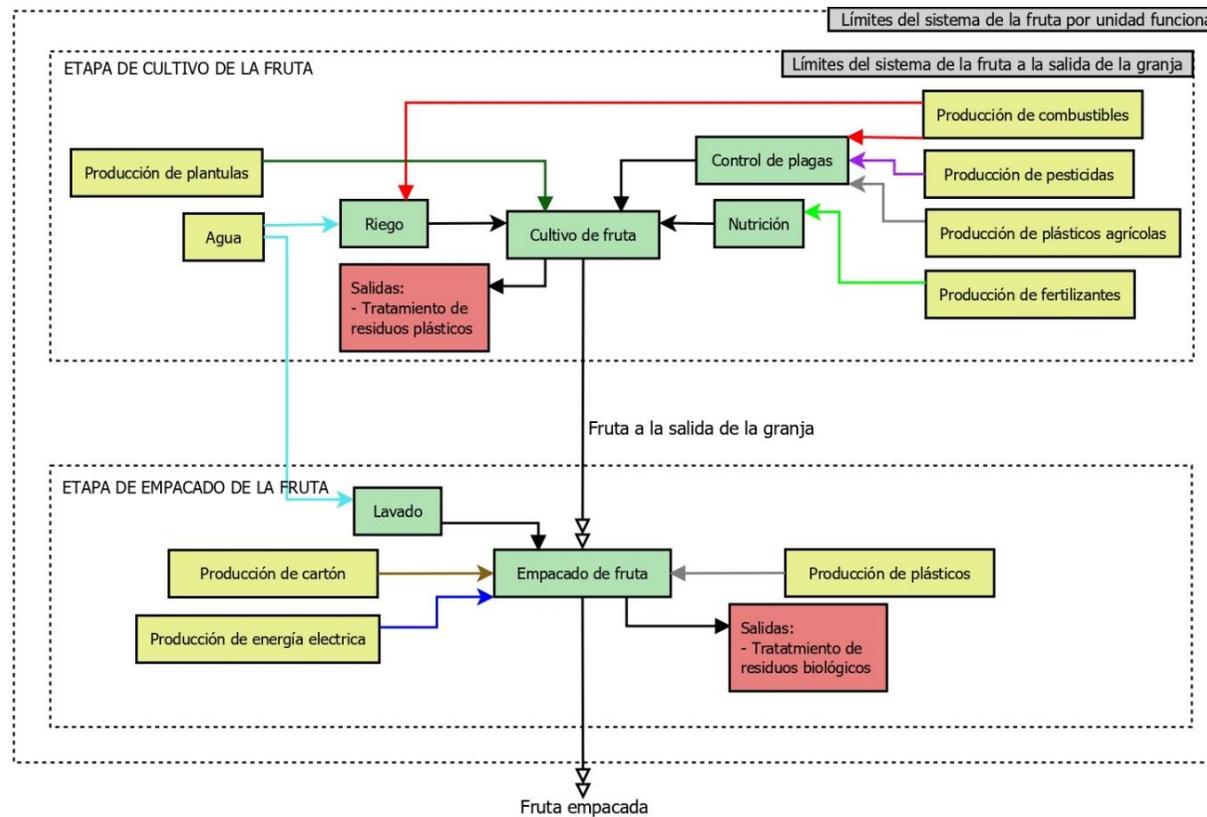


Figura 3.1. Límites del sistema
Fuente: Elaboración propia

Para describir el sistema del producto se usará un esquema de cuadro sinóptico. Como se muestra en la figura 2 del ciclo de vida y sus fases.

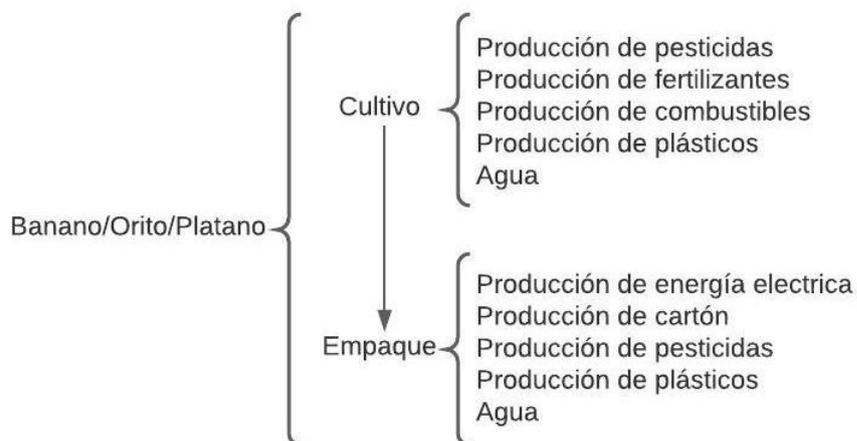


Figura 3.2. Esquema del Sistema de Producción
Fuente: Elaboración propia

3.1.4. Límites temporales

Para los límites temporales del sistema de los tres productos se tomaron en cuenta los datos desde el 1 de enero del 2019 al 31 de diciembre del 2019.

3.1.5. Límites geográficos

Para los límites del sistema se tomaron cuenta tres ubicaciones diferentes, que corresponden a tres fincas, de los tres tipos de frutas. En la figura 3 la ubicación de las fincas marcadas con estrellas rojas, además de las distancias entre ellas y en relación a las ciudades de Quevedo y La Maná.

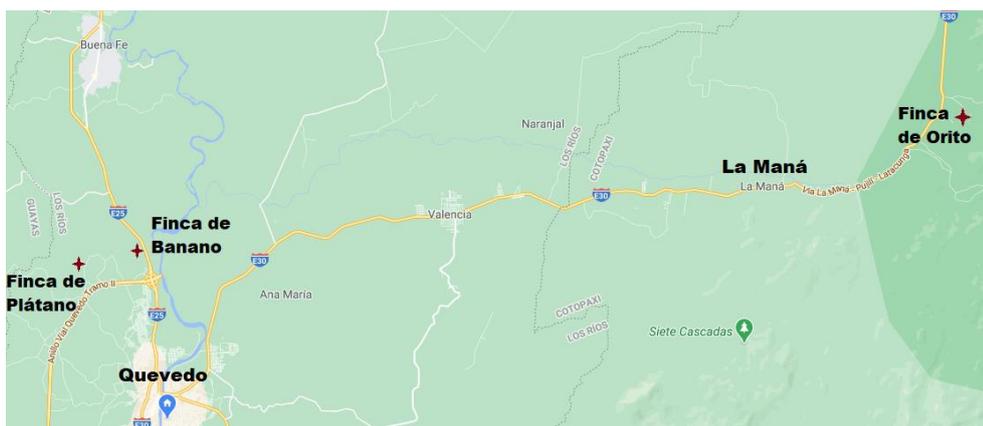


Figura 3.3. Mapa de ubicación de las tres fincas
Fuente: Google Maps

En la figura 4 se puede observar la ubicación de la primera finca que cuenta con 200 hectáreas corresponde a cultivo de Cavendish, se ubica en la ciudad de Quevedo, en la vía Troncal la Costa, o también conocida como la vía a San Jacinto de Buena Fé.



Figura 3.4. Ubicación de finca de banano
Fuente: Google Maps

La ubicación de la segunda finca se puede observar en la figura 5 que cuenta con 20 hectáreas corresponde al cultivo de Golden Beauty, se encuentra ubicada en la ciudad de La Maná de la provincia de Cotopaxi, en la vía La Maná – Pujilí – Latacunga.

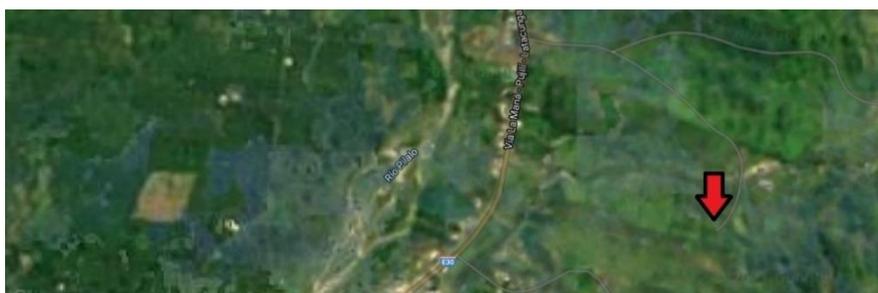


Figura 3.5. Ubicación de finca de orito
Fuente: Google Maps

La ubicación de la última finca se puede observar en la figura 6 que cuenta con 2 hectáreas corresponde al cultivo de Maricongo, se encuentra en la ciudad de Quevedo, en el Anillo Vial Quevedo tramo n°2.



Figura 3.6. Ubicación de finca de plátano
Fuente: Google Maps

Asimismo también se debe añadir que entre los productos utilizados, la mayoría de estos son fabricados en Ecuador, pero existen algunos provenientes de otros países, como son los casos que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Productos no fabricados en Ecuador

Producto	País de origen
Levante	Colombia
Ryzup	Perú
DAP	Argentina
Optimus	España
Kelpak	México
Harvest	Perú
Nutriphos	Brasil
Polyram	España

Fuente: Elaboración propia

3.2. Análisis de inventario del ciclo de vida

Para la determinación del inventario por procesos, fue necesario solicitar información a las fincas que aceptaron participar en el estudio, con el propósito de cuantificar el flujo e materiales y emisiones del sistema, así como las fases previas a la obtención del producto final.

3.2.1. Inventario de banano

Para el banano se realizó en una finca de 200 ha, y la colección de datos de entrada de productos como plántulas, fertilizantes, plaguicidas, consumo de agua, consumo de combustible, consumo de energía eléctrica, productos de limpieza, materiales para enfunde y protección de racimos, y repuestos, se revisaron los registros llevados por el personal técnico y administrativo que labora en la finca.

Los datos de salida de producción de fruta y la generación de residuos biológicos se obtuvieron mediante registros, pero para los datos de los envases de fertilizantes, plaguicidas y otros productos envasados se estimó de acuerdo a las presentaciones de los productos, y asumiendo que todos los envases eran de polietileno, por ser el tipo de envase más común en la industria.

3.2.2. Inventario de orito

Para el orito se realiza en una finca de 20 ha, y se requirió entrevistar a los trabajadores y administrador de la finca para obtener datos de entrada de fertilizantes, plaguicidas, productos de limpieza, y los materiales para enfunde y protección de racimos. Para el consumo de energía eléctrica se revisaron las planillas de servicios básicos. Para este caso particular no existió consumo de agua por riego, ya que la finca no contaba con estas instalaciones, por lo que el consumo de agua solo se debía a actividades de limpieza y la limpieza de la fruta al momento de empacar, este consumo se estimó de acuerdo a las dimensiones del tanque de lavado, ya que esta misma agua se usaba para la limpieza.

Para los datos de salida como producción de fruta se revisaron los registros de producción de la finca, pero no existían registros de desechos biológicos, ya que estos simplemente eran regados en la plantación hasta su degradación. Para los datos de los envases de fertilizantes, plaguicidas y otros productos envasados se estimó de acuerdo a las presentaciones de los productos, y asumiendo que todos los envases eran de polietileno, por ser el tipo de envase más común en la industria.

3.2.3. Inventario de plátano

Para el plátano se realizó el inventario en una finca de 2 ha, para lo cual se requirió entrevistar a trabajadores y administrador para obtener datos de entrada de fertilizantes, plaguicidas, productos de limpieza, y los materiales para enfunde y protección de racimos. Para este caso el único consumo de energía eléctrica se debía a la bomba de agua, y estos se obtuvieron mediante la revisión de las planillas de servicios básicos. El consumo de agua se estimó mediante las características de la bomba multiplicado por las horas que esta pasaba encendida a la semana.

Para los datos de salida como producción de fruta se revisaron los registros de producción de la finca, pero no se tomaron en cuenta los residuos biológicos, ya que estos no se llevaban registro porque eran devueltos a la plantación para su descomposición. Para los datos de los envases de fertilizantes, plaguicidas y otros productos envasados se estimó de acuerdo a las presentaciones de los productos, y asumiendo que todos los envases eran de polietileno, por ser el tipo de envase más común en la industria.

3.2.4. Inventario de emisiones

Se utilizaron diversa metodologías para el análisis de emisiones producidas por el uso de fertilizantes y plaguicidas. Estas están enlistadas a continuación:

- Para las emisiones de N_2O (óxido nitroso) se utilizaron los factores de emisión del IPCC para suelos gestionados por agregados de N inducidos por el hombre o por cambios en el uso de la tierra (IPCC, 2006).
- Para las emisiones de NO_x se utilizó la metodología propuesta por (Nemecek, 2013) para sistemas de producción agrícola.
- Para el cálculo de emisiones de NH_3 (amoníaco) se utilizaron los factores de emisión de la Carnegie Mellon University (CMU) para fertilizantes, publicados por la Environmental Protection Agency (EPA) (Battye & Barrows, 2004).
- Para los cálculos de emisiones de NO_3 (nitratos) se utilizó la metodología publicada por (Nemecek, 2013) sobre emisiones directas del campo y la granja.
- Para las emisiones de PO_4 (fosfatos) se usó el método de (Prasuhn, 2006) para la evaluación del ciclo de vida.
- Para las emisiones de plaguicidas se utilizó el software Analytica, aplicando el modelo PestLCI 2.0 para estimación de las emisiones de plaguicidas (Dijkman et al., 2012).

3.3. Evaluación de impacto del ciclo de vida

3.3.1. Método de evaluación de impacto

El cálculo de las categorías de impacto se realizó mediante el método de evaluación de impacto Recipe Midpoint (H) V1.13. ReCiPe es un método para la evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV) (RIVM, 2018).

El objetivo principal del método es transformar la larga lista de resultados del inventario del ciclo de vida en un número limitado de puntuaciones de indicadores. Los puntajes de estos indicadores reflejan la importancia referente a una categoría de impacto ambiental.

3.3.2. Categorías de impacto

Las categorías de impacto utilizadas para la evaluación son:

- Climate change - GWP100 (Cambio climático)
- Agricultural land occupation – ALOP (Ocupación de tierras agrícolas)
- Fossil depletion – FDP (Agotamiento de fósiles)
- Freshwater eutrophication – FEP (Eutrofización de agua dulce)
- Marine eutrophication – MEP (Eutrofización marina)
- Ozone depletion – ODPinf (Agotamiento de la capa de ozono)
- Particulate matter formation – PMFP (Formación de material particulado)
- Photochemical oxidant formation – POFP (Formación de oxidantes fotoquímicos)
- Terrestrial acidification – TAP100 (Acidificación terrestre)
- Water depletion – WDP (Agotamiento de agua)

3.4. Paquetes informáticos y bases de dato

3.4.1. Open LCA

Se utilizó el programa OpenLCA para la evaluación del ciclo de vida, por ser un software de código abierto y gratuito, de libre acceso para la evaluación del ciclo de vida y enfoques relacionados, para la obtención detallada sobre los resultados de los cálculos y análisis; identificar los principales impulsores a lo largo del ciclo de vida, por proceso, flujo o categoría de impacto, visualizar los resultados y ubicarlos en un mapa (GreenDelta, 2021).

3.4.2. PestLCI 2.0

Se utilizó el PestLCI 2.0, de la Technical University of Denmark, por ser un modelo capaz de estimar las emisiones de pesticidas al aire, las aguas superficiales y subterráneas para su uso en el modelado del inventario del ciclo de vida (ICV) de las aplicaciones de campo (Dijkman et al., 2012).

3.4.3. Analytica

Además para el modelado del PestLCI se utilizó el software Analytica, como una herramienta visual para crear, analizar y comunicar modelos de decisión, y por permitir una interfaz más fácil de usar y una mayor transparencia de los cálculos, lo que la hace más ideal para los cálculos más complejos e iterativos aplicados en PestLCI 2.0 (Lumina, 2021).

3.4.4. Ecoinvent

Para realizar el inventario se utilizó dos bases de datos, una fue la base de datos de ecoinvent, por proporcionar datos de proceso bien documentados para miles de productos (Ecoinvent, 2021), contando con más de 15.000 conjuntos de datos de LCI en las áreas de suministro de energía, agricultura, transporte, biocombustibles y biomateriales, productos químicos a granel y especiales, materiales de construcción, materiales de embalaje, textiles, metales básicos y preciosos, procesamiento de metales, TIC y electrónica, productos lácteos, madera, y tratamiento de residuos (SimaPro, 2021).

3.4.5. Agribalyse

La otra base de datos utilizada fue la AGRIBALYSE, que es la base de datos francesa proporcionado por la Agencia Francesa para la Transición Ecológica para el sector agrícola y alimentario. Esta incluye inventarios de ciclo de vida para 2500 productos agrícolas y alimentarios producidos y/o consumidos en Francia, combinando un enfoque basado en la producción y un enfoque basado en el consumo (OpenLCA, 2021).

3.5. Procesos utilizados de base de datos

En los **Anexo B**, **Anexo C** y **Anexo D** se muestran los procesos tomados en cuenta para la producción de banano, orito y plátano respectivamente, tomados de las bases de datos de Ecoinvent y Agribalyse.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de inventario

En los **Anexo E** y **Anexo F** se pueden se puede observar el análisis de inventario a nivel de cultivo de la producción de banano sin empacar y banano empacado respectivamente.

En los **Anexo G** y **Anexo H** se pueden se puede observar el análisis de inventario a nivel de cultivo de la producción de orito sin empacar y orito empacado respectivamente.

En los **Anexo I** y **Anexo J** se pueden se puede observar el análisis de inventario a nivel de cultivo de la producción de plátano sin empacar y plátano empacado respectivamente.

4.2. Evaluación de impacto

4.2.1. Resultados de caracterización

En la Tabla 2 se presentan los resultados de la caracterización para las etapas a nivel de 1 ton de fruta a la salida de la finca (cultivo) y por unidad funcional de fruta empacada. Estos resultados son los datos generales obtenidos por cada categoría de impacto.

Tabla 2. Resultados generales de evaluación por categoría de impacto

Categorías de impacto	Unidad	Resultados de cultivo para 1 Ton de fruta			Resultados a nivel de unidad funcional (1 Ton de fruta empacada)		
		Banano	Orito	Plátano	Banano	Orito	Plátano
Climate change - GWP100	kg CO ₂ -Eq	200.93	355.53	173.09	263.73	511.71	223.92
Agricultural land occupation - ALOP	m ² a	61.86	154.73	7.99	68.93	170.61	12.90
Fossil depletion - FDP	kg oil-Eq	45.32	136.54	64.16	67.89	193.60	83.99
Freshwater eutrophication - FEP	kg P-Eq	0.019	0.11	0.028	0.044	0.17	0.0467
Marine eutrophication - MEP	kg N-Eq	0.17	0.35	0.057	0.087	0.44	0.0823
Ozone depletion - ODPinf	kg CFC-11-Eq	1.4E-05	3.3E-05	2.0E-05	1.9E-05	5.9E-05	2.3E-05
Particulate matter formation - PMFP	kg PM ₁₀ -Eq	0.498	0.89	0.36	0.64	1.25	0.47
Photochemical oxidant formation - POFP	kg NMVOC-Eq	0.57	2.81	0.52	0.76	3.31	0.69
Terrestrial acidification - TAP100	kg SO ₂ -Eq	2.46	2.44	1.40	2.71	3.07	1.60
Water depletion - WDP	m ³ water-Eq	2.93	7.55	7.29	3.39	8.75	8.11

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 12, fueron 10 las categorías de impacto que se tomaron en cuenta para el ACV, siendo el orito el que mayor impacto presenta en todas las categorías. En el caso de GPW100, ALOP, MEP, PMFP, POFP y TAP100 de las dos etapas se ubicarían siempre en el orden de orito el primero, seguido por banano, y ultimo el plátano. Mientras en FDP, FEP, ODPinf y WDP se ubicarían siempre en el orden de orito el primero, seguido por plátano, y ultimo el banano.

4.2.2. Resultados de análisis de contribución a nivel de cultivo

Una vez que se ha cuantificado los resultados del indicador impacto ambiental del ciclo de vida para el banano, orito y plátano, se presenta un análisis de las contribuciones a nivel de cultivo por cada categoría de impacto. La figura 7 muestra el detalle de las contribuciones por cada categoría de impacto, además se muestra una comparación entre las tres especies frutales.

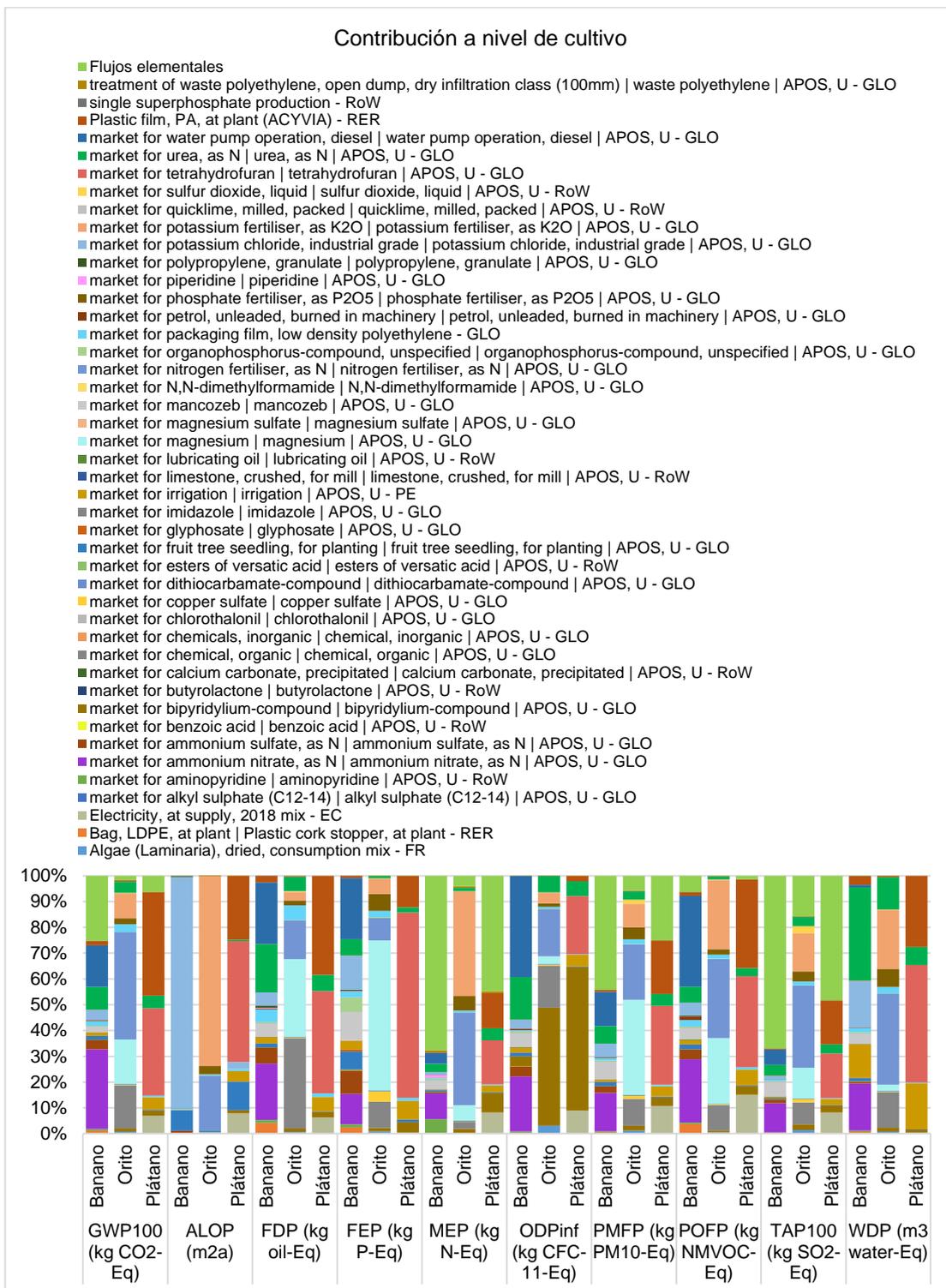


Figura 3.7. Contribuciones a nivel de cultivo de los tres productos
Fuente: Elaboración propia

- Climate Change - GWP100

En la categoría de Cambio Climático, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 40 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for quicklime, milled, packed” con $7,93E-06$ kg CO₂-Eq como el valor más bajo, llegando a “market for ammonium nitrate, as N” con $6,20E+01$ kg CO₂-Eq como el valor más alto. Esto debido al uso de nitrato de amonio como fertilizantes, aumentando las emisiones de nitrógeno.

En la categoría de Cambio Climático, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 17 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for limestone, crushed, for mil” con $4,30E-04$ kg CO₂-Eq como el valor más bajo, llegando a “market for nitrogen fertiliser, as N” con $1,48E+02$ kg CO₂-Eq como el valor más alto. Esto debido al uso de varios fertilizantes nitrogenados, aumentando las emisiones de nitrógeno.

En la categoría de Cambio Climático, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 11 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for butyrolactone” con $2,47E-02$ kg CO₂-Eq como el valor más bajo, llegando a “Plastic film, PA, at plant” con $6,94E+01$ kg CO₂-Eq como el valor más alto. Esto debido al uso de corbatines y cintas de colores.

- Agricultural land occupation – ALOP

En la categoría de Ocupación de tierras agrícolas, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 40 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for quicklime, milled, packed” con $2,53E-08$ m²a como el valor más bajo, llegando a “market for potassium chloride, industrial grade” con $5,53E+01$ m²a como el valor más alto, causado por el uso de muriato de potasio como fertilizante.

En la categoría de Ocupación de tierras agrícolas, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 17 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for limestone, crushed, for mil” con $2,05E-05$ m²a como el valor más bajo, llegando a “market for potassium fertiliser, as K₂O” con $1,14E+02$ m²a como el valor más alto, causado por el uso de varios fertilizantes con alto contenido de potasio.

En la categoría de Ocupación de tierras agrícolas, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 10 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “treatment of waste polyethylene, open dump, dry infiltration class (100mm)” con $5,00E-04$ m²a como el valor más bajo, llegando a “market for tetrahydrofuran” con $3,74E+00$ m²a como el valor más alto. Esto se debe a la aplicación de fertilizante Cytokin fabricado a base de citoquininas como el kinetin.

- Fossil depletion – FDP

En la categoría de Agotamiento fósil, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 39 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for quicklime, milled, packed” con $8,35E-07$ kg oil-Eq como el valor más bajo, llegando

a “water pump operation, diésel” con $1,08E+01$ kg oil-Eq como el valor más alto, causado por el uso de bombas de riego con motor a diésel.

En la categoría de Agotamiento fósil, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 16 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for limestone, crushed, for mil” con $1,30E-04$ kg oil-Eq como el valor más bajo, llegando a “market for chemical, organic” con $4,79E+01$ kg oil-Eq como el valor más alto. Esto último se debe al uso de fertilizantes compuestos de químicos orgánicos.

En la categoría de Agotamiento fósil, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 10 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for potassium chloride, industrial grade” con $9,08E-03$ kg oil-Eq como el valor más bajo, llegando a “market for tetrahydrofuran” con $2,54E+01$ kg oil-Eq como el valor más alto. Esto se debe a la aplicación de fertilizante Cytokin fabricado a base de citoquininas como el kinetin.

- Freshwater eutrophication – FEP

En la categoría de Eutrofización de agua dulce, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 39 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for quicklime, milled, packed” con $1,98E-10$ kg P-Eq como el valor más bajo, llegando a “water pump operation, diésel” con $4,43E-03$ kg P-Eq como el valor más alto, causado por el uso de bombas de riego con motor a diésel.

En la categoría de Eutrofización de agua dulce, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 16 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for limestone, crushed, for mil” con $4,43E-08$ kg P-Eq como el valor más bajo, llegando a “market for magnesium” con $6,66E-02$ kg P-Eq como el valor más alto. Esto último se debe al uso de fertilizantes con contenido de magnesio.

En la categoría de Eutrofización de agua dulce, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 10 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “Flujos elementales” con $1,86E-06$ kg P-Eq como el valor más bajo, llegando a “market for tetrahydrofuran” con $2,00E-02$ kg P-Eq como el valor más alto. Esto se debe a la aplicación de fertilizante Cytokin fabricado a base de citoquininas como el kinetin.

- Marine eutrophication – MEP

En la categoría de Eutrofización marina, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 40 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for quicklime, milled, packed” con $4,37E-10$ kg N-Eq como el valor más bajo, llegando a “Flujos elementales” con $1,16E-01$ kg N-Eq como el valor más alto. Esto debido al uso de nitrato de amonio como fertilizantes, aumentando las emisiones de nitrógeno.

En la categoría de Eutrofización marina, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 17 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for limestone, crushed, for mil” con $4,24E-07$ kg N-Eq como el valor más bajo, llegando

a “market for potassium fertiliser, as K₂O” con 1,44E-01 kg N-Eq como el valor más alto, causado por el uso de varios fertilizantes con alto contenido de potasio.

En la categoría de Eutrofización marina, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 11 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for butyrolactone” con 4,11E-06 kg N-Eq como el valor más bajo, llegando a “Flujos elementales” con 2.56E-02 kg N-Eq como el valor más alto. Esto se debe a la aplicación de fertilizante Cytokin fabricado a base de citoquininas como el kinetin.

- Ozone depletion – ODPinf

En la categoría de El agotamiento de la capa de ozono, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 39 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for quicklime, milled, packed” con 3,98E-13 kg CFC-11-Eq como el valor más bajo, llegando a “water pump operation, diésel” con 5,55E-06 kg CFC-11-Eq como el valor más alto, causado por el uso de bombas de riego con motor a diésel.

En la categoría de El agotamiento de la capa de ozono, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 16 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “Flujos elementales” con 4,44E-12 kg CFC-11-Eq como el valor más bajo, llegando a “market for bipyridylium-compound” con 1,49E-05 kg CFC-11-Eq como el valor más alto. Esto último se debe al uso de fertilizantes compuestos de químicos orgánicos.

En la categoría de El agotamiento de la capa de ozono, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 10 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “Flujos elementales” con 1,87E-11 kg CFC-11-Eq como el valor más bajo, llegando a “market for bipyridylium-compound” con 1,10E-05 kg CFC-11-Eq como el valor más alto. Esto se debe al uso de compuestos de bupiridilio como pesticidas.

- Particulate matter formation – PMFP

En la categoría de Formación de partículas, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 40 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for quicklime, milled, packed” con 4,14E-09 como el valor más bajo, llegando a “Flujos elementales” con 2,21E-01 como el valor más alto. Esto debido al uso de nitrato de amonio como fertilizantes, aumentando las emisiones de nitrógeno.

En la categoría de Formación de partículas, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 17 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “treatment of waste polyethylene, open dump, dry infiltration class (100mm)” con 1,47E-07 como el valor más bajo, llegando a “market for magnesium” con 3,27E-01 como el valor más alto. Esto último se debe al uso de fertilizantes con contenido de magnesio.

En la categoría de Formación de partículas, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 11 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde

“treatment of waste polyethylene, open dump, dry infiltration class (100mm)” con $3,99E-08$ como el valor más bajo, llegando a “market for tetrahydrofuran” con $1,10E-01$ como el valor más alto. Esto se debe a la aplicación de fertilizante Cytokin fabricado a base de citoquininas.

- Photochemical oxidant formation – POFP

En la categoría de Formación de oxidantes fotoquímicos, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 40 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for quicklime, milled, packed” con $9,09E-09$ como el valor más bajo, llegando a “water pump operation, diésel” con $2,00E-01$ como el valor más alto, causado por el uso de bombas de riego con motor a diésel.

En la categoría de Formación de oxidantes fotoquímicos, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 17 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for limestone, crushed, for mil” con $1,01E-05$ como el valor más bajo, llegando a “market for nitrogen fertiliser, as N” con $8,61E-01$ como el valor más alto. Esto debido al uso de varios fertilizantes nitrogenados, aumentando las emisiones de nitrógeno.

En la categoría de Formación de oxidantes fotoquímicos, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 11 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “treatment of waste polyethylene, open dump, dry infiltration class (100mm)” con $1,47E-05$ como el valor más bajo, llegando a “market for tetrahydrofuran” con $1,84E-01$ como el valor más alto. Esto se debe a la aplicación de fertilizante Cytokin fabricado a base de citoquininas.

- Terrestrial acidification - TAP100

En la categoría de Acidificación terrestre, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 40 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for quicklime, milled, packed” con $8,54E-09$ como el valor más bajo, llegando a “Flujos elementales” con $1,65E+00$ como el valor más alto.

En la categoría de Acidificación terrestre, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 17 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “treatment of waste polyethylene, open dump, dry infiltration class (100mm)” con $7,25E-07$ como el valor más bajo, llegando a “market for nitrogen fertiliser, as N” con $7,79E-01$ como el valor más alto. Esto debido al uso de varios fertilizantes nitrogenados, aumentando las emisiones de nitrógeno.

En la categoría de Acidificación terrestre, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 11 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “treatment of waste polyethylene, open dump, dry infiltration class (100mm)” con $1,96E-07$ como el valor más bajo, llegando a “Flujos elementales” con $6,78E-01$ como el valor más alto. Esto se debe a la aplicación de fertilizante Cytokin fabricado a base de citoquininas como el kinetin.

- Water depletion - WDP

En la categoría de Agotamiento de agua, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 39 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for quicklime, milled, packed” con $4,81E-09$ como el valor más bajo, llegando a “market for urea, as N” con $1,06E+00$ como el valor más alto. Esto último se debe al uso de urea como fertilizante nitrogenado.

En la categoría de Agotamiento de agua, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 16 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “Flujos elementales” con $6,16E-06$ como el valor más bajo, llegando a “market for nitrogen fertiliser, as N” con $2,67E+00$ como el valor más alto. Esto debido al uso de varios fertilizantes nitrogenados, aumentando las emisiones de nitrógeno.

En la categoría de Agotamiento de agua, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 10 de los 45 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for butyrolactone” con $1,35E-03$ como el valor más bajo, llegando a “market for tetrahydrofuran” con $3,31E+00$ como el valor más alto. Esto se debe a la aplicación de fertilizante Cytokin fabricado a base de citoquininas como el kinetin.

4.2.3. Resultados de análisis de contribución a nivel de producto empacado a la salida de la granja

En base a los resultados de indicador de categoría de impacto se presenta un análisis de contribución para el banano, orito y plátano a nivel de producto empacado a la salida de la granja por cada categoría de impacto. La figura 7 presenta el detalle de las contribuciones por cada categoría de impacto, además se muestra una comparación entre las tres especies frutales.

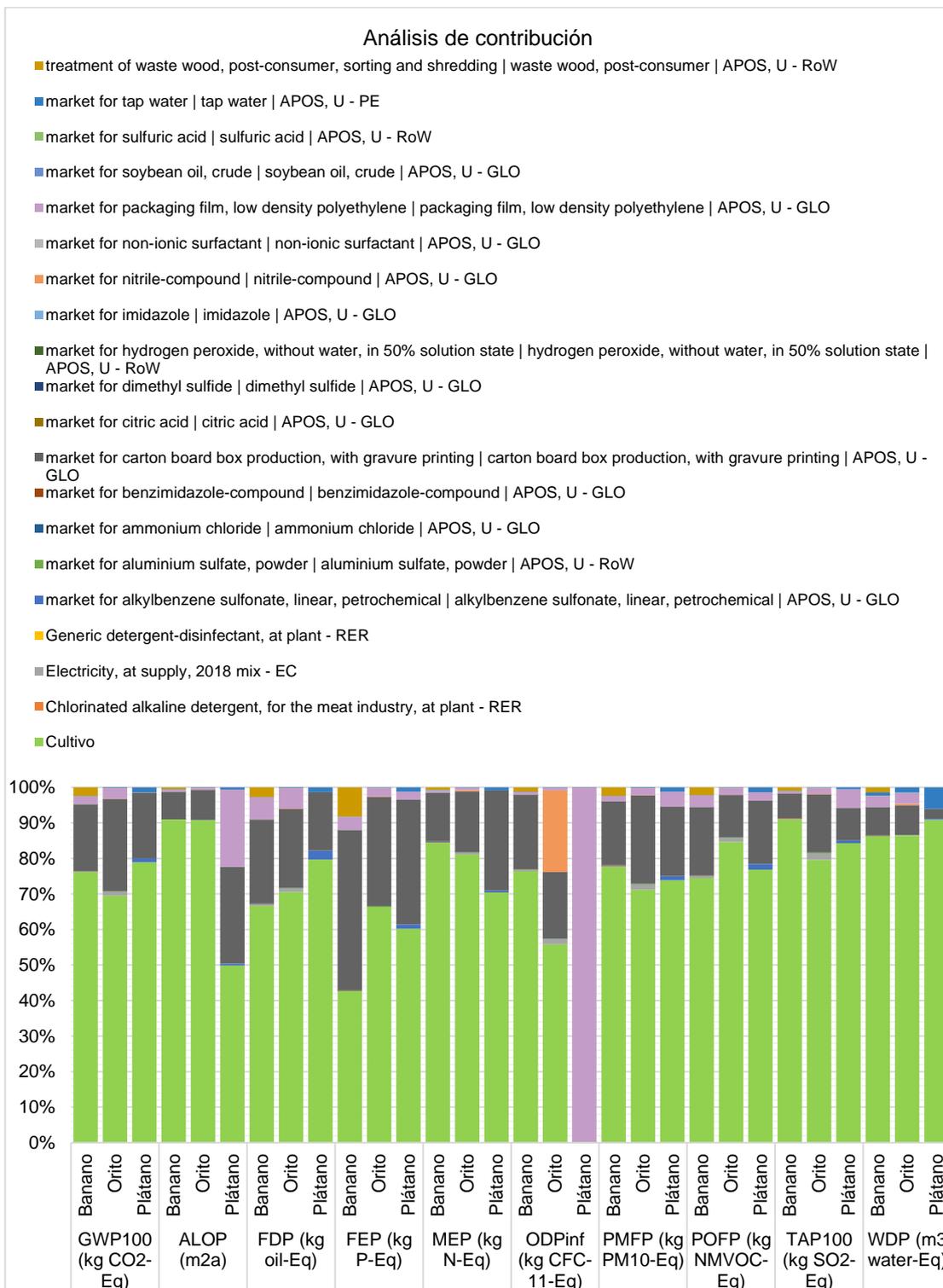


Figura 3.8. Contribuciones de los tres productos empaçados
Fuente: Elaboración propia

- Climate Change - GWP100

En la categoría de Cambio Climático, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 18 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “Chlorinated alkaline detergent, for the meat industry, at plant” con 5,10E-04 kg CO₂-Eq como el valor más bajo, llegando a “Banana_crop_2019 – EC” con 2.01E+02 kg CO₂-Eq como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

En la categoría de Cambio Climático, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 10 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “market for dimethyl sulfide” con 7,89E-03 kg CO₂-Eq como el valor más bajo, llegando a “Orito_crop_2019 – EC” con 3.56E+02 kg CO₂-Eq como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

En la categoría de Cambio Climático, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 5 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “market for alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical” con 2,35E+00 kg CO₂-Eq como el valor más bajo, llegando a “Platano_crop_2019 – EC” con 1.73E+02 kg CO₂-Eq como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

- Agricultural land occupation – ALOP

En la categoría de Ocupación de tierras agrícolas, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 18 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “Chlorinated alkaline detergent, for the meat industry, at plant” con 1,88E-05 m²a como el valor más bajo, llegando a “Banana_crop_2019 – EC” con 6,19E+01 m²a como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

En la categoría de Ocupación de tierras agrícolas, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 10 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “market for dimethyl sulfide” con 1,20E-04 m²a como el valor más bajo, llegando a “Orito_crop_2019 – EC” con 1,55E+02 m²a como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

En la categoría de Ocupación de tierras agrícolas, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 5 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “market for alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical” con 8,54E-02 m²a como el valor más bajo, llegando a “Platano_crop_2019 – EC” con 8.02E+00 m²a como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

- Fossil depletion – FDP

En la categoría de Agotamiento fósil, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 18 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “Chlorinated alkaline detergent, for the meat industry, at plant” con 1,70E-04 kg oil-Eq como el valor más bajo, llegando a “Banana_crop_2019 – EC” con 4,53E+01 kg oil-

Eq como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

En la categoría de Agotamiento fósil, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 10 de los 20 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for dimethyl sulfide” con $8,45E-03$ kg oil-Eq como el valor más bajo, llegando a “Orito_crop_2019 – EC” con $1,37E+02$ kg oil-Eq como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

En la categoría de Agotamiento fósil, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 5 de los 20 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for tap wáter” con $1,08E+00$ kg oil-Eq como el valor más bajo, llegando a “Platano_crop_2019 – EC” con $6,42E+01$ kg oil-Eq como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

- Freshwater eutrophication – FEP

En la categoría de Eutrofización de agua dulce, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 18 de los 20 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for non-ionic surfactant” con $1,82E-07$ kg P-Eq como el valor más bajo, llegando a “market for carton board box production, with gravure printing” con $1,97E-02$ kg P-Eq como el valor más alto. Este último se valor se debe al uso de cajas de cartón para empacar la fruta.

En la categoría de Eutrofización de agua dulce, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 10 de los 20 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for dimethyl sulfide” con $1,67E-06$ kg P-Eq como el valor más bajo, llegando a “Orito_crop_2019 – EC” con $1,15E-01$ kg P-Eq como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

En la categoría de Eutrofización de agua dulce, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 5 de los 20 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for tap wáter” con $5,60E-04$ kg P-Eq como el valor más bajo, llegando a “Platano_crop_2019 – EC” con $2,79E-02$ kg P-Eq como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

- Marine eutrophication – MEP

En la categoría de Eutrofización marina, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 18 de los 20 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “Chlorinated alkaline detergent, for the meat industry, at plant” con $1,05E-07$ kg N-Eq como el valor más bajo, llegando a “Banana_crop_2019 – EC” con $1,72E-01$ kg N-Eq como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

En la categoría de Eutrofización marina, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 10 de los 20 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for dimethyl sulfide” con $1,09E-06$ como el valor más bajo, llegando a

“Orito_crop_2019 – EC” con 3,55E-01 como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

En la categoría de Eutrofización marina, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 5 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “market for alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical” con 1.30E-07 kg N-Eq como el valor más bajo, llegando a “Platano_crop_2019 – EC” con 5.72E-02 kg N-Eq como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

- Ozone depletion – ODPinf

En la categoría de El agotamiento de la capa de ozono, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 18 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “market for non-ionic surfactant” con 2,50E-11kg N-Eq como el valor más bajo, llegando a “Banana_crop_2019 – EC” con 1,42E-05 kg N-Eq como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

En la categoría de El agotamiento de la capa de ozono, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 10 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “market for dimethyl sulfide” con 1,38E-09 como el valor más bajo, llegando a “Orito_crop_2019 – EC” con 3.30E-05 como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

En la categoría de El agotamiento de la capa de ozono, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 5 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “market for tap water” con 2.23E-07 como el valor más bajo, llegando a “market for packaging film, low density polyethylene” con 7.69E-03 como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

- Particulate matter formation – PMFP

En la categoría de Formación de partículas, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 18 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “Chlorinated alkaline detergent, for the meat industry, at plant” con 1,19E-06 como el valor más bajo, llegando a “Banana_crop_2019 – EC” con 4.98E-01 como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

En la categoría de Formación de partículas, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 10 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “market for dimethyl sulfide” con 1,71E-05 como el valor más bajo, llegando a “Orito_crop_2019 – EC” con 8.86E-01 como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

En la categoría de Formación de partículas, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 5 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “market for alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical” con 5,42E-03 como el valor más bajo, llegando a “Platano_crop_2019 – EC” con 3,58E-01 como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

- Photochemical oxidant formation – POFP

En la categoría de Formación de oxidantes fotoquímicos, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 18 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “Chlorinated alkaline detergent, for the meat industry, at plant” con $1,77E-06$ como el valor más bajo, llegando a “Banana_crop_2019 – EC” con $5,69E-01$ como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

En la categoría de Formación de oxidantes fotoquímicos, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 10 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “market for dimethyl sulfide” con $2,98E-05$ como el valor más bajo, llegando a “Orito_crop_2019 – EC” con $2,81E+00$ como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

En la categoría de Formación de oxidantes fotoquímicos, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 5 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “market for tap wáter” con $9,26E-03$ como el valor más bajo, llegando a “Platano_crop_2019 – EC” con $5,24E-01$ como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

- Terrestrial acidification - TAP100

En la categoría de Acidificación terrestre, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 18 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “Chlorinated alkaline detergent, for the meat industry, at plant” con $2,21E-06$ como el valor más bajo, llegando a “treatment of waste wood, post-consumer, sorting and shredding” con $2.46E+00$ como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

En la categoría de Acidificación terrestre, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 10 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “market for dimethyl sulfide” con $5,60E-05$ como el valor más bajo, llegando a “Orito_crop_2019 – EC” con $2,45E+00$ como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

En la categoría de Acidificación terrestre, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 5 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “market for tap wáter” con $9,36E-03$ como el valor más bajo, llegando a “Platano_crop_2019 – EC” con $1.40E+00$ como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

- Water depletion - WDP

En la categoría de Agotamiento de agua, para las contribuciones de banano se tomaron en cuenta 18 de los 20 procesos enlistados, estos aportaciones van desde “Chlorinated alkaline detergent, for the meat industry, at plant” con $1,23E-05$ como el valor más bajo, llegando a “Banana_crop_2019 – EC” con $2,92E+00$ como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

En la categoría de Agotamiento de agua, para las contribuciones de orito se tomaron en cuenta 10 de los 20 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for dimethyl sulfide” con 1,40E-04 como el valor más bajo, llegando a “Orito_crop_2019 – EC” con 7,50E+00 como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

En la categoría de Agotamiento de agua, para las contribuciones de plátano se tomaron en cuenta 5 de los 20 procesos enlistados, estas aportaciones van desde “market for alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical” con 2,89E-02 como el valor más bajo, llegando a “Platano_crop_2019 – EC” con 7,29E+00 como el valor más alto. Este último valor corresponde a lo aportado de la etapa de cultivo.

4.3. Comparación con estudios previos

En el presente proyecto se evaluó diferentes categorías de impactos, entre las que se encuentra el indicador Cambio Climático donde se obtuvo como resultados 200,93 kg CO₂-Eq por tonelada de fruta a la salida del cultivo, y también se obtuvo 263.73 kg CO₂-Eq por unidad funcional de fruta empacada.

En esta sección se presenta una comparación de los resultados obtenidos con estudios previos para el indicador Cambio Climático (Tabla 3). Es de notar que la gran mayoría de estudios únicamente presenta ese indicador como resultado.

Tabla 3. Resultados de la categoría Cambio Climático publicados para banana

Referencia	Resultados (kg CO ₂ -Eq/Ton)
(FAO, 2017a)	324-1124
(Lescot, 2012)	324-1124
(Iriarte et al., 2014)	450-1040
(Coltro & Karaski, 2019)	537
(Roibás et al., 2016)	860
(ADSAL et al., 2020)	1048
(Svanes & Aronsson, 2013)	1370

Fuente: Elaboración propia

En un estudio realizado en Turquía del ciclo de vida de la producción de banano, donde (ADSAL et al., 2020) obtuvo 1048 kg CO₂-Eq por tonelada de banano, este aumento se debe a que el alcance del estudio fue hasta el usuario final. Pero además este valor que es muy superior a los obtenidos en este proyecto, lo que se puede deber a las condiciones climáticas, como las bajas temperaturas de país, requiriendo el uso de invernaderos para la producción de la fruta, y una mayor demanda de insumos. Suponiendo que solo se incluyeran las materias primas y la etapa de producción el resultado sería aproximadamente 850 kg CO₂-Eq.

En otro estudio realizado por (Svanes & Aronsson, 2013), estudió las emisiones de gases de efecto invernadero del banano, se obtuvo un total de 1370 kg CO₂-Eq, esta diferencia se puede deber a que el estudio se realizó en Costa Rica, y su alcance fue de la cuna hasta el comercio minorista, en Noruega, por lo que también se incluiría el

transporte refrigerado hasta su lugar de comercio. Asumiendo que solo se incluyeran las etapas de producción primaria, proceso y empaque que abarca el 25% de las emisiones, el resultado sería 220 kg CO₂-Eq a la salida del cultivo y 317 kg CO₂-Eq una vez empacado, siendo similares a los obtenidos en este estudio. Pero además se debe mencionar que las diferencias más notable fueron en el inventario donde se han incluido las infraestructuras (concreto, cables de acero, polipropileno) y las emisiones de CH₄ (Metano) de los vertederos de residuos vegetales, que además aportan el mayor impacto.

Otro estudio realizado por (Lescot, 2012) realizado en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, se obtuvieron resultados brutos con mucha variabilidad 324-1124 kg CO₂-Eq por tonelada, esta variación se puede deber a que en esta investigación se centraron en la importación y exportación (Europa, EE. UU., Japón,...). Por lo que se incluyeron las etapas de adquisición de la materia prima y la etapa de distribución. Suponiendo que solo se incluyeran las etapas de producción en granja y empacado los resultados podrían variar entre 228 a 400 kg CO₂-Eq, siendo valores similares a los obtenidos en este estudio.

En Brasil se realizó un estudio donde se compararon las especies de banano Prata y Cavendish, donde los resultados fueron 423 y 537 kg CO₂-Eq respectivamente. La variación en resultados se puede deber a que estos fueron evaluados en el Valle de Ribeira, Estado de São Paulo y Norte de Minas Gerais, y su escala temporal fue 2011 a 2014. La principal diferencia fue la inclusión de las etapas de maduración, transporte y venta minorista, donde suponiendo que no se incluyeran estas etapas al Cavendish se obtiene un resultado de 280 kg CO₂-Eq en granja y 317 kg CO₂-Eq una vez empacado (Coltro & Karaski, 2019), que resultaron ser superiores a los obtenidos en este estudio.

Un estudio ecuatoriano realizado por (Iriarte et al., 2014) sobre la huella de carbono del banano premium de exportación ecuatoriano (Musa AAA), obtuvo como resultado una variación entre 450 a 1040 kg CO₂-Eq. Esta variación se puede deber a los límites del sistema que fueron desde la producción agrícola hasta la entrega en un puerto de destino europeo, y porque se consideraron datos de tres años. Suponiendo que solo se incluyeran las etapas de En la granja, Manipulación de fruta en poscosecha y Empaque los resultados podrían variar entre 291 a 355 kg CO₂-Eq, pero aun así resultaron valores superiores a este estudio.

Otro estudio realizado por (Roibás et al., 2016) realizado en Ecuador para evaluar la huella de carbono desde la cuna hasta la tumba de la cadena de valor del banano ecuatoriano, obtuvo como resultado 1280 kg CO₂-Eq por tonelada de fruta como el valor máximo alcanzado, esta variación puede estar causada por la inclusión del transporte a su punto de consumo en España. Suponiendo que se excluyeran las últimas etapas de la cadena de valor (distribución a tiendas minoristas, venta minorista, transporte a los hogares y consumo), el valor se reduce a 860 kg CO₂-Eq. También en este caso el valor promedio fue de 300 kg CO₂-Eq para fincas convencionales y de 250 para fincas orgánicas, que son resultados superiores a los

expuestos en este estudio. Entre los cambios notables esta la obtención de datos primarios de 17 fincas, que incluyen 9 orgánicas y 8 convencionales, entre las que hay fincas que aplican grandes cantidades de fertilizantes, lo que hace variar la cantidad promedio de fertilizantes con nitrógeno. También se debe mencionar que en los consumos de combustible como diésel y gasolina, se ha incluido lo consumido para aplicación terrestre y aérea de productos químicos, en comparación al estudio actual donde solo se incluyó el consumo de motobombas y bombas de riego.

Una publicación de la (FAO, 2017a), sobre la huella de carbono de la cadena de suministro del banano, donde se dividió la cadena de valor en tres pasos, producción y empaque, transporte terrestre y marítimo, y maduración; Demuestra que los resultados varían según la metodología y los datos: de 324 kg a 1124 kg CO₂-Eq por tonelada de fruta. Suponiendo que solo se tomara en cuenta solo la etapa de producción agrícola, donde se considera que es el 20% de las emisiones totales, el resultado sería entre 64.8 kg a 224.8 kg CO₂-Eq

4.4. Análisis de sensibilidad

Los resultados de un ACV siempre están asociados a asunciones definidas durante la compilación del inventario de ciclo de vida. Luego de haber comparado este estudio con los resultados obtenidos de otros estudios (Sección 4.3), se hace un análisis de sensibilidad asociado a tres aspectos:

- Selección del tratamiento de los residuos plásticos del cultivo
- Selección del tratamiento de los residuos biológicos del empaque
- Porcentaje de fruta de rechazo a nivel del empaque

El análisis de sensibilidad se realiza únicamente con el indicador Cambio Climático, debido a que se considera uno de los impactos más relevantes para la sostenibilidad ambiental global actualmente.

4.4.1. Selección del tratamiento de los residuos plásticos del cultivo

El caso base del tratamiento de residuos plásticos es “vertedero a cielo abierto” el que está representado por el proceso “treatment of waste wood, untreated, open dump, dry infiltration class (100mm)” de la base de datos Ecoinvent 3.7.1. Como análisis de sensibilidad para este caso se obtiene resultados a nivel del indicador 1 ton de banano a la salida del cultivo y 1 ton de banano empacado utilizando como tratamiento de los residuos plásticos:

- “Relleno sanitario” representado por el proceso “treatment of waste wood, untreated, sanitary landfill” de la base de datos Ecoinvent.
- “Incineración a cielo abierto” representado por el proceso “treatment of waste wood, untreated, open burning” de la base de datos Ecoinvent.
- “Incineración en incinerador municipal” representado por el proceso “treatment of waste wood, untreated, municipal incineration” de la base de datos Ecoinvent.

Tabla 4. Análisis de sensibilidad por selección de tratamiento de residuos plásticos del cultivo para el indicador Cambio Climático

Tratamiento de residuos	Resultado en kg CO ₂ -Eq por 1 ton de banano a la salida del cultivo	Resultado en kg CO ₂ -Eq por 1 ton de banano empacado
Caso base “vertedero a cielo abierto”	200,93	263,73
Relleno sanitario	200,91	263,71
Incineración a cielo abierto	204,14	266,94
Incineración en incinerador municipal	204,05	266,85

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4 se puede observar la variación de los resultados al seleccionar diferentes tratamientos para residuos plásticos. Existe un aumento del resultado del indicador cuando se selecciona los tratamientos de “Open burning” y “Municipal incineration”. Es de notar que el aumento es solamente del 1% con respecto al caso base.

4.4.2. Selección del tratamiento de los residuos biológicos del cultivo

Para este caso solo se comparó con el resultado obtenido por banano empacado, ya que estos no afectan a la etapa de cultivo. El caso base del tratamiento de residuos biológicos es “clasificación y trituración” el que está representado por el proceso “treatment of waste wood, post-consumer, sorting and shredding” de la base de datos Ecoinvent 3.7.1. Como a análisis de sensibilidad para este caso se obtiene resultados a nivel del indicador 1 ton de banano a la salida del cultivo y 1 ton de banano empacado utilizando como tratamiento de los residuos biológicos:

- “Vertedero a cielo abierto” representado por el proceso “treatment of waste wood, untreated, open dump, dry infiltration class (100mm)” de la base de datos Ecoinvent.
- “Relleno sanitario” representado por el proceso “treatment of waste wood, untreated, sanitary landfill” de la base de datos Ecoinvent.
- “Incineración a cielo abierto” representado por el proceso “treatment of waste wood, untreated, open burning” de la base de datos Ecoinvent.
- “Incineración en incinerador municipal” representado por el proceso “treatment of waste wood, untreated, municipal incineration” de la base de datos Ecoinvent.

Tabla 5. Análisis de sensibilidad por selección de tratamiento de residuos biológicos del cultivo para el indicador Cambio Climático

Tratamiento de residuos	Resultado en kg CO₂-Eq por 1 ton de banano empacado
Caso base "Clasificación y trituración"	263.73
Vertedero a cielo abierto	290,23
Relleno sanitario	284.97
Incineración a cielo abierto	336,94
Incineración en incinerador municipal	262.32

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5 se puede observar la variación de los resultados al seleccionar diferentes tratamientos para residuos plásticos. Existe un aumento del resultado del indicador cuando se selecciona los tratamientos de "Open dump" (10%), "Sanitary landfill" (8%), "Open burning" (27%), siendo esta última la de mayor impacto. También hay una reducción cuando se selecciona el tratamiento "Municipal incineration". Es de notar que la reducción es solamente del 1% con respecto al caso base.

4.4.3. Porcentaje de fruta de rechazo

En el presente estudio (caso base) se ha asumido que el porcentaje de banano rechazado es del 0%. Esto es, que todo el banano que viene del cultivo es empacado y vendido como producto final. Esta situación no necesariamente es la real, sin embargo, al momento de realizar el presente estudio no se contaba con la información detallada al respecto. Por este motivo se hace un análisis de sensibilidad asumiendo 10%, 20%, 30% y 40% de banano de rechazo. Para estos casos se ha asumido que la carga ambiental del sistema es completamente asignada a la unidad funcional. Es de notar que la fruta rechazada no necesariamente es un desecho y por lo tanto un estudio más detallado que no es parte del alcance de este incluiría el estudio de diferentes formas de asignar la carga ambiental al banano de rechazo.

Tabla 6. Análisis de sensibilidad por porcentaje de fruta rechazado

Porcentaje de fruta rechazada	Resultado en kg CO₂-Eq por 1 ton de banano empacado
Caso base - 0%	263,73
10%	286,07
20%	313,99
30%	349,89
40%	397,79

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6 se puede observar la variación de los resultados al seleccionar diferentes porcentajes de banano rechazado. Existe un aumento del resultado del indicador cuando se selecciona un mayor porcentaje de fruta rechazada, siendo el

“40” donde se presenta el mayor impacto. Los resultados demuestran alta sensibilidad al porcentaje de fruta rechazada, pues en el primer caso (10%), aumento el impacto final en un 8%; siguiendo el segundo caso (20%), aumento el impacto en un 19%; en el tercer caso (30%), aumento el impacto en un 32%; y por último en el cuarto caso (40%), aumento el impacto en un 50%. Esto demuestra como el aumento del banano rechazado, afecta a la categoría de impacto de Cambio Climático, por ese motivo se debe determinar en un futuro el estudio del porcentaje de rechazo real, además de verificar cual es el aprovechamiento que se le da ese rechazo.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Tres de las principales especies del género Musa han sido analizadas bajo una perspectiva de ciclo de vida: “Cavendish”, “Golden Beauty” y “Maricongo”. En el inventario de entradas y salidas de los tres sistemas se encontró similitudes, como la aplicación de nitrógeno para fertilización, la aplicación de compuestos de bupiridilio para control de plagas, el uso de plásticos agrícolas como fundas para la protección de la fruta, y el uso de sulfonato de alquilbenceno lineal en el agua para limpieza de la fruta. Sin embargo el sistema de orito no cuenta con proceso de riego en su inventario.
- Se encontró que los resultados obtenidos en la categoría de Cambio Climático por los tres productos, fueron banano (242,83 kg CO₂-Eq), orito (464,35 kg CO₂-Eq), plátano (206,00 kg CO₂-Eq) por tonelada de fruta. Donde el orito presentó el mayor impacto. En el caso de las categorías de Cambio Climático, Formación de oxidantes fotoquímicos, Acidificación terrestre y Agotamiento de agua se debe a que en el sistema del orito se usan más fertilizantes de nitrógeno por tonelada de fruta. En Agotamiento de fósiles se debió al mayor uso de fertilizantes con contenido de químicos orgánicos. En los casos de Eutrofización de agua dulce y Formación de material particulado se debió al mayor uso de fertilizantes con contenido de magnesio. En los casos de Eutrofización marina y Ocupación de tierras agrícolas se debió a una mayor aplicación de fertilizantes de potasio. En la categoría de Agotamiento de la capa de ozono se debió a un mayor uso de plaguicidas a base de compuestos de bupiridilio,
- Los impactos obtenidos para la categoría de Cambio Climático en la fase de cultivo fueron de banano (180,02 kg CO₂-Eq), orito (316,16 kg CO₂-Eq) y plátano (155,17 kg CO₂-Eq), siendo estos relativamente inferiores en comparación a otros estudios. Sin embargo fueron los principales contribuyentes de la carga ambiental de las categorías de impacto en las tres especies evaluadas, excepto en el banano donde el principal contribuyente para la categoría de Eutrofización de agua dulce proviene de la producción de cartón para empaque.
- Los resultados muestran que, de las tres especies, el plátano generó la menor carga ambiental en la mayoría de las categorías de impacto, como se muestra en Cambio Climático, Formación de oxidantes fotoquímicos y Acidificación terrestre donde su inferior impacto se debió al inferior uso de fertilizantes de nitrógeno y químicos orgánicos. En el caso de Ocupación de tierras agrícolas y Eutrofización marina se debe a que no se usan fertilizantes de potasio y el bajo uso de fertilizantes de nitrógeno. En Formación de material particulado se debió al que no se usan fertilizantes de magnesio.

5.2. Recomendaciones

- Elaborar un ACV del orito producido en el cantón General Antonio Elizalde provincia del Guayas, conocido también como Bucay, por ser una zona con alta producción y exportación de esta fruta, de forma que permita comparar las técnicas de cultivo y sus impactos ambientales.
- Igual que el anterior, elaborar un ACV de plátano producido en la provincia de Manabí, por ser la zona con mayor producción de plátano del país, de forma que se pueda comparar con las técnicas de cultivo de grandes productores.
- Se recomienda plantear alternativas para fertilizantes utilizados en el cultivo de orito, de forma que se usen productos con menor contenido de nitrógeno, pero sin alterar la productividad de la plantación.
- La mayoría de estos incluían en sus análisis las etapas de transporte (de la finca al puerto, del puerto en Ecuador al puerto del país de destino, del puerto del país de destino al punto de comercio minorista), estos son uno de los principales puntos críticos, junto con la etapa de cultivo. Por lo que no se debe despreciar las etapas siguientes al empaque, como se demostraron en los resultados de otros estudios (sección 4.3.) y en el análisis de sensibilidad (sección 4.4.), en los casos de otros estudios estos incluían etapas como desperdicio de producto, venta minorista, transporte y almacenamiento.
- La información de este documento se debería utilizar como base para el desarrollo de proyectos de ACV en materia agrícola.

BIBLIOGRAFÍA

- A.E.B.E. (2020a). Nuestro banano: principal producto de exportación durante la pandemia. *Bananotas*, 27–33. https://fb329f0a-8a6c-4216-9e2f-dcf8067bce4d.filesusr.com/ugd/f4cd67_61e6a9a49a7d43a9bab8af1700afea14.pdf?index=true
- A.E.B.E. (2020b). Se detuvo el Empuje inicial de este año. *Bananotas*. https://fb329f0a-8a6c-4216-9e2f-dcf8067bce4d.filesusr.com/ugd/f4cd67_37e633be2aa74b48a1f860bec100e3e4.pdf?index=true
- ADSAL, K. A., ÜÇTUĞ, F. G., & ARIKAN, O. A. (2020). Environmental life cycle assessment of utilizing stem waste for banana production in greenhouses in Turkey. *Sustainable Production and Consumption*, 22, 110–125. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.02.009>
- Agency, E. E. (2020). *La agricultura y el cambio climático*. <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2015/articulos/la-agricultura-y-el-cambio-climatico#:~:text=La agricultura contribuye al cambio climático,-Antes de llegar&text=La agricultura en particular libera,potentes gases de efecto invernadero.&text=La>
- Aguilera Peña, R. (n.d.). *EL DESARROLLO LOCAL SOSTENIBLE DE LAS COMUNIDADES RURALES : CASO : EL EMPALME – GUAYAS – ECUADOR*. 203–215.
- Altendorf, S. (2020). Evaluación preliminar del impacto de la pandemia de la COVID-19 en el comercio de bananos y frutas tropicales. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura (FAO)*, Noviembre, 11–16.
- Andrade, F. H. (2011). *La tecnología y la producción agrícola El pasado y los actuales desafíos*. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/27813/Documento_completo.pdf?sequence=1&is%0AAllowed=y%0A
- Andrade, F., Taboada, M., Lema, D., Maceira, N., Echeverría, H., Posse, G., Prieto Garra, D., Sanchez, E., Ducasse, D., Bogliani, M., Gamundi, J. C., Frana, J., Trumper, E., Fava, F., Perotti, E., & Mastrángelo, M. (2017). Los desafíos de la agricultura argentina. Satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental. In *Journal of Experimental Psychology: General* (Vol. 136, Issue 1).
- Andrade Rodríguez, P. L., & Meza Lino, A. D. (2017). Acuerdo comercial entre Ecuador y la Unión Europea: El caso del sector bananero ecuatoriano. *Espacios*, 38(58).
- Anton, A. (2012). Cea03. Cuadernos de Estudios Agroalimentarios. *Análisis de Ciclo de Vida Aplicado a La Horticultura Protegida*, 211–226.
- Arana Vasquez, L. H. (2008). *Identificación de impactos ambientales generados en una plantación comercial de banano orito Musa acuminata AA en la zona de Caluma, provincia Bolívar [Universidad de Guayaquil]*.

[http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/2819/1/Tesina en Banano Arana Vasquez.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/2819/1/Tesina%20en%20Banano%20Arana%20Vasquez.pdf)

- Arango Ramírez, A., Carmona, L. G., & 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>
- Battye, W., & Barrows, R. (2004). Review of Ammonia Emission Modeling Techniques for Natural Landscapes and Fertilized Soils. *Work Assignment No. 2-09*, 27517(68).
- Beekman, G., Dekkers, M., & Koster, T. (2019). *Towards a sustainable banana supply chain in Colombia*.
- Borja, J. (2016). La producción de banano bajo el sistema de comercio justo: un análisis del caso ecuatoriano. *Siembra*, 3(1), 7–10. <https://doi.org/10.29166/siembra.v3i1.185>
- Cedeño, G., Suarez, C., Vera, D., Fadda, C., & Jarvis, D. (2017). Early detection of resistance to *Mycosphaerella fijiensis* in local genotypes of *Musa* in Ecuador. *Scientia Agropecuaria*, 8(1), 29–42. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.01.03>
- Coltro, L., & Karaski, T. U. (2019). Environmental indicators of banana production in Brazil: Cavendish and Prata varieties. *Journal of Cleaner Production*, 207, 363–378. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.258>
- Dijkman, T. J., Birkved, M., & Hauschild, M. Z. (2012). PestLCI 2.0: A second generation model for estimating emissions of pesticides from arable land in LCA. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 17(8), 973–986. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0439-2>
- Dole. (2021). *Protecting Our Environment*. <https://www.dole.com/en-gb/farms/protecting-our-environment>
- Ecoinvent. (2021). *The ecoinvent Database*. <https://www.ecoinvent.org/database/database.html>
- El Comercio. (2019). *Productores de orito y plátano morado y verde toman medidas*. 1, 1–5. <https://www.elcomercio.com/actualidad/productores-orito-platano-fusarium-plaga.html>
- ESPE. (2015). *Manual del Cultivo de plátano de exportación*. https://www.researchgate.net/profile/Santiago-Ulloa-2/publication/272166398_Manual_para_el_cultivo_de_platano_de_exportacion/links/54dcd4ec0cf28a3d93f87702/Manual-para-el-cultivo-de-platano-de-exportacion.pdf
- Espinoza Alfaro, M. (2019). *ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Boletín (ACV) EN CARRETERAS Técnico*. [https://alfresco.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1794/Boletin 11 Análisis del ciclo de vida \(ACV\) en](https://alfresco.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1794/Boletin%2011%20Análisis%20del%20ciclo%20de%20vida%20(ACV)%20en%20carreteras.pdf)

carreteras.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- FAO. (1996). *Producción de Alimentos e Impacto Ambiental*. 26. <http://www.fao.org/docrep/003/w2612s/w2612s11.htm>
- FAO. (2002). Perspectivas para el medio ambiente Agricultura y medio ambiente. *Agricultura Mundial : Hacia Los Años 2015 / 2030 Informe Resumido*, 75–81.
- FAO. (2004). *La economía mundial del banano 1985-2002*. 107.
- FAO. (2014). *Panorama cambiante en el comercio mundial del banano*. <http://www.fao.org/news/story/es/item/225072/icode/>
- FAO. (2016a). *Erosión del suelo*. <http://www.fao.org/3/i6468s/i6468s.pdf>
- FAO. (2016b). Ecuador's banana sector under climate change: An economic and biophysical assessment to promote a sustainable and climate-compatible strategy. In *The Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA (Issue July)*. <http://www.fao.org/3/i5697e/i5697e.pdf>
- FAO. (2017a). *HUELLA DE CARBONO DE LA CADENA DE SUMINISTRO DEL BANANO*. <http://www.fao.org/world-banana-forum/projects/good-practices/carbon-footprint/es/#:~:text=A pesar de que los,de CO2e%2Fkg de bananos.>
- FAO. (2017b). *Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial (GLEAM)*. <http://www.fao.org/gleam/results/es/>
- FAO. (2019a). *Detengamos la erosión del suelo para garantizar la seguridad alimentaria en el futuro*. <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1193735/#:~:text=Si no actuamos ahora%2C más,Tierra podrían degradarse para 2050.&text=Al disminuir los nutrientes disponibles,agrícola hasta en un 50%25.>
- FAO. (2019b). *Soil Erosion: The greatest challenge for sustainable soil management*. <http://www.fao.org/3/ca4395en/ca4395en.pdf>
- FAO. (2020). *Análisis del mercado del banano: resultados preliminares 2019*. <http://www.fao.org/3/ca7567es/CA7567ES.pdf>
- García, R. M., López, L. M., & Minuche, J. L. (2016). *Plan of Solid Waste Environmental Management At the Banana Com-*. 100–105. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202017000100014
- Gonzabay, R. (2017). Cultivo del banano en el Ecuador. *Revista Afese*, 113–142. <http://www.revistaafese.org/ojsAfese/index.php/afese/article/view/317/314>
- GreenDelta. (2021). *Why we started the development of openLCA*. <https://www.openlca.org/the-idea/>
- Guaricocha, G., & Quiróz, J. (2003). *Guía para el Manejo Orgánico del Banano Orito*. INIAP

- Hernández-jiménez, A. (2019). La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*, 40(1).
- Hernandez, A., Vera, L., Naveda, C., Guzman, Á., Vivar, M., Zambrano, T., Mesias, F., Ormanza, K., Leon, R., & Lopez, G. (2017). Variations in some soil properties because of the land use change in the middle and low parts of the Membrillo micro-watershed, Manabi, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 50–56. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362017000100006&lng=en&nrm=iso.com&tlng=es
- Herrera Parrales, K. A. (2013). "Ajuste De Tecnología En El Manejo Integrado De Plagas Y Enfermedades En El Cultivo De Banano Orito (Musa Sp.) En El Cantón La Maná, Provincia De Cotopaxi". 109.
- Hidalgo, J. A. (2020). 2021, esperanza bananera. *A.E.B.E.*, 7–8. https://fb329f0a-8a6c-4216-9e2f-dcf8067bce4d.filesusr.com/ugd/f4cd67_61e6a9a49a7d43a9bab8af1700afea14.pdf?index=true
- INEC. (2014). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua. *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*, 23.
- INIAP. (2021). *Banano, plátano y otras musáceas*. <http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/banano-platano-y-otras-musaceas/>
- IPCC. (2006). *Emisiones De N₂O De Los Suelos Gestionados Y Emisiones De Co₂ Derivadas De La Aplicación De. 4*, 1–56.
- IPCC. (2019). *El cambio climático y la tierra*.
- Iriarte, A., Almeida, M. G., & Villalobos, P. (2014). Carbon footprint of premium quality export bananas: Case study in Ecuador, the world's largest exporter. *Science of the Total Environment*, 472, 1082–1088. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.072>
- ISO. (2006). *ISO 14040:2006: Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida - Principios y marco de referencia*. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>
- Janssens, S. B., Vandeloock, F., De Langhe, E., Verstraete, B., Smets, E., Vandenhoutte, I., & Swennen, R. (2016). Evolutionary dynamics and biogeography of Musaceae reveal a correlation between the diversification of the banana family and the geological and climatic history of Southeast Asia. *New Phytologist*, 210(4), 1453–1465. <https://doi.org/10.1111/nph.13856>
- Jumbo Torres, M. R. (2010). *Tesis previa la obtención del Título de Ingeniera en Comercio Exterior e Integración*. http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/6706/1/41614_1.pdf
- Leiva, E. H. (2016). *Análisis de Ciclo de Vida*. 43. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2207.3689>
- Lescot, T. (2012). Carbon Footprint Analysis in Banana Production. *Second*

- Conference of the World Banana Forum, June, 28. <http://www.fao.org/3/a-br129e.pdf>
- Li, L.-F., & Ge, X.-J. (2017). Origin and domestication of cultivated banana. *Ecological Genetics and Genomics*, 2, 1–2. <https://doi.org/10.1016/j.egg.2016.10.001>
- Liu, P. (2009). *La certificación en la cadena de valor de las frutas frescas*. 46. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/i0529s/i0529s02.pdf>
- López Feldman, A. J., & Hernández Cortés, D. (2016). Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El Trimestre Económico*, 83(332), 459. <https://doi.org/10.20430/ete.v83i332.231>
- Lumina. (2021). *Analytica visionary modeling*. <https://lumina.com/products/>
- Machín, N., & López, F. (2012). Agricultura y medio ambiente; equilibrio territorial. In *Serv. Tec. Agroin. Infrac. Rural*.
- MAGAP. (2017). *Firman primer contrato para la venta directa de banano orito entre productores y exportadores*. <https://www.agricultura.gob.ec/firman-primer-contrato-para-la-venta-directa-de-banano-orito-entre-productores-y-exportadores/>
- Martínez Valle, L. (2003). Del orito para el autoconsumo al orito para la exportación: El desarrollo de la agricultura de contrato. In *Dinámicas rurales del subtrópico: El caso de La Maná* (pp. 73–81). <http://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=15784>
- Meira Cartea, P. Á. (2013). Problemas ambientales globales y educación ambiental: Una aproximación desde las representaciones sociales del cambio climático¹. *Revista Integra Educativa*, 6(3), 29–64.
- Mejía, M., Roman, P., Ruiz, L., P.E, G., ChR, C., Hernández, M., Núñez, H., RRC, C., Vega, M., & Bonilla, C. (2016). *Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Memoria. Año 2. Núm.1. Vol. 1. Nov-Dic 2016. 1, 215–217*. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/51156686/RNIP_2016_12.pdf?1483401207=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEMISIONES_DE_METANO_EN_CUATRO_SISTEMAS_D.pdf&Expires=1615681605&Signature=e60-cNcOX1XFLP~EdTerGi936lJUKQUJT6Hk1~wbWlwh0s5NcdMuB3w
- Mfitumukiza, D., Nambasa, H., & Walakira, P. (2019). Life cycle assessment of products from agro-based companies in Uganda. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 24(11), 1925–1936. <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01629-3>
- Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural de Colombia. (2007). *Gestión Ambiental En El Sector*. http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6130/1/200972410236_C ARTILLA_AMBIENTAL.pdf
- Ministerio de Comercio Exterior del Ecuador. (2017). Informe Sector Bananero Ecuatoriano. In *Ministerio de Comercio Exterior* (Vol. 53, Issue 9).

<https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Informe-sector-bananero-español-04dic17.pdf>

- Nemecek, T. (2013). *Estimating direct field and farm emissions*. October, 31.
- Novillo Espinoza, I. D., Carrillo Zenteno, M. D., Cargua Chavez, J. E., Nabel Moreiral, V., Albán Solarte, K. E., & Morales Intriago, F. L. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Temas Agrarios*, 23(2), 177–187. <https://doi.org/10.21897/rta.v23i2.1301>
- OpenLCA. (2021). *OpenLCA Nexus: Your source for LCA and sustainability data*. <https://nexus.openlca.org/database/Agribalyse>
- Paz, R., & Pesantez, Z. (2014). Potencialidad del plátano verde en la nueva matriz productiva del Ecuador. *Yachana Revista Científica*, 2(1390–7778), 203–210. <http://revistas.ulvr.edu.ec/index.php/yachana/article/view/47>
- Pier, C. (2002). *Tainted Harvest: Child Labor and Obstacles to Organizing on Ecuador's Banana Plantations*. Human Rights Watch.
- Prasuhn, V. (2006). Erfassung der PO4-Austräge für die Ökobilanzierung - SALCA-Phosphor. *Agroescope Reckenholz*, 20.
- Revelo Toledo, R. (2014). *Propuesta para la exportación de productos no tradicionales a la Federación Rusa. Caso orito*. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11923/Tesis.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- RIVM. (2018). *LCIA: el modelo ReCiPe*. <https://www.rivm.nl/en/life-cycle-assessment-lca/recipe>
- Robinson, J., & Galán, V. (2012). Plátanos y bananas. *Mundiprensa*, 321.
- Roibás, L., Elbehri, A., & Hospido, A. (2016). Carbon footprint along the Ecuadorian banana supply chain: Methodological improvements and calculation tool. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2441–2451. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.074>
- Shkiliova, L., Fundora, R., & Jarre, C. (2014). La mecanización en la Intensificación Sostenible de la Producción Agrícola (ISPA). *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, 13, 32. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i13.582
- SimaPro. (2021). *A high-quality LCI database*. <https://simapro.com/databases/ecoinvent/>
- Simmonds, N. W., & Shepherd, K. (1955). The taxonomy and origins of the cultivated bananas. *Journal of the Linnean Society of London, Botany*, 55(359), 302–312. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1955.tb00015.x>
- Soledispa Mite, M. I. (2016). *Impacto ambiental de la producción y exportación de banano convencional y orgánico*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/14263>

- Stoessel, F., Juraske, R., Pfister, S., & Hellweg, S. (2012). Life cycle inventory and carbon and water footprint of fruits and vegetables: Application to a swiss retailer. *Environmental Science and Technology*, 46(6), 3253–3262. <https://doi.org/10.1021/es2030577>
- Svanes, E., & Aronsson, A. K. S. (2013). Carbon footprint of a Cavendish banana supply chain. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(8), 1450–1464. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0602-4>
- Torres, T., & Oleson, K. (2020). *Quantifying the environmental footprint of doubling hawai'i's local food supply*.
- Umaña, J. A., & Pulgarín, A. C. (2013). Huella de carbono en los sistemas de producción agrícola dominantes en el municipio de Falan, Tolima. *Revista Ciencia Animal*, 0(6), 11–27. <http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ca/article/view/2644>
- USC. (2011). Huella de carbono del plástico. 12 Dec. <http://www.sustentator.com/blog-es/2011/12/huella-de-carbono-del-plstico/>
- Vásquez, R. (2017). El impacto del comercio del Banano en el desarrollo del Ecuador. *AFESE Temas Internacionales*, 53(53), 167–182. <http://www.afese.com/img/revistas/revista53/comerbanano.pdf>
- Watterson, J., St, C., & Cox, J. (2014). *Ricardo-AEA footprint / Life Cycle Assessment (LCA), including application of 2006 IPCC Guidelines*. July.

ANEXOS

ANEXO A

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS DE ACV RELACIONADAS CON EL CULTIVO DE BANANO

Referencia	Sistema	Descripción y límites técnicos	Unidad funcional	Categorías de impacto
(ADSAL et al., 2020)	Producción de banano y su suministro al usuario final en Turquía	<p>Evaluación de ciclo de vida en tres escenarios, el primer escenario, se consideró el caso de negocios como siempre; en el segundo escenario se estudió el calentamiento del agua de riego mediante gas natural; y en el tercer escenario se analizó el calentamiento del agua de riego mediante el uso de biogás producido in situ mediante la digestión anaeróbica de los residuos de los tallos de banano.</p> <p>Los límites del sistema considerados desde la producción agrícola hasta la entrega en un puerto de destino europeo</p>	2 ton de banano	Global warming potential, Acidification potential, Eutrophication potential, Photochemical oxidants creation potential, Ozone layer depletion potential, Human toxicity potential
(Torres Oleson, 2020)	Producción de alimentos en Hawaii	Evaluar los impactos ambientales locales (dentro de Hawai'i), distantes (en otro lugar) y globales (que afectan tanto a Hawai'i como a otros lugares) del aumento de la producción de alimentos.	1 kg de banana	Climate Change, Marine eutrophication, Land use, Water resource depletion

		Comparando las cargas ambientales incurridas a nivel mundial (potencial de calentamiento global) y localmente (uso de recursos y eutrofización acuática) de la granja al plato para los alimentos locales e importados		
(Coltro & Karaski, 2019)	Dos variedades de banano producidas en Brasil, Cavendish y Prata	Evaluación de los sistemas de producción de banano ubicados en el Valle de Ribeira, Estado de São Paulo y norte de Minas Gerais	1 kg de banana	Global warming potential, Primary energy demand, Abiotic depletion, Eutrophication potential, Acidification potential, Land use, Total freshwater use, Blue water use, Terrestrial ecotoxicity potential, Human toxicity potential
(Mfitumukiza et al., 2019)	Iniciar y promover el ACV en Uganda con el objetivo general de promover el pensamiento del ciclo de vida para mejorar la competitividad de los productos agrícolas a nivel regional e internacional	Evaluar y cuantificar los impactos ambientales de ciclo de vida de los productos seleccionados	1 kg de banana	Carbon footprint, Ecological toxicity, Human toxicity, Photochemical oxidation, Abiotic depletion
(Roibás et al., 2016)	Desarrollo de los métodos de análisis de Huella de Carbono del Producto y la Evaluación del Ciclo de Vida	Evaluación de ciclo de vida de 17 plantaciones ecuatorianas (9 orgánicas y 8 convencionales; clasificadas por tamaño). Los límites del sistema es cradle to gate	1 kg de banana	Water footprint inventory analysis, Carbon footprint,

(Iriarte et al., 2014)	Producción de banano premium de exportación ecuatoriano	Medición de las emisiones de gases de efecto invernadero de los productos agrícolas ecuatorianos empleando el concepto de huella de carbono. Los límites del sistema considerados desde la producción agrícola hasta la entrega en un puerto de destino europeo (cradle-to-grave)	1 kg de banana	Carbon footprint
(USC, 2011)	Proyecto sobre el banano y el cambio climático en Ecuador, como parte del programa <i>FAO Multidonor Mechanism</i> (FMM)	Valoración de los impactos del cambio climático en el banano del Ecuador, además de proporcionar apoyo técnico y normativo al gobierno local en la formulación e implementación de estrategias de adaptación. El estudio cubre toda la cadena de suministro, desde la producción (analizándose plantaciones de diferente tamaño, pequeñas, medianas y grandes, y bajo dos sistemas de producción: convencional y orgánico) hasta el consumo final	1 kg de banana	Carbon footprint
(Svanes & Aronsson, 2013)	Banano producido en dos plantaciones en Costa Rica	Estudiar las emisiones de gases de efecto invernadero de los bananos desde la cuna hasta la venta minorista y de la cuna a la tumba, y evaluar el potencial de reducción de las emisiones de gases de	1 kg de banana	Carbon footprint

efecto invernadero (GEI) a lo largo de la cadena de valor

(Stoessel et al., 2012)	Producción de frutas y verduras, incluyendo plántulas, uso de maquinaria agrícola, combustibles para la calefacción de invernaderos, riego, fertilizantes, pesticidas, almacenamiento y transporte hacia y dentro de Suiza	Evaluación ambiental de un surtido de 34 frutas y verduras de un gran minorista suizo	1 kg de producto	Climate change, Water stress, Human toxicity, Eutrophication, Acidification, Soil fertility degradation, Landscape changes.
(Lescot, 2012)	Sociedades de consumo del Norte queriendo etiquetar los productos de consumo, como en Francia	Estudio sobre el desarrollo de los métodos de análisis de Huella de Carbono del Producto (PCF) y la Evaluación del Ciclo de Vida (LCA)	1 kg de banana	Eutrophication, Terrestrial Eco-toxicity, Sediment Eco-toxicity, Aquatic Eco-toxicity, Human toxicity

Fuente: Elaboración propia

ANEXO B

PROCESOS DE BANANO USADOS DE BASES DE DATOS

Procesos de banano	
Inventario Entradas/Salidas	de Open LCA Ecoinvent database Agribalyse database
SIEMBRA	
Plántula	fruit tree seedling, for planting
Solvigo	benzoic acid (abamectin) esters of versatic acid (thiamethoxam)
Levante	phosphate fertiliser, as P ₂ O ₅ nitrogen fertiliser, as N quicklime, milled, packed sulfur dioxide, liquid chemical, organic
NUTRICION	
Robusterra (NPK+microelementos)	phosphate fertiliser, as P ₂ O ₅ Potassium fertiliser, as K ₂ O nitrogen fertiliser, as N chemical, organic
Ryzup	Butyrolactone
Cal viva	limestone, crushed, for mill
Carbonato de calcio	calcium carbonate, precipitated
Sulfato de amonio	Ammonium sulfate
Muriato de potasio	potassium chloride, industrial grade
Urea	urea, as N
DAP	phosphate fertiliser, as P ₂ O ₅
Nitrato de amonio	Ammonium nitrate
Sulfato de magnesio	Magnesium sulfate
Cytokin	Tetrahydrofuran
Optimus	Organic foliar fertilizer phosphate fertiliser, as P ₂ O ₅ Potassium fertiliser, as K ₂ O nitrogen fertiliser, as N chemical, organic
Kelpak	Algae (Laminaria), dried, consumption mix/FR U
Harvest	phosphate fertiliser, as P ₂ O ₅ Potassium fertiliser, as K ₂ O nitrogen fertiliser, as N sulfur dioxide, liquid chemical, organic
Micromix	chemical, organic sulfur dioxide, liquid phosphate fertiliser, as P ₂ O ₅ Potassium fertiliser, as K ₂ O

Nutriphos	nitrogen fertiliser, as N Phosphate fertiliser, as P ₂ O ₅ {RoW} single superphosphate production Cut-off, S - Copied from Ecoinvent
-----------	--

CONTROL DE MALEZA Y PLAGAS

Fascinate	organophosphorus-compound, unspecified
Glyfocor	Glyphosate
Reglone	bipyridylum –compound
Cerillo	bipyridylum-compound
Atta kill	chemical, inorganic
Jaspe	n,n-dimethylformamide
Seeker	Piperidine
Bravo	Chlorothalonil
Killer	bipyridylum-compound
Basta	organophosphorus-compound, unspecified
Impulse	chemical, inorganic
Siganex	Aminopyridine
Dithane	Mancozeb
Counter	organophosphorus-compound, unspecified
Emulad	alkyl sulphate (C12-14)
Daconil	Chlorothalonil
Polyram	dithiocarbamated-compound / zineb
Fijal	ethylene glycol
Gasolina (motobombas)	petrol, unleaded, burned in machinery

ENFUNDE Y PROTECCIÓN

Fundas curadas	packaging film, low density polyethylene
Protectores	Plastic cork stopper, at plant/RER U (ACYVIA)
Corbatin	Plastic film, PA, at plant/RER U (ACYVIA)
Cintas de colores	Plastic film, PA, at plant/RER U (ACYVIA)
Zunchos	polypropylene, granulate

RIEGO

Agua	Irrigation
Diésel	water pump operation, diesel
Aceite	lubricant oil
Aspersores	polypropylene, granulate

COSECHA Y EMPAQUE

Agua	tap water
Energía eléctrica	electricity, low voltage
Detergente	Generic detergent-disinfectant
Cloro granulado	Chlorinated alkaline detergent, for the meat industry, at plant
Sanitox	hydrogen peroxide
Bacter amonium	ammonium chloride
Cartón	carton board box production

Goma	vinyl acetate
Fundas plásticas	packaging film, low density polyethylene
Banaspar	alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical
Banarox	alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical
Cochibiol	soybean oil, crude
Texbana	non-ionic surfactant
Biolatex	alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical
Sulfato de aluminio	aluminium sulfate, powder
Mertec	benzimidazole-compound
Xstrata	Monochlorobenzene
Fungaflor	Imidazole
Alumbre	sulfuric acid
Cosmo Agua	citric acid
Ácido cítrico	citric acid
Magnate	Imidazole

SALIDAS

Tallos	waste wood, untreated
Envases plásticos	waste polyethylene
Óxido nitroso	Dinitrogen monoxide
Óxidos de nitrógeno	Nitrogen oxides
Amoniaco	Ammonia
Nitrato	Nitrate
Fosfatos	Phosphate
Dioxido de carbono	Carbon dioxide
Glufosinate-ammonium	Glufosinate-ammonium
Glyphosate	Glyphosate
Diquat dibromide	Diquat
Diquat dibromide	Paraquat
Triflurosulfuron-methyl	Triflurosulfuron-methyl
Imidacloprid	Imidacloprid
Fenpropidin	Fenpropidin
Chlorothalonil	Chlorothalonil
Diquat dibromide	Paraquat dichloride
Spirotetramat	Spiroxamine
Pyridate	Pyrimethanil
Manconzeb	Manconzeb
Terbuthylazine	Terbufos
Chlorothalonil	Chlorothalonil
Metiram	Metiram
Thiamethoxam	Thiamethoxam
Prochloraz	Prochloraz
Azoxystrobin	Azoxystrobin
Prochloraz	Prochloraz

Fuente: Elaboración propia

ANEXO C

PROCESOS DE ORITO USADOS DE BASES DE DATOS

Procesos de orito	
Inventario Entradas/Salidas	de Open LCA Ecoinvent database Agribalyse database
SIEMBRA	
Plántula	fruit tree seedling, for planting
Phyton	Copper Sulfate
Rugby	organophosphorus-compound, unspecified
Cal viva	limestone, crushed, for mill
CRECIMIENTO Y NUTRICIÓN	
Kristalon	phosphate fertiliser, as P ₂ O ₅ Potassium fertiliser, as K ₂ O nitrogen fertiliser, as N chemical, organic
Phyllum Max	Algae (Laminaria), dried, consumption mix/FR U
Fertibanano	Potassium fertiliser, as K ₂ O nitrogen fertiliser, as N phosphate fertiliser, as P ₂ O ₅ sulfur dioxide, liquid Magnesium chemical, organic
CONTROL DE MALEZA Y PLAGAS	
Gramoxone	bipyridylium-compound
Urea	urea, as N
Phyton	Copper Sulfate
Mastercop	Copper Sulfate
Galil	Imidazole
Cal viva	limestone, crushed, for mill
ENFUNDE Y PROTECCIÓN	
Fundas	packaging film, low density polyethylene
Cintas de colores	Plastic film, PA, at plant/RER U (ACYVIA)
COSECHA Y EMPAQUE	
Agua	tap water
Electricidad	electricity, low voltage
Cartón	carton board box production
Plástico	packaging film, low density polyethylene
Sulfato de aluminio	aluminium sulfate, powder
Banaspar	alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical
Alumbre potásico	sulfuric acid

Satisfar	nitrile-compound
Eclipse	dimethyl sulfide

SALIDAS

Envases plásticos	waste polyethylene
Óxido nitroso	Dinitrogen monoxide
Óxidos de nitrógeno	Nitrogen oxides
Amoniaco	Ammonia
Fosfatos	Phosphate
Dióxido de carbono	Carbon dioxide
Diquat dibromide	Paraquat
Glyphosate	Glyphosate
Imidacloprid	Imidacloprid
Azoxystrobin	Azoxystrobin
Metribuzin	Metribuzin
Chlorfenvinphos	Chlorfenvinphos

Fuente: Elaboración propia

ANEXO D

PROCESOS DE PLÁTANO USADOS DE BASES DE DATOS

Procesos de plátano	
Inventario Entradas/Salidas	de Open LCA Ecoinvent database Agribalyse database
SIEMBRA	
Plántula	fruit tree seedling, for planting
Muriato de potasio	potassium chloride, industrial grade
CRECIMIENTO Y NUTRICIÓN	
Ryzup	Butyrolactone
Cytokin	Tetrahydrofuran
CONTROL DE MALEZA Y PLAGAS	
Gramocil	bipyridylium-compound
ENFUNDE	
Fundas curadas	packaging film, low density polyethylene
Corbatin	Plastic film, PA, at plant/RER U (ACYVIA)
Cintas de colores	Plastic film, PA, at plant/RER U (ACYVIA)
RIEGO	
Agua	Irrigation
Electricidad	electricity, low voltage
COSECHA Y EMPAQUE	
Agua	Tap water
Banaspar	alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical
Cartón	carton board box production
Fundas	packaging film, low density polyethylene
SALIDAS	
Envases plásticos	waste polyethylene
Óxido nitroso	Dinitrogen monoxide
Óxidos de nitrógeno	Nitrogen oxides
Amoniaco	Ammonia
Fosfatos	Phosphate
Dioxido de carbono	Carbon dioxide
Diquat dibromide	Paraquat

Fuente: Elaboración propia

ANEXO E

ENTRADAS Y SALIDAS DE BANANO A NIVEL DE CULTIVO

ENTRADAS		
Productos	Unidad funcional	Unidades
Siembra		
Plántula	2,27E+00	Ítem
Solvigo	3,19E-03	Kg
Levany	1,10E-04	Kg
Nutrición		
Cal viva	1,49E+00	Kg
Carbonato de calcio	4,12E-02	Kg
Sulfato de amonio	4,69E+00	Kg
Muriato	1,81E+01	Kg
Urea	5,88E+00	Kg
DAP	1,80E+00	Kg
Nitrato de amonio	7,54E+00	Kg
Sulfato de magnesio	3,15E-01	Kg
Cytokin	1,09E-02	Kg
Kelpak	6,92E-06	Kg
Harvest	2,67E-03	Kg
Micromix	2,18E-03	Kg
Nutriphos	1,06E-04	Kg
Ryzup	1,24E-03	Kg
Control de maleza y plagas		
Fascinate	3,89E-03	Kg
Glyfocor	1,01E-02	Kg
Reglone	9,62E-03	Kg
Cerillo	8,31E-03	Kg
Atta kill	2,43E-04	Kg
Jaspe	1,82E-03	Kg
Seeker	2,36E-02	Kg
Bravo	6,16E-03	Kg
Killer	3,67E-10	Kg
Basta	6,56E-02	Kg
Impulse	1,22E-02	Kg
Siganex	1,18E-02	Kg
Dithane	4,06E-02	Kg
Counter	8,12E-04	Kg
Emulad	1,24E-03	Kg
Daconil	6,09E-03	Kg
Polyram	1,33E-03	Kg
Gasolina (motobombas)	5,65E+00	MJ
Enfunde y protección		
Fundas	1,18E+00	Kg
Protectores	9,95E-01	Kg
Corbatín	3,75E-01	Kg
Cintas de colores	1,30E-02	Kg

Zunchos	2,00E-01	Kg
Riego		
Agua	9,02E+01	m ³
Diésel	3,50E+02	MJ
Aceite	5,37E-02	Kg
Aspersores	1,55E-02	Kg

SALIDAS

Productos	Unidad funcional	Unidades
Banano	1,00	Ton
Waste polyethylene	1,08E+00	Kg
Flujos elementales		
Dinitrogen monoxide	1,00E-01	Kg
Nitrogen oxides	2,10E-02	Kg
Ammonia	1,73E-01	Kg
Nitrate	7,27E-02	Kg
Phosphate	2,06E-03	Kg
Carbon dioxide	4,98E+00	Kg
Glufosinate ammonium	7,56E-05	Kg
Glyphosate	1,77E-03	Kg
Diquat dibromide	2,76E-03	Kg
Diquat dibromide	2,38E-03	Kg
Triflusulfuron-methyl	7,18E-06	Kg
Imidacloprid	4,87E-04	Kg
Fenpropidin	4,74E-03	Kg
Chlorothalonil	1,02E-03	Kg
Diquat dibromide	1,04E-10	Kg
Glufosinate ammonium	1,27E-03	Kg
Spirotetramat	2,28E-04	Kg
Pyridate	2,52E-04	Kg
Manconzeb	7,33E-04	Kg
Terbutylazine	1,95E-04	Kg
Chlorothalonil	1,01E-03	Kg
Metiram	2,39E-05	Kg
Thiamethoxam	5,66E-04	Kg
Prochloraz	3,27E-03	Kg
Prochloraz	6,14E-04	Kg
Prochloraz	4,72E-04	Kg

Fuente: Elaboración propia

ANEXO F

ENTRADAS Y SALIDAS DE BANANO EMPACADO

ENTRADAS		
Productos	Unidad funcional	Unidades
Agua	4,04E+02	Kg
Energía eléctrica	1,59E+01	Kwh
Detergente	1,24E-02	Kg
Cloro granulado	1,68E-03	Kg
Sanitox	4,55E-02	Kg
Bacter amonium	5,71E-02	Kg
Cartón	7,08E+01	Kg
Fundas plásticas	2,00E+00	Kg
Banarox	1,01E-02	Kg
Cochibiol	2,41E-02	Kg
Texbana	2,57E-04	Kg
Biolatex	7,10E-02	Kg
Sulfato de aluminio	4,90E-02	Kg
Mertec	1,24E-02	Kg
Fungaflor	2,33E-03	Kg
Alumbre	1,25E-01	Kg
Cosmo agua	3,63E-05	Kg
Ácido cítrico	1,53E-03	Kg
Magnate	1,79E-03	Kg
Banano	1,00E+03	Kg
SALIDAS		
Productos	Unidad funcional	Unidades
Producto empacado (Banano)	1,00	Ton
Tallos	4,78E+02	Kg

Fuente: Elaboración propia

ANEXO G

ENTRADAS Y SALIDAS DEL ORITO A NIVEL DE CULTIVO

ENTRADAS		
Productos	Unidad funcional	Unidades
Siembra		
Plántula o cepa	4,99E-01	Ítem
Phyton	1,41E-02	Kg
Rugby	2,50E-02	Kg
Cal viva	1,68E-01	Kg
Nutrición		
Phyllum max	5,43E-01	Kg
Fertibanano	7,40E+01	Kg
Control de maleza y plagas		
Gramoxone	5,01E-01	Kg
Urea	5,24E+00	Kg
Phyton		Kg
Mastercop	1,54E-01	Kg
Galil	1,41E-01	Kg
Enfunde y protección		
Fundas	3,60E+00	Kg
Cintas de colores	1,83E-01	Kg
SALIDAS		
Productos	Unidad funcional	Unidades
Orito	1,00	Ton
Waste polyethylene	1,28E+00	Kg
Flujos elementales		
Dinitrogen monoxide	3,44E-03	Kg
Nitrogen oxides	7,23E-04	Kg
Ammonia	2,42E-02	Kg
Phosphate	8,48E-06	Kg
Carbon dioxide	7,38E-02	Kg
Diquat dibromide	1,44E-01	Kg
Glyphosate	2,69E-02	Kg
Imidacloprid	3,77E-02	Kg
Azoxystrobin	1,79E-02	Kg
Metribuzin	2,17E-04	Kg
Glyphosate	2,47E-03	Kg
Chlorfenvinphos	3,87E-03	Kg

Fuente: Elaboración propia

ANEXO H

ENTRADAS Y SALIDAS DEL ORITO EMPACADO

ENTRADAS		
Productos	Unidad funcional	Unidades
Agua	1,60E+03	Kg
Electricidad	3,94E+01	Kwh
Cartón	1,90E+02	Kg
Plástico	5,24E+00	Kg
Sulfato de aluminio	1,16E+00	Kg
Banaspar	6,48E-02	Kg
Alumbre potásico	2,91E-01	Kg
Satisfar	8,02E-02	Kg
Eclipse	5,04E-03	Kg
Orito	1,00E+03	Kg
SALIDAS		
Productos	Unidad funcional	Unidades
Producto empacado (Orito)	1,00	Ton

Fuente: Elaboración propia

ANEXO I

ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLÁTANO A NIVEL DE CULTIVO

ENTRADAS		
Productos	Unidad funcional	Unidades
Siembra		
Plántula	4,25E-01	Ítem
Muriato de potasio	7,22E-02	Kg
Nutrición		
Ryzup	4,82E-03	Kg
Cytokin	1,03E+01	Kg
Urea	2.83E+00	Kg
Control de maleza y plagas		
Gramocil	3,70E-01	Kg
Enfunde y protección		
Fundas curadas	4,04E-01	Kg
Corbatín	7,29E+00	Kg
Cintas de colores	7,08E-01	Kg
Riego		
Agua	3,06E+02	Kg
Electricidad	8,24E+01	Kwh
SALIDAS		
Productos	Unidad funcional	Unidades
Platano	1,00	Ton
Waste polyethylene	3,47E-01	Kg
Flujos elementales		
Dinitrogen monoxide	5,02E-03	Kg
Nitrogen oxides	1,05E-03	Kg
Ammonia	3,76E-02	Kg
Phosphate	8,48E-06	Kg
Diquat dibromide	1,06E-01	Kg

Fuente: Elaboración propia

ANEXO J

ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLÁTANO EMPACADO

ENTRADAS		
Productos	Unidad funcional	Unidades
Agua	5,75E+03	Kg
Banaspar	1,44E+00	Kwh
Cartón	5,52E+01	Kg
Fundas	1,56E+00	Kg
Platano	9,43E+02	Kg

SALIDAS		
Productos	Unidad funcional	Unidades
Producto empacado (Platano)	1,00	Ton

Fuente: Elaboración propia