



Huella



Entregables 4, 5, 6

Swisscontact



Estimación de Huella de Carbono Corporativa del Licor y la Cobertura de cacao en las dos cadenas productivas de cacao y derivados en zonas prioritizadas por el Programa C+C.



Patiyala

Soluciones sostenibles



Informe de entrega de resultados de procesamiento.

Objeto

Implementar Protocolos de estimación de Huella de carbono corporativa **HuellaX** en las dos cadenas productivas del Licor y Cobertura de cacao en zonas priorizadas por el Programa C+C: Antioquia (Llanos de Cuivá y Valdivia) y en Tolima (Mariquita y Planadas), que permitan analizar de forma independiente el impacto en captura – emisiones de carbono en cada uno de los cinco eslabones: Producción, Post cosecha, Compra, venta – acopio, Transformación y Logística puestos en Europa, que permitan determinar los valores y niveles de emisión-Captura en los eslabones priorizados.

Alcance

Aplica a cada uno de los eslabones de dos cadenas de cacao priorizadas, vinculando productores, centrales de beneficio, plantas de transformación, y transporte interno e internacional. El Licor de cacao exportado proviene de la cadena productiva de Antioquia y del departamento del Tolima se exporta Licor y/o Cobertura de cacao.

Marco Teórico

CAMBIO CLIMÁTICO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

El cambio climático es uno de los mayores desafíos ambientales de nuestra era, provocado principalmente por las crecientes concentraciones de **gases de efecto invernadero (GEI)** en la atmósfera. Los GEI, como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), contribuyen al calentamiento global al atrapar el calor en la atmósfera, alterando los patrones climáticos y afectando tanto a los ecosistemas como a las actividades humanas.

En este contexto, las industrias tienen una responsabilidad fundamental en la reducción de las emisiones de GEI. La industria alimentaria, y específicamente la producción de productos de alto valor como el chocolate, debe ser consciente de su impacto ambiental. El monitoreo de las emisiones de GEI a lo largo de toda la cadena de suministro y durante la elaboración de productos finales es esencial para implementar estrategias de reducción y promover un desarrollo sostenible.

Cadena de Valor del Chocolate y Su Huella de Carbono

El chocolate, como producto final, implica una cadena de producción compleja que incluye varias etapas, desde la **producción del cacao** hasta la **distribución y comercialización** del producto. Cada una de estas etapas puede generar emisiones significativas de GEI:

- **Cultivo de cacao:** El uso de tierras agrícolas, la deforestación para el cultivo y la gestión del suelo contribuyen a emisiones de CO₂ y CH₄. La agricultura intensiva y las malas prácticas de gestión del suelo pueden exacerbar las emisiones.
- **Transporte de materias primas:** Los procesos de transporte, especialmente cuando se involucra transporte internacional, generan emisiones de CO₂ relacionadas con el uso de combustibles fósiles.
- **Procesamiento del cacao:** En las fábricas, las emisiones provienen del consumo de energía eléctrica, el uso de combustibles para el secado, tostado y refinación de los granos, y otros procesos industriales.
- **Embalaje y distribución del producto final:** El uso de materiales no reciclables y el transporte de productos terminados a través de largas distancias contribuyen a la huella de carbono del chocolate.

Medir las emisiones de GEI en cada una de estas etapas permite identificar las áreas con mayores impactos ambientales y establecer estrategias de mitigación.

Medición de Emisiones de GEI en el Producto Final

La **huella de carbono de un producto** es una métrica utilizada para cuantificar la cantidad total de GEI emitidos durante el ciclo de vida de un producto, desde la extracción de materias primas hasta el final de su vida útil (producción, transporte, consumo y desecho). En el caso del chocolate, medir las emisiones asociadas con el producto final tiene varias ventajas:

- **Transparencia y responsabilidad corporativa:** Las empresas que miden y divulgan su huella de carbono pueden mostrar a los consumidores y accionistas su compromiso con la sostenibilidad. La transparencia en los impactos ambientales ayuda a construir una marca más responsable y confiable.
- **Cumplimiento normativo:** A medida que los gobiernos implementan regulaciones más estrictas para reducir las emisiones de GEI, las empresas deben cumplir con estas normativas y realizar reportes de sostenibilidad. Además, los acuerdos internacionales como el **Acuerdo de París** obligan a las industrias a buscar la reducción de emisiones en sus operaciones.
- **Mejora de la eficiencia energética y reducción de costos:** Al identificar las fuentes principales de emisiones, las empresas pueden optimizar los procesos de producción para ser más eficientes. Esto puede llevar a la reducción de costos operativos relacionados con el uso de energía y materias primas.
- **Acceso a mercados sostenibles:** Los consumidores, cada vez más conscientes de las cuestiones ambientales, prefieren productos que tengan un bajo impacto en

el medio ambiente. Medir y reducir la huella de carbono de un producto como el chocolate puede abrir puertas a nuevos mercados que valoran la sostenibilidad.

Normativas y Estándares Internacionales para la Medición de Emisiones de GEI.

Existen varias normativas y estándares internacionales que las empresas pueden adoptar para medir y gestionar las emisiones de GEI. Entre los más relevantes están:

- **Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol):** Es uno de los estándares más reconocidos a nivel mundial para la contabilización y reporte de GEI. Define pautas para medir las emisiones a nivel corporativo y de productos específicos.
- **ISO 14064:** Esta norma internacional proporciona requisitos para la cuantificación y verificación de emisiones de GEI. Ayuda a las empresas a medir su huella de carbono y a desarrollar estrategias para reducirla.
- **Análisis de Ciclo de Vida (ACV):** Una metodología clave para medir la huella de carbono de un producto es el ACV, que evalúa los impactos ambientales de un producto a lo largo de todas las etapas de su ciclo de vida, desde la extracción de recursos hasta la disposición final.

Beneficios de la Medición de Emisiones de GEI en la Producción de Chocolate

La medición de emisiones de GEI asociadas con la producción de chocolate no solo es una necesidad ambiental, sino también una estrategia empresarial clave. Los beneficios incluyen:

- **Mitigación del cambio climático:** Al identificar las principales fuentes de emisiones, las empresas pueden implementar medidas para reducirlas, contribuyendo así a la lucha contra el cambio climático global.
- **Innovación en procesos productivos:** La búsqueda de prácticas más sostenibles puede impulsar la innovación en el uso de energías renovables, tecnologías de procesamiento más limpias, y materiales de embalaje ecológicos.
- **Ventaja competitiva:** La medición y reducción de la huella de carbono permite a las empresas diferenciarse en un mercado global cada vez más competitivo y orientado a la sostenibilidad. Los consumidores valoran cada vez más productos que respetan el medio ambiente.
- **Preparación para el futuro:** Con el endurecimiento de las políticas ambientales y el creciente costo del carbono en los mercados internacionales, las empresas que ya han medido y reducido sus emisiones están mejor posicionadas para adaptarse a futuras regulaciones.

PROTOCOLO GHG (GREENHOUSE GAS)

Se define este Protocolo, normativa y estándar internacional para la estimación de Huella de carbono corporativa **Huella** en las dos cadenas productivas del Licor y Cobertura de cacao en zonas priorizadas por el Programa C+C.

El Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) es el estándar internacional más utilizado para la medición, gestión y reporte de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Fue desarrollado por el World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) en el año 1998, con el objetivo de proporcionar una guía estructurada y coherente para que las organizaciones puedan contabilizar sus emisiones de GEI de manera transparente y precisa.

El GHG Protocol es utilizado tanto por organizaciones del sector privado como público, así como por gobiernos, ONGs y otras partes interesadas para medir y reportar emisiones de GEI. Este protocolo facilita la estandarización de la metodología de medición, permitiendo comparaciones más claras entre diferentes organizaciones y sectores, y ayuda a cumplir con normativas ambientales globales, **como el Acuerdo de París** y otros compromisos de reducción de emisiones.

El protocolo se divide en varias normas y herramientas que permiten medir las emisiones a nivel organizacional (corporativo) o a nivel de producto. Algunas de las más importantes incluyen:

- **GHG Protocol Corporate Standard:** Para medir las emisiones de una organización en su totalidad.
- **GHG Protocol Product Life Cycle Standard:** Para medir la huella de carbono de productos individuales.
- **GHG Protocol for Project Accounting:** Para medir las emisiones reducidas en proyectos específicos de mitigación.

1 Definición del Alcance y Límites de la Evaluación

Para aplicar correctamente el GHG Protocol, una organización debe comenzar definiendo el alcance de las emisiones que va a medir. Existen **tres alcances** (scopes) principales definidos por el protocolo, los cuales permiten clasificar las fuentes de emisión:

- **Alcance 1 (Scope 1):** Emisiones directas.
 - Se refiere a las emisiones directas de GEI que provienen de fuentes que son propiedad o están controladas por la organización, como la quema de combustibles en calderas, vehículos de la empresa, maquinaria, etc. Ejemplos incluyen las emisiones de CO₂ provenientes de la combustión de gas natural en la sede de la empresa o de la gasolina utilizada en la flota de vehículos corporativos.
- **Alcance 2 (Scope 2):** Emisiones indirectas por consumo de energía.

- Se refiere a las emisiones indirectas asociadas al consumo de energía comprada por la organización, como la electricidad, calor o vapor. Aunque estas emisiones no son generadas directamente por la empresa, están asociadas con la generación de energía que la empresa consume. Por ejemplo, las emisiones derivadas de la electricidad comprada a una red de energía nacional.
- **Alcance 3 (Scope 3):** Otras emisiones indirectas.
 - Incluye todas las demás emisiones indirectas que ocurren en la cadena de valor de la empresa y que no están controladas directamente por la organización. Esto abarca actividades como el transporte de mercancías por terceros, el uso de productos vendidos por los consumidores, los viajes de negocios de los empleados, la disposición de residuos y las emisiones generadas por proveedores. Es el alcance más amplio y complejo de medir, ya que involucra la interacción con otras empresas y proveedores en toda la cadena de suministro.

2 Cuantificación de las Emisiones

Una vez que se define el alcance, el siguiente paso es la cuantificación de las emisiones de GEI, lo que implica:

- **Identificación de las fuentes de emisión:** Se identifican todas las actividades que generan emisiones dentro de los límites organizacionales y de producto establecidos. Para Alcance 1, estas fuentes incluyen máquinas y equipos usados en la producción e industrialización y vehículos de transporte de materias primas y producto. Para Alcance 2, se consideran fuentes de electricidad o energía comprada para accionamiento de máquinas y equipos, y para Alcance 3, se revisan las cadenas de suministro, y transporte nacional e internacional de producto final.
- **Medición directa o estimación:** Las emisiones de GEI se pueden medir de manera directa (cuando es posible) utilizando equipos especializados, o se pueden calcular usando datos de consumo de recursos, como la cantidad de combustible utilizado, el consumo de electricidad, los viajes de empleados, etc. En este punto, se aplican **factores de emisión**, que son coeficientes utilizados para convertir las actividades (por ejemplo, el uso de un litro de gasolina) en cantidades de emisiones de GEI (por ejemplo, kilogramos de CO₂e). En este caso, se usan como referencia las estipulaciones del IPCC 2006 y actualización de 2019.
- **Cálculo en términos de CO₂ equivalente (CO₂e):** Todas las emisiones de GEI (incluyendo gases como CH₄ y N₂O) se convierten en **dióxido de carbono equivalente (CO₂e)**, utilizando su **Potencial de Calentamiento Global (GWP)**, para poder comparar y sumar las emisiones de diferentes gases. El CO₂e es la métrica que permite expresar el impacto de diversos GEI en términos equivalentes al CO₂.

3 Reporte de Emisiones y Verificación

Una vez cuantificadas las emisiones de GEI, la información es reportada en sus resultados de manera clara y transparente. El GHG Protocol recomienda que el reporte incluya:

- **Desglose de emisiones por Alcance:** Es necesario reportar las emisiones separadamente para los Alcances 1, 2 y 3, proporcionando claridad sobre dónde se generan las emisiones en la organización.
- **Progresos hacia metas de reducción:** Si la organización tiene metas de reducción de emisiones, se deben incluir los avances realizados hacia esas metas, junto con las acciones implementadas para mitigar las emisiones.

4 Beneficios del GHG Protocol

1. **Estandarización y Comparabilidad:** El GHG Protocol proporciona un marco estándar que permite a las empresas y gobiernos comparar de manera coherente sus emisiones con las de otras organizaciones o regiones.
2. **Mejora de la Eficiencia Operativa:** Al identificar las principales fuentes de emisiones, las organizaciones pueden optimizar sus procesos y reducir costos a través de una mayor eficiencia energética y mejores prácticas operativas.
3. **Cumplimiento Regulatorio:** El uso del GHG Protocol facilita el cumplimiento de regulaciones ambientales, especialmente en países donde se han implementado políticas estrictas de reducción de GEI.
4. **Sostenibilidad Corporativa:** Las organizaciones que implementan el GHG Protocol pueden demostrar un compromiso real con la sostenibilidad, lo que mejora su reputación ante consumidores, inversores y otras partes interesadas.

EL CULTIVO DE CACAO Y SU SOSTENIBILIDAD

El cultivo y la cadena productiva del cacao en Colombia tienen una importancia significativa frente a la sostenibilidad del país, tanto desde el punto de vista económico, social como ambiental. Este sector juega un papel clave en la reducción de la pobreza rural, la conservación del medio ambiente, la sustitución de cultivos ilícitos y el desarrollo económico sostenible en comunidades que históricamente han estado marginadas o afectadas por conflictos.

Impacto Económico Sostenible

El cacao es uno de los productos agrícolas más importantes para Colombia, con una creciente demanda internacional. Su producción genera ingresos para miles de familias rurales, especialmente en zonas como Santander, Antioquia, Nariño, Arauca, y Norte de Santander, entre otras. El cacao colombiano es reconocido por su alta calidad, lo que ha

permitido que el país se posicione como un exportador clave de cacao fino y de aroma en los mercados internacionales.

- **Generación de empleo:** La cadena productiva del cacao, desde el cultivo hasta la comercialización, genera miles de empleos directos e indirectos en zonas rurales, proporcionando medios de vida a comunidades rurales.
- **Diversificación de la economía rural:** El cacao ofrece una alternativa a otros cultivos de menor valor económico o incluso a cultivos ilícitos, lo que ha sido clave en algunas regiones del país en la transición hacia economías lícitas y sostenibles.
- **Desarrollo de pequeños productores:** La producción de cacao en Colombia está dominada por pequeños productores, lo que hace que el cacao sea un motor clave para la economía familiar rural. El fortalecimiento de cooperativas y asociaciones de cacaoteros ha permitido un mayor acceso a mercados internacionales y mejores condiciones para los agricultores.

Sostenibilidad Ambiental

El cultivo de cacao es uno de los cultivos más compatibles con la sostenibilidad ambiental, debido a sus características agroforestales. A diferencia de otros cultivos intensivos, el cacao puede ser cultivado en sistemas que promueven la conservación de la biodiversidad y la recuperación de ecosistemas

- **Agroforestería y conservación de la biodiversidad:** El cacao en Colombia se cultiva frecuentemente en sistemas agroforestales, es decir, bajo la sombra de árboles nativos o en asociación con otros cultivos, lo que ayuda a mantener la biodiversidad y mejorar la salud del suelo. Esto también reduce la necesidad de deforestación, contribuyendo a la conservación de los bosques tropicales.
- **Mitigación del cambio climático:** Los sistemas agroforestales de cacao pueden actuar como sumideros de carbono, ayudando a capturar CO₂ y mitigar los efectos del cambio climático. Además, estos sistemas ayudan a reducir la erosión del suelo y conservar los recursos hídricos, lo que es crucial en un país con una rica biodiversidad y ecosistemas sensibles como Colombia.
- **Producción orgánica y sostenible:** En Colombia, ha habido un aumento en la producción de cacao orgánico y bajo prácticas sostenibles, lo que responde a la demanda de consumidores más conscientes en mercados globales. Esto incluye el uso de técnicas agrícolas que minimizan el uso de químicos y promueven la salud del ecosistema.

Sostenibilidad Social y Construcción de Paz

El cacao tiene un papel esencial en la transformación social de regiones que han sido afectadas por la violencia y el conflicto armado en Colombia. Es una herramienta de desarrollo que contribuye a la construcción de paz y la estabilidad en zonas que antes dependían de economías ilícitas o estaban afectadas por el desplazamiento forzado.

- **Sustitución de cultivos ilícitos:** En muchas zonas afectadas por el narcotráfico, el cacao ha sido promovido como un cultivo de sustitución. Esto no solo proporciona una fuente de ingresos lícitos a los agricultores, sino que también contribuye a la estabilidad social y la reducción de la violencia asociada con la producción de drogas.
- **Construcción de paz y cohesión social:** La producción de cacao ha sido una herramienta clave en programas de **Desarrollo Alternativo**, donde se han creado oportunidades para comunidades marginadas y excombatientes, promoviendo la integración económica y social. El cacao es visto como un cultivo "pacífico", ya que no está asociado con conflictos sociales o ambientales significativos.
- **Empoderamiento de comunidades:** Las cooperativas y asociaciones de productores de cacao han fortalecido el tejido social en comunidades rurales, promoviendo la participación comunitaria, el liderazgo local y el desarrollo económico colectivo. Además, muchas de estas cooperativas se han enfocado en promover prácticas agrícolas sostenibles y comercio justo, lo que ha beneficiado tanto a los agricultores como al medio ambiente.

Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

El cacao colombiano también tiene un impacto directo en la consecución de varios **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)** establecidos por la ONU. Entre ellos destacan:

- **ODS 1 (Fin de la Pobreza):** La producción de cacao mejora los ingresos de las familias rurales y contribuye a la reducción de la pobreza en áreas rurales.
- **ODS 8 (Trabajo Decente y Crecimiento Económico):** La cadena productiva del cacao fomenta la creación de empleos dignos y sostenibles en el sector rural.
- **ODS 12 (Producción y Consumo Responsables):** El fomento de prácticas de producción de cacao sostenible ayuda a reducir el impacto ambiental y promueve un uso eficiente de los recursos.
- **ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres):** Al ser un cultivo que se asocia con sistemas agroforestales y la conservación de los suelos, el cacao contribuye a la conservación de los ecosistemas terrestres y la biodiversidad.

Desafíos para la Sostenibilidad del Cacao en Colombia

A pesar de sus múltiples beneficios, el cultivo de cacao en Colombia enfrenta varios desafíos que deben abordarse para asegurar su sostenibilidad a largo plazo:

- **Cambio climático:** El cacao es particularmente vulnerable a los cambios en las condiciones climáticas, como el aumento de las temperaturas, las lluvias irregulares y la mayor incidencia de plagas y enfermedades. Esto puede afectar tanto los rendimientos como la calidad del cacao colombiano.

- **Acceso a mercados y financiamiento:** Muchos pequeños productores de cacao enfrentan dificultades para acceder a mercados internacionales y a financiamiento para mejorar sus procesos productivos o adoptar tecnologías más sostenibles. Esto limita su capacidad para aumentar su competitividad y eficiencia.
- **Deforestación y uso de la tierra:** Si bien el cacao tiene un potencial de cultivo amigable con el medio ambiente, existe el riesgo de que la expansión de la producción conduzca a la deforestación si no se manejan adecuadamente las políticas de uso del suelo. La expansión descontrolada del cultivo podría contradecir los objetivos de sostenibilidad ambiental.

CAPTURA DE CARBONO EN SISTEMAS PRODUCTIVOS.

El incremento en la concentración de dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera desde el inicio de la era industrial ha provocado un aumento en la temperatura media del orden del 0,6 °C, lo que ha inducido cambios en los procesos climáticos, con consecuencias negativas tanto biológicas como económicas y sociales (PNUMA, 2003). Se acepta que casi un 20% de las emisiones de CO₂ provienen de la eliminación y degradación de los ecosistemas forestales, de manera que la interrupción de la deforestación y el restablecimiento de la cobertura forestal a través de la reforestación y manejo sostenible del bosque natural implica recapturar el CO₂ atmosférico y mitigar el calentamiento global.

Para las estimaciones en biomasa, se tienen dos acepciones: a) Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen; y b) Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Para el propósito de esta guía se adapta la segunda acepción y se refiere a la biomasa forestal, constituida por las hojas, ramas, troncos y raíces de los árboles y arbustos en un sistema forestal, ya sea un bosque natural o una plantación o en un sistema agroforestal, los que transforman la energía radiante del sol en energía química a través del proceso de la fotosíntesis, y fijan CO₂ de la atmósfera en forma de hidratos de carbono en su biomasa.

Para determinar la biomasa de una plantación forestal o un bosque natural existen métodos destructivos directos y no destructivos por medio de mediciones de volumen. El método destructivo más simple consiste en cortar los árboles en una parcela de área conocida y pesar la biomasa de los fustes, ramas y hojas directamente, determinando posteriormente su peso seco. En los métodos no destructivos se hace una estimación de la biomasa por medio de cálculos del volumen a partir de mediciones directas en el campo, donde se calcula la densidad de la plantación (número de árboles por hectárea), se miden los diámetros y altura de los árboles y se calcula el área basal. También se puede calcular biomasa y posteriormente carbono por medio de modelos basados en análisis de regresión entre las variables colectadas en el terreno o en inventarios forestales y sus correspondientes variables dependientes de biomasa.

El CO₂ existe naturalmente en la atmósfera, pero la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) está liberando el carbono almacenado en éstos a una velocidad sin precedentes. De igual forma, la deforestación libera el carbono almacenado en los árboles. Las emisiones anuales de esta fuente actualmente llegan a 23 mil millones de toneladas métricas, que representan el 1% de la masa total de CO₂ que existe en la

atmósfera (PNUMA, 2003).

Los proyectos forestales que se consideran para mitigar las concentraciones de GEI en la atmósfera se agrupan en tres tipos: a) Proyectos de conservación de carbono: orientados al control de las tasas de deforestación, protección de bosques, manejo forestal mejorado y control de incendios forestales; b) Proyectos de captura de carbono: como las plantaciones forestales, que generan adicionalidad al incrementar la superficie cubierta por bosques y la biomasa mediante forestación, reforestación, agroforestería y enriquecimiento de bosques naturales degradados; y c) Proyectos de sustitución de carbono: relacionados con actividades específicas para generar bioenergía que permitan el reemplazo de combustibles fósiles. (Russo, 2009).



Metodología



Teniendo en cuenta los diferentes actores y eslabones de la cadena de valor de cacao acordada e identificada, se presentan los siguientes pasos para dar cumplimiento al cronograma presentado y para evidenciar las actividades desarrolladas hasta la entrega del presente informe.

Con el objetivo de determinar el concepto de huella de carbono de producto, el presente análisis se realiza a partir de la determinación, medición y procesamiento de niveles de emisión en los eslabones de la cadena de valor priorizada y sus factores de emisión a partir de lo determinado por **los alcances del Protocolo GHG**. La mitigación de los impactos generados por las emisiones se confrontará con los niveles de captura de carbono realizado por los sistemas productivos de cacao existentes en cada uno de los territorios priorizados, con el fin de identificar la importancia de las actividades productivas, como factor determinante en la compensación y mitigación de impactos generados por emisiones, y confrontar la capacidad de reducir impactos en la cadena de valor.

A partir de los valores de emisión de los eslabones, se dejarán observaciones y recomendaciones, con el fin de ser tenidas en cuenta por cada uno de los actores, tanto en su implementación como sistema de monitoreo y seguimiento continuo, con el fin que los valores obtenidos, sean confrontables a futuro, para obtener diferenciales y determinar si los niveles de emisión han aumentado o disminuido a través de las unidades de tiempo de implementación y funcionamiento de medidas de reducción.

Por lo anterior, desde el proceso metodológico, iniciamos con la **identificación de emisiones por eslabón y factores en la cadena de valor** (Ilustración 1).

1 Identificación de Fuentes de Emisión GEI:

Se realizó un inventario exhaustivo para identificar todas las fuentes potenciales de emisiones de GEI dentro de la organización y en su cadena de valor. Para dar cumplimiento a este paso, se realizaron las visitas personalizadas a cada uno de los actores referenciados, con el fin de realizar contactos iniciales, determinar entregables y responsables, y levantar información primaria, para avanzar en la identificación de los principales factores de emisión y valores promedio de consumos y fuentes.

A continuación, se referencia esquema de la cadena de valor priorizada, junto con actores por eslabón:

Ilustración 1. Cadena de cacao priorizada y actores relevantes.



Fuente: Autor.

Para esta actividad, se visitaron los siguientes actores/eslabones.

- ✓ **Sistemas productivos de Cacao:** Unidades productivas de cacao, bajo modelos de producción agroforestal con tendencia a producción orgánica en los municipios de Planadas y Mariquita en Tolima, y Valdivia en Antioquia.
- ✓ **Centrales de beneficio de grano:** Centros de beneficio de asociaciones y cooperativas referidos en los Departamentos de Tolima y Antioquia, junto a algunos beneficiaderos individuales intraprediales.

- ✓ **Planta Llanos de Cuivá – CHOCOLATE COLOMBIA**: Planta procesadora de productos a base de cacao como licor de cacao y chocolatería fina.
- ✓ **FM Chocolates**: Maestros chocolateros expertos en desarrollo de producto Con 20 años de experiencia, basados en la automatización e industrialización de la transformación del cacao del grano al producto final.
- ✓ **Mountain Food**: Compañía dedicada a la fabricación y comercialización de productos alimenticios que, con excelente calidad, innovación y un alto valor nutricional, contribuimos a la salud, bienestar y satisfacción de nuestros consumidores.

La información tomada en cada uno de los actores se basó en la **identificación de cada uno de los procesos de transformación** de grano de cacao hasta la obtención de Licor de cacao y cobertura de chocolate en baches, priorizando los **niveles de rendimiento y potencias de cada uno de los factores de emisión**, con el objetivo de identificar consumos específicos por unidad de producto. Cada uno de estos consumos, se extrapolo y **estandarizo en baches de 500 kg**, como unidad de medida estándar, y así permitir identificar de forma homogénea, valores de emisión de forma tanto individual y como encadenada. Para la estandarización de los baches de producto, se tuvieron en cuenta valores aproximados de mermas generadas en cada uno de los procesos, teniendo en cuenta, pérdidas de peso y volumen en algunos procesos de la cadena.

Para la determinación de las mermas o reducciones de peso y volumen a través de la cadena de valor, se determinó a partir de conocimiento teórico-práctico, que para la obtención de un bache de 500 kilogramos al final del proceso, se hace necesario la producción de aproximadamente **1.400 kg de frutos de cacao**, ya que, con la reducción en los **procesos de beneficio (60-65%)**, **obtención de licor (10-15%)**, y aumentos por adiciones de producto en **cobertura (2%)**, permitiría obtener las cantidades promedio al final de la cadena en las cantidades de análisis. Al tener en cuenta los promedios de producción establecidos por las unidades productivas visitadas y reportadas, esta producción se podría obtener en unas, aproximadamente, dos hectáreas (**2 Ha**).

2. Medición y Cálculo GEI:

Para realizar el proceso de organización de la información, se tiene en cuenta la estructura determinada por el **Protocolo GHG**, el cual, es un estándar internacionalmente reconocido para la contabilización y reporte de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por parte de las organizaciones. Este protocolo ofrece una metodología detallada para medir, gestionar y reportar las emisiones de GEI de manera precisa y transparente, facilitando así la comparación y la rendición de cuentas entre diferentes organizaciones.

El protocolo divide las emisiones en tres categorías, con el objetivo de priorizar y

dividir la información para optimizar su procesamiento, definiendo los siguientes alcances.

- **Alcance 1:** Emisiones directas de GEI de fuentes que son propiedad o están controladas por la organización (por ejemplo, la quema de combustibles en calderas o vehículos).

- **Alcance 2:** Emisiones indirectas asociadas con la generación de electricidad, calefacción o refrigeración comprada que la organización consume.

- **Alcance 3:** Otras emisiones indirectas que ocurren en la cadena de valor de la organización, tanto aguas arriba como aguas abajo (por ejemplo, emisiones asociadas con la cadena de suministro, viajes de negocios y desechos generados).

Teniendo en cuenta lo evidenciado en cada una de las visitas realizadas, y lo reportado por los diferentes actores de la cadena de valor priorizada, se presenta la información organizada de los principales factores de emisión, basados en los alcances determinados.

Como herramienta para capturar y obtener la información para cada uno de los actores visitados, se utilizó un formato matriz estándar en programa Excel, donde se recopiló la información en forma coherente y ordenada, con el fin de facilitar su procesamiento y diligenciamiento en campo. Este formato corresponde a creación propia de **HuellaX**.

Para la determinación de los factores de emisión relevantes, se realizó un cruce de los actores y eslabones de la cadena de cacao priorizada, frente a los alcances que determinan el tipo de emisión referida para cada actividad (Tabla 1.).

Tabla 1. Determinación de factores de emisión frente a eslabones de cadena.

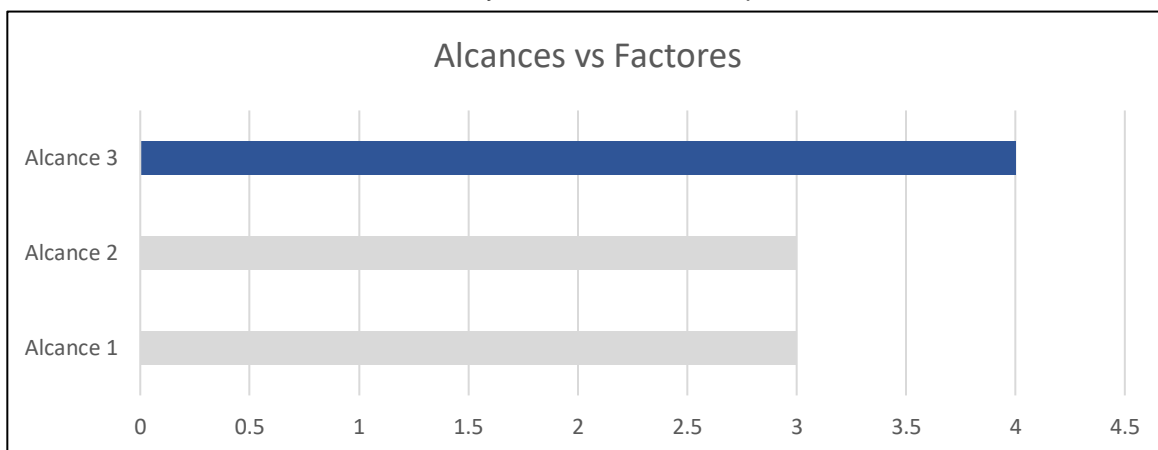
| Actor/Eslabón | Actividad generadora | Emisiones Alcance 1 | | | | Emisiones Alcance 2. | Alcance 3. Otras emisiones |
|---------------------------|---|---------------------|------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------------|
| | | Combustión fija | Combustión móvil | emisiones de proceso | Emisiones Fugitivas | Electricidad | Contratadas/ terceros |
| Productores | Uso de agro insumos, combustión de madera, gestión de residuos, uso de máquinas y equipos | X | - | - | - | X | X |
| Centrales de beneficio | Fermentación, energía eléctrica, transporte. | - | - | - | - | X | |
| Transporte | Consumo de combustibles fósiles | X | - | - | - | | X |
| Plantas de transformación | Energía para equipos e iluminación, transporte interno de producto. | X | - | - | - | X | - |

| | | | | | | | |
|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Transporte interno Aduana | Consumo de combustibles fósiles, energía y iluminación y refrigeración. | - | - | - | - | - | X |
| Transporte externo internacional | Consumo de combustibles fósiles. | - | - | - | - | - | X |

Se puede evidenciar que, para la medición de la huella de producto, se tendrán en cuenta factores de emisión incluidos en los 3 alcances propuestos, siendo los más relevantes La **combustión fija para el alcance 1**, **Electricidad consumida para el alcance 2** y **emisiones de terceros para el alcance 3**. Por lo anterior, se hace relevante que, teniendo en cuenta los múltiples actores que hay en la cadena del producto seleccionado, se deben verificar y validar adecuadamente los valores de consumo reales y promedios de los factores determinados, junto con la selección adecuada de coeficientes aplicables.

Desde el punto de vista de los alcances, se puede evidenciar que el que cuenta mayor incidencia frente a las actividades de cada eslabón identificado es el **Alcance 3**, relacionándose con cuatro (4) factores (Gráfico 1), lo que demuestra la relevancia de las emisiones tercerizadas, en este caso, provenientes del transporte.

Gráfico 1. Relación de alcances y factores de emisión priorizados.



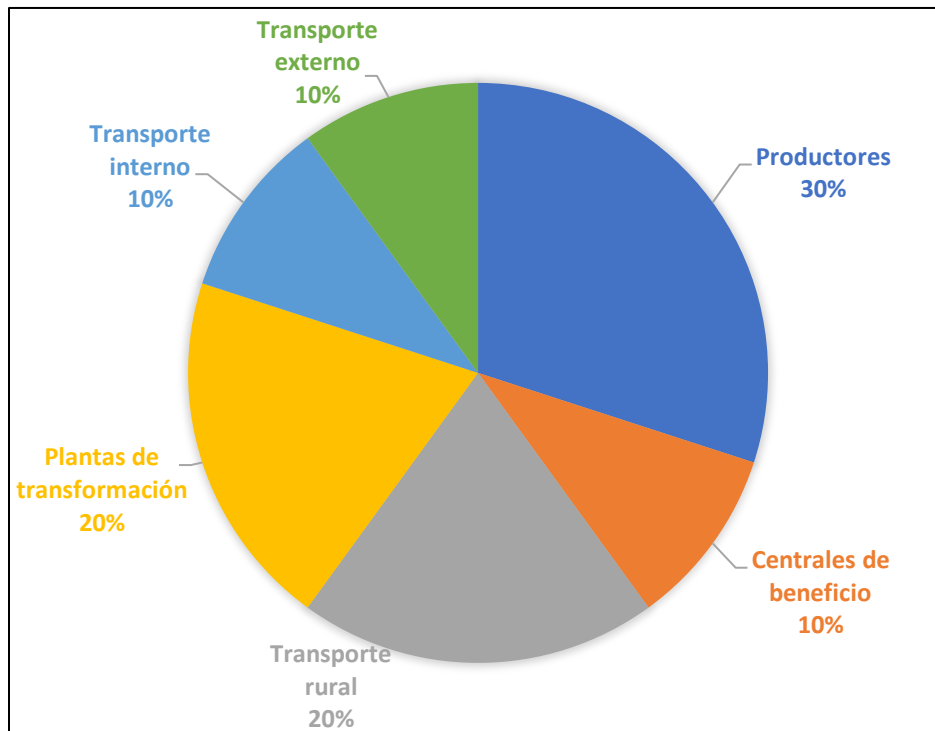
Sin embargo, se deben tener en cuenta los factores relacionados con los alcances 2 y 3, que, aunque, no obtengan el valor mayor, a cada uno le corresponden 3 relaciones, lo que permite definir, la relevancia del uso de los combustibles fósiles a lo largo del proceso y del uso de energía eléctrica para funcionamiento de máquinas y equipos.

A partir de la información relacionada, es importante reconocer cual, de los actores o eslabones de la cadena, está generando representatividad en la generación de emisiones. Esto con el fin de identificar puntos calientes y determinar opciones de mejora, cambio,

innovación, mitigación y adaptación, que permitan reducir significativamente en futuros procesos la huella por producto a obtener.

Teniendo en cuenta el Gráfico 2, las actividades primarias relacionadas con los **Productores** son las que más porcentaje obtuvieron frente al total de actores/eslabón con un 30%, como actividad individual. Si tenemos en cuenta las referencias realizadas para cada tipo de **Transporte**, ya sea rural con 20% (*Desde predios a centrales*), interno 10% (*entre centrales y plantas*) y externo con 10% (*Hacia Aduana y exportación*), esta actividad se constituye como la más relevante con un 40%, permitiendo inferir la necesidad de implementar modelos de transporte más eficientes, nuevos modelos de movilidad, gestión de volúmenes, y demás acciones relacionadas con la optimización de la movilidad del cacao a lo largo de la cadena de valor priorizada.

Gráfico 2. Identificación de actores más relevantes frente a factores de emisión.



Fuente: Autor



Resultados (Construcción de línea base)



A. ESTIMACIÓN DE EMISIONES EN LA CADENA DE VALOR DE CACAO

Una vez recolectada toda la información en los formatos estándar y procesados digitalmente se obtuvieron los resultados de emisiones por cada uno de los actores, determinando así, las emisiones para cada uno de los alcances determinados por Protocolo GHG.

Teniendo en cuenta la referencia de la Tabla 1, donde se relacionan las actividades del proceso con cada uno de los alcances. A continuación, se refiere, a las fuentes relevantes para cada alcance, y los valores obtenidos de forma individual en el procesamiento y verificación.

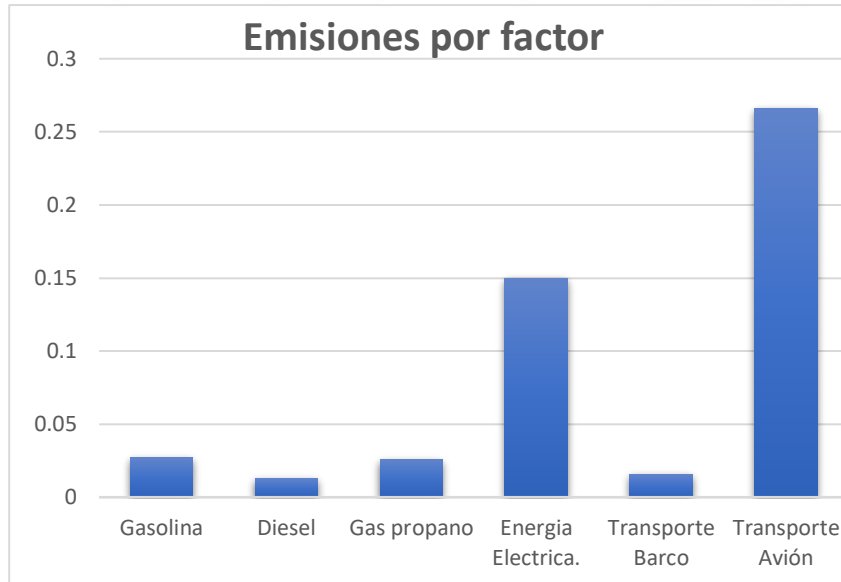
Tabla 2. Determinación de aspectos relevantes por alcance GHG, y emisiones por factor.

| Alcance GHG | Aspectos | Factor | Emisiones Ton CO ₂ e |
|-------------|--|-------------------|---------------------------------|
| 1 | Combustibles para funcionamiento de máquinas, equipos y vehículos de transporte. | Gasolina | 0,027 |
| | | Diesel | 0,013 |
| | | Gas propano | 0,026 |
| 2 | Funcionamiento de equipos e iluminación de áreas. | Energía Eléctrica | 0,150 |
| 3 | Cadena de suministro, terceros. | Transporte Barco | 0,016 |
| | | Transporte Avión | 0,266 |

Fuente: Autor.

Teniendo en cuenta lo expuesto en la tabla 1, se observa que el factor con mayores emisiones en la cadena de producción es el transporte aéreo, que pertenece a la cadena de suministro del alcance 3, con un valor de **0,26 tCO₂e**. Le sigue el consumo de energía eléctrica en los procesos de transformación, que genera **0,15 tCO₂e**. Estos datos sugieren la necesidad de optimizar los mecanismos y volúmenes de transporte, así como de impulsar cambios en la matriz energética en los diferentes procesos productivos y de transformación.

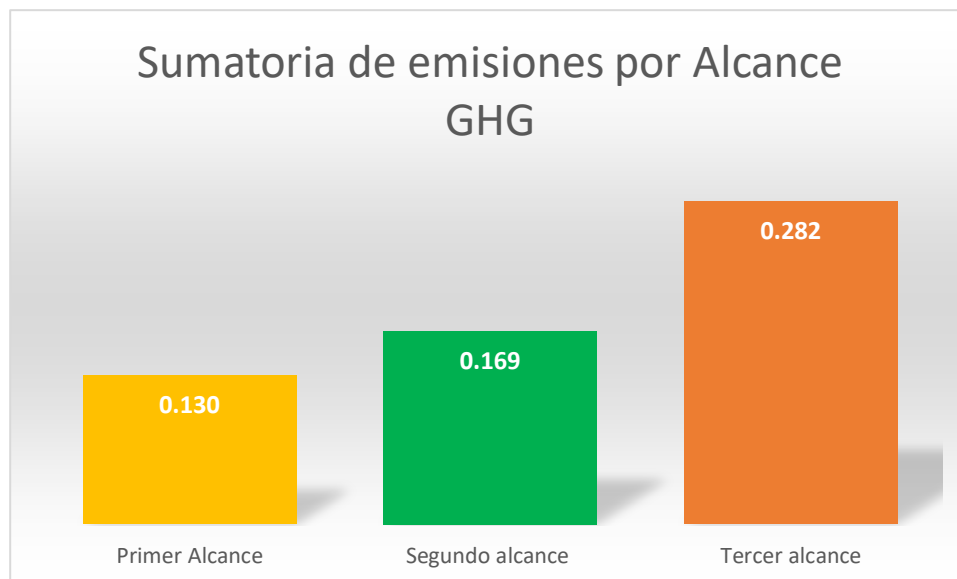
Gráfico 3. Valores de emisión por factor identificado.



Fuente: Autor.

Al mismo tiempo, se puede evidenciar, que el alcance más representativo en cuanto a emisiones es el Alcance 3, con una sumatoria de factores de **0,28 tCO₂e**, lo que pone en evidencia que estos valores, son generados por emisiones indirectas, en este caso, relacionadas con la cadena de suministros internacional.

Gráfico 4. Sumatoria de valores de emisión de factores por Alcance.



Fuente: Autor.

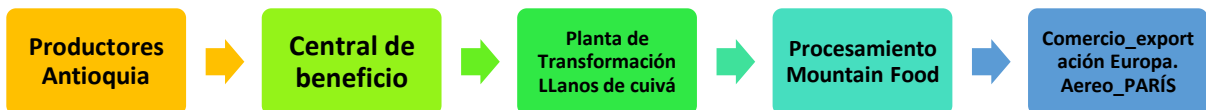
ANÁLISIS DE EMISIONES POR PRODUCTO FINAL

Una vez identificada la cadena de valor para cada una de las presentaciones de producto, tal como se referencia en la ilustración 1, se procede a determinar, cuáles son los valores de emisión, para cada uno de los productos determinados, como lo son **LICOR DE CACAO y COBERTURA DE CHOCOLATE, en baches de 500 kilogramos**. Por tal motivo, se realiza la representación de la cadena de valor, y en cada eslabón, se ubica la emisión de cada uno de los factores, donde, al final, se realizará la sumatoria de las mismas y se reconocerá el valor obtenido para cada producto.

B. ESTIMACIÓN DE EMISIONES POR LINEA DE PRODUCTO

- **PRODUCTO 1:** LICOR DE CACAO. Antioquía

Ilustración 2: Cadena de valor para Licor de Cacao.



Fuente: Autor.

Teniendo en cuenta las mediciones realizadas en cada uno de los eslabones, y consumos relevantes para cada uno de los procesos, se obtienen los siguientes valores.

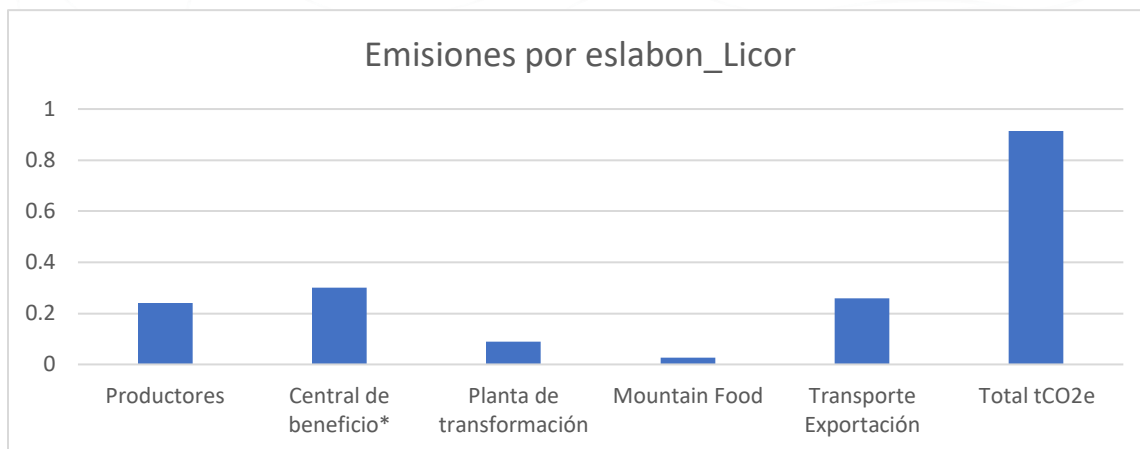
Tabla 3: Valores de emisión por eslabón de cadena de proceso de licor de cacao.

| Productores | Central de beneficio* | Planta de transformación | Mountain Food | Transporte Exportación | Total tCO ² e |
|-------------|-----------------------|--------------------------|---------------|------------------------|--------------------------|
| 0,24 | 0,30 | 0,088 | 0,027 | 0,26 | 0,915 |

Fuente: Autor.

El total de emisiones para la producción, procesamiento y transporte de un bache de 500 kilogramos de **Cobertura de cacao es de 0,915 tCO²e**.

Gráfico 5: Emisiones por eslabón para Licor. Antioquía.



Fuente: Autor.

- **PRODUCTO 2:** COBERTURA DE CHOCOLATE. Tolima.

Ilustración 2: Cadena de valor para Licor y cobertura de Cacao.



Fuente: Autor.

Teniendo en cuenta las mediciones realizadas en cada uno de los eslabones, y consumos relevantes para cada uno de los procesos, se obtienen los siguientes valores.

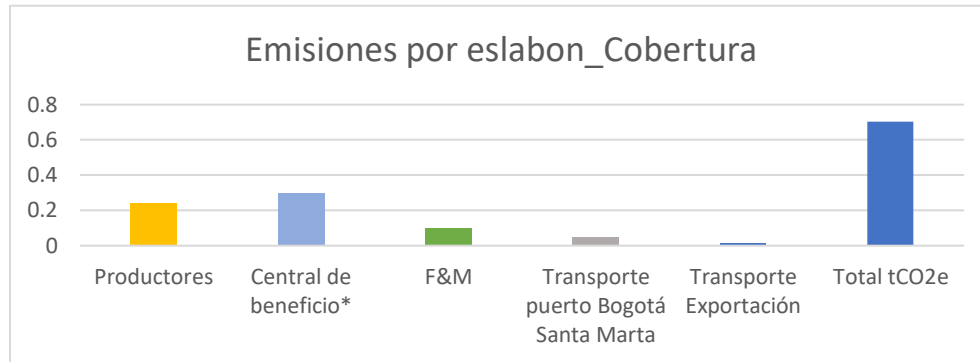
Tabla 4: Valores de emisión por eslabón de cadena de proceso de cobertura.

| Productores | Central de beneficio* | F&M | Transporte puerto Bogotá Santa Marta | Transporte Exportación | Total tCO ₂ e |
|-------------|-----------------------|------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| 0,24 | 0,30 | 0,10 | 0,05 | 0,016 | 0,706 |

Fuente: autor.

El total de emisiones para la producción, procesamiento y transporte de un bache de 500 kilogramos de **Licor de cacao es de 0,706 tCO₂e**.

Gráfico 6: Emisiones por eslabón para Cobertura. Tolima.



Fuente: Autor.

- **PRODUCTO 3:** LICOR DE CACAO. Tolima

Ilustración 2: Cadena de valor para Licor y cobertura de Cacao.



Fuente: autor.

Teniendo en cuenta las mediciones realizadas en cada uno de los eslabones, y consumos relevantes para cada uno de los procesos, se obtienen los siguientes valores.

Tabla 4: Valores de emisión por eslabón de cadena de proceso de cobertura.

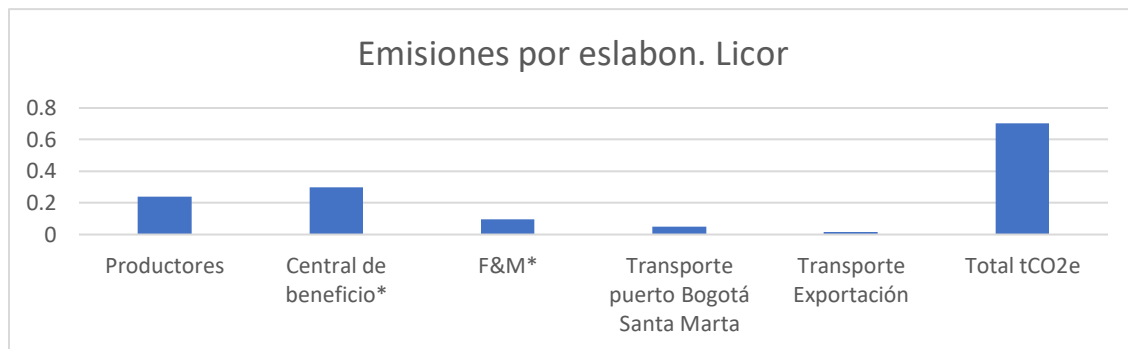
| Productores | Central de beneficio* | F&M* | Transporte puerto Bogotá Santa Marta | Transporte Exportación | Total tCO ₂ e |
|-------------|-----------------------|-------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| 0,24 | 0,30 | 0,096 | 0,05 | 0,016 | 0,702 |

*Para la estimación del producto Licor, se restaron los respectivos procesos, para determinar emisiones restantes.

Fuente: autor.

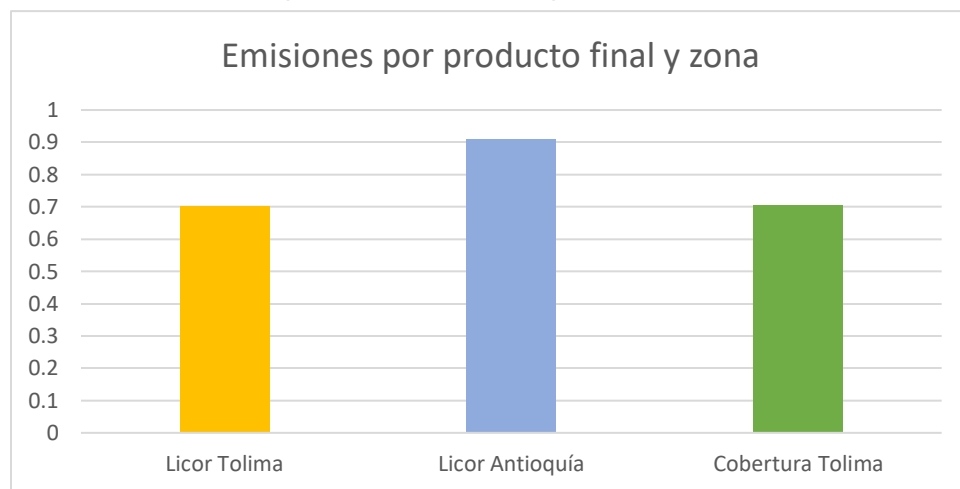
El total de emisiones para la producción, procesamiento y transporte de un bache de 500 kilogramos de **Licor de cacao es de 0,702 tCO₂e**.

Gráfico 7: Emisiones por eslabón para Licor. Tolima.



Fuente: autor.

Gráfico 7: Emisiones por cada uno de los productos en zona.



Fuente: Autor.

Con lo anterior, podemos evidenciar, que las emisiones de la generación de **Licor de cacao, en las entidades del departamento de Antioquia, cuenta con mayores valores con 0,91 tCO₂e**, debido principalmente al tipo de transporte utilizado para realizar el proceso de exportación (Avión). Esto permite determinar la importancia que tiene la cadena de suministro, evidenciada en el alcance 3, frente a las emisiones y proyecciones de reducción por unidad de producto.

C. ESTIMACIÓN DE CAPTURA DE CARBONO EN SISTEMAS PRODUCTIVOS DE CACAO

Biomasa aérea.

Considerando el marco teórico sobre la relevancia de los sistemas productivos de cacao como una estrategia para reducir emisiones y mitigar los impactos ambientales, se llevó a cabo una exhaustiva revisión de información teórico-práctica, la cual permitió identificar niveles de captura de carbono necesarios para disminuir la huella, promoviendo así la implementación de sistemas productivos más sostenibles. Para ello, se realizaron visitas a diversos predios en zonas de influencia, donde se recopilaban datos alométricos de especies vegetales asociadas a la producción de cacao, así como promedios de captura de carbono en el suelo. Con esta información, se busca estimar la huella ambiental mediante la diferencia entre emisiones y niveles de captura de carbono, con el fin de evaluar si los resultados son positivos o negativos.

A partir del procesamiento de la información en campo, y la distribución de especies en los sistemas productivos, se permite determinar, que, en promedio, por el componente forestal asociado a los sistemas productivos de cacao, con las especies referenciadas, gran parte de ellas, nativas o endémicas de los territorios que el promedio de captura de CO₂, en la biomasa forestal de los agro sistemas, corresponde a **38,2 tCO₂e / ha**, para áreas con cacao en etapa de producción y edades entre los 7-9 años. Si tenemos en cuenta, que, para producir la cantidad de grano para los baches de 500 kg, se necesitan cerca de 2 hectáreas, el valor correspondiente a la captura es de **76,4 tCO₂e**.

A continuación, se referencian las principales especies arbóreas encontradas en las unidades muestrales levantadas en el territorio, como indicador de condiciones agroecológicas, y mecanismos de recuperación y mantenimiento de especies. Estas especies, por su función ecológica, promueven la captura de carbono en forma de Biomasa.

Tabla 5. Identificación de especies y número de individuos en área de estudio.

| N. | Nombre común | Nombre científico |
|-----------|---|---------------------------------|
| 1 | Acacia | <i>Acacia mangium</i> |
| 2 | Igua Amarillo - Nauno | <i>Albizia guachapele</i> |
| 3 | Caracoli | <i>Anacardium excelsum</i> |
| 4 | Guácimo | <i>Brosimum alicastrum</i> |
| 5 | Abarco | <i>Cariniana pyriformis</i> |
| 6 | Yarumo | <i>Cecropia peralta</i> |
| 7 | Guarumo blanco | <i>Cecropia sp.</i> |
| 8 | Cedro | <i>Cedrela odorata</i> |
| 9 | Ceiba | <i>Ceiba pentandra</i> |
| 10 | Mandarino | <i>Citrus reticulata</i> |
| 11 | Nogal cafetero | <i>Cordia alliodora</i> |
| 12 | Moncoró | <i>Cordia Gerascanthus</i> |
| 13 | Guacharaco blanco | <i>Cupania sp.</i> |
| 14 | Orejero | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> |
| 15 | Cámbulo | <i>Erythrina poeppigiana</i> |
| 16 | Matarraton | <i>Gliricidia sepium</i> |
| 17 | Melina | <i>Gmelina arborea</i> |
| 18 | Ceiba bruja | <i>Hura crepitans</i> |
| 19 | Guamo | <i>Inga edulis</i> |
| 20 | Guamo mico | <i>Inga ornata</i> |
| 21 | Nogal | <i>Juglans neotropica</i> |
| 22 | Mango | <i>Mangifera indica</i> |
| 23 | Zapote | <i>Matisia cordata</i> |
| 24 | Chitato | <i>Muntingia calabura</i> |
| 25 | Balso | <i>Ochroma pyramidale</i> |
| 26 | Jacaranda amarillo | <i>Peltophorum sp.</i> |
| 27 | Aguacate | <i>Persea americana</i> |
| 28 | Roble | <i>Quercus humboldtii</i> |
| 29 | Campano - Saman | <i>Samanea saman</i> |
| 30 | Tambor | <i>Schizolobium parahyba</i> |
| 31 | Jobo | <i>Spondias mombin</i> |
| 32 | Caoba | <i>Swietenia macrophylla</i> |
| 33 | Pomarroso | <i>Syzygium jambos</i> |
| 34 | Guayacán | <i>Tabebuia chrysantha</i> |
| 35 | Roble rosado, polvillo rosado - guayacan rosado | <i>Tabebuia rosea</i> |
| 36 | Teca | <i>Tectona grandis</i> |

Captura de Carbono en suelo

La determinación de los valores de captura en suelo se desarrolla a partir de información de campo verificable, mediante el procesamiento de resultados de análisis de suelos que cuentan con los parámetros establecidos tales como Materia orgánica/carbono orgánico y densidad aparente, con lo cual se procede a realizar la cuantificación de los valores referenciados en documento Excel.

Para realizar la cuantificación de carbono orgánico en suelo se aplica la fórmula ($C.O.S = C.O * D.a. * Pm.$), Donde COS corresponde a carbono orgánico de suelos (Ton C ha-1), C.O, es la concentración de carbono en suelos (%), D.a. es la densidad aparente del suelo (g cm-3) y Pm es la profundidad del suelo (cm) (Alvarado, Hernán, & Segura, 2013). Este resultado nos permite reconocer la cantidad total de Carbono Orgánico en suelo, el cual, también es un indicador de calidad del recurso suelo.

Una vez se cuenta con este valor, se realiza la conversión de C en CO₂, la cual se basa en la relación de pesos moleculares (44/12), obteniendo con esto la cantidad de CO₂, ya sea emitido o almacenado, según el símbolo positivo o negativo (+/-) existente en el resultado final.

Teniendo en cuenta los valores promedios obtenidos en las zonas de intervención, encontramos que en el departamento de Antioquía los valores corresponden a cerca de **57,2 ton/CO₂ e/ ha**, y en Tolima de **45,4 ton/CO₂ e/ ha**. Lo que, en promedio, para el desarrollo del ejercicio global, se trabajara con un promedio de **51,3 tCO₂e/ ha**, lo cual llevando a 2 ha de intervención, tenemos valores de **102,6 tCO₂e**.

Por ende, contamos con la siguiente información.

Valores de captura promedio por año.

| Método de captura | Valores (tCO ₂ e) | Valores por ciclo de cultivo (tCO ₂ e/ año)* |
|------------------------------------|------------------------------|---|
| Biomasa Aérea | 76,4 | 9,55 |
| Captura en suelo | 102,6 | 12,75 |
| Total, captura promedio año | | 22.3 |

*La producción de cacao se estima con valores en Kg/año. Si tenemos en cuenta, que los valores de Captura en biomasa y en suelo, se estipularon sobre sistemas productivos de 7-9 años (promedio 8). Con el objetivo de mantener las unidades por año de producción, se dividen los valores, para estipular capturas de carbono/año.

Fuente: Autor.

Por lo anterior, podemos evidenciar que, un sistema productivo de cacao, con una edad promedio de 8 años, bajo sistema agroforestal, con las especies identificadas en el estudio, tienen una capacidad de **capturar 22,3 tCO₂e/año** tanto en suelo, como en biomasa como en suelo, para un sistema productivo de producción promedio de

700kg/ha/año.



Análisis de resultados. (Huella de producto)



Determinación de los valores estimados de Huella de Carbono Neta.

Para determinar la huella de carbono neta a partir de las capturas y emisiones de un sistema de producción, se restan las capturas de carbono a las emisiones totales. Esto permite conocer si el sistema es carbono positivo, carbono neutro o carbono negativo.

Cálculo de la huella de carbono neta:

$$\text{Huella de Carbono Neta (CO}_2\text{e)} = \text{Emisiones totales} - \text{Capturas totales.}$$

- Si la Huella de Carbono Neta > 0: El sistema es carbono positivo, es decir, emite más carbono del que captura.
- Si la Huella de Carbono Neta = 0: El sistema es carbono neutro, captura exactamente la misma cantidad de carbono que emite.
- Si la Huella de Carbono Neta < 0: El sistema es carbono negativo, captura más carbono del que emite, contribuyendo a reducir la concentración de GEI en la atmósfera.

Se realiza la relación de emisiones y capturas totales:

| Concepto | Total, emisiones | Total, captura | Total, Huella Neta (tCO ₂ e) |
|---------------------------|------------------|----------------|---|
| Cobertura (Tolima) | 0,706 | 22,3 | -21,594 |
| Licor (Tolima) | 0,702 | 22,3 | -21,598 |
| Licor (Antioquia) | 0,915 | 22,3 | -21,39 |

Fuente: Autor

De acuerdo con la Tabla 7, los valores de emisión neta son negativos, lo que indica que los sistemas productivos sostenibles logran mitigar las emisiones generadas durante el proceso de transformación mediante niveles efectivos de captura. No obstante, es fundamental considerar que estos sistemas presentan periodos de latencia, desarrollo y establecimiento, que puede influir en su capacidad de captura a lo largo del tiempo.



Conclusiones

El Licor y la Cobertura de cacao producidos en Antioquia y Tolima con prácticas “orgánicas” - bajo sistemas agroforestales, transformado en plantas de producción ubicadas en Colombia y luego exportado a Europa presenta una **gran “ventaja competitiva ambiental” al presentar una huella de carbono negativa.**

Teniendo en cuenta los alcances propuestos por el protocolo GHG, el alcance que más relevancia tiene frente a las actividades desarrolladas por cada uno de los actores es el que se refiere a las actividades tercerizadas, principalmente medios de transporte, por lo cual, se infiere, que, en este aspecto, se encuentran oportunidades para la reducción de valor de huella obtenidos.

El consumo de combustibles fósiles, tanto para producción primaria como externamente para transporte, y los consumos de energía eléctrica para funcionamiento de procesos de valor agregado, son los principales generadores de emisiones por producto.

La medición de emisiones de GEI en la producción de chocolate es un paso crucial hacia la sostenibilidad ambiental y la responsabilidad empresarial. Al evaluar y reducir su huella de carbono, las empresas no solo ayudan a mitigar el cambio climático, sino que también mejoran su competitividad, optimizan sus procesos productivos y se alinean con las expectativas de los consumidores y las regulaciones globales. En un mundo que avanza hacia una economía baja en carbono, las empresas de chocolate que adopten estas prácticas estarán mejor preparadas para el futuro.

El cacao juega un papel fundamental en la sostenibilidad de Colombia, no solo como motor económico para las zonas rurales, sino también como herramienta para la conservación ambiental y la cohesión social. Al promover prácticas agrícolas sostenibles, reducir la pobreza y mejorar la calidad de vida en las regiones afectadas por conflictos, el cultivo de cacao puede ser un vehículo clave para lograr un desarrollo más inclusivo y sostenible en Colombia. Sin embargo, para maximizar estos beneficios, es necesario abordar desafíos relacionados con el cambio climático, el acceso a mercados y la deforestación, promoviendo políticas y programas que apoyen una producción de cacao verdaderamente sostenible.



Recomendaciones. (Medidas de mitigación y adaptación)

Es imperativo **augmentar y mejorar los niveles de producción del cultivo de cacao por unidad de área** para incrementar los rendimientos y reducir la carga de

emisiones asociadas tanto al producto en su estado de baba como al cacao procesado. Para lograr este objetivo, se deben implementar estrategias que fomenten el mejoramiento de los planes de nutrición y el manejo integrado de plagas.

Además, es crucial **fortalecer la asistencia técnica y la capacitación de los productores, enfocándose en el desarrollo de capacidades sostenibles**. Esto no solo permitirá reducir las emisiones, sino que también promoverá la captura de carbono en sistemas productivos, actuando como un mecanismo efectivo de adaptación al cambio climático. La inversión en estas áreas contribuirá a la sostenibilidad del cultivo de cacao y al bienestar de los productores, al tiempo que se aborda la problemática ambiental de manera integral.

La implementación de **protocolos de beneficio de grano en centrales de beneficio es crucial para reducir las emisiones en este eslabón de la cadena de valor del cacao**. Estos protocolos no solo optimizan los procesos de transformación, sino que también promueven prácticas sostenibles que mitigan el impacto ambiental. Además, el establecimiento de rutas de transporte de recolección basadas en el volumen de producto es esencial para **disminuir la huella del transporte individual**, lo que contribuye significativamente a la sostenibilidad de la cadena de valor. Al adoptar estas medidas, se logrará no solo un beneficio económico para los productores, sino también una mayor responsabilidad ambiental, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible y la lucha contra el cambio climático.

Identificar los actores y mecanismos en la cadena de suministro es fundamental para gestionar eficientemente los volúmenes de producto, ya que, como se evidenció, el transporte aéreo de cantidades pequeñas tiene un impacto significativo en las emisiones de carbono. En contraste, el transporte marítimo, al **manejar mayores volúmenes, contribuye a reducir la huella de carbono por unidad de producto**. Esta diferencia resalta la necesidad de optimizar las estrategias logísticas y fomentar la colaboración entre los distintos actores de la cadena. Al priorizar métodos de transporte más sostenibles, se puede no solo disminuir el impacto ambiental, sino también mejorar la eficiencia económica de la cadena de suministro, promoviendo un enfoque más responsable hacia la producción y distribución del cacao.

Es esencial **establecer un sistema de seguimiento y monitoreo de los consumos de factores de emisión**, como combustibles, energía y materias primas, para facilitar la identificación de áreas de mejora y establecer metas claras de reducción. Este sistema permitirá la **implementación de planes de gestión ambiental** que se centren en promover la reducción del uso de fuentes de emisión, a partir del **establecimiento de metas e indicadores de sostenibilidad claros y adaptados**.

Se sugiere **diversificar la matriz energética** mediante el cambio a fuentes más sostenibles, aprovechar la iluminación natural para reducir el consumo de energía eléctrica, y realizar la **calibración y verificación de equipos** para optimizar su eficiencia. Además, es fundamental fomentar el uso de combustibles sostenibles. Al adoptar estas medidas, no solo se contribuirá a la sostenibilidad ambiental, sino que también se logrará una mayor

eficiencia operativa, beneficiando tanto a la organización como al entorno en el que opera.

A continuación, se refieren las siguientes medidas de adaptación y mitigación, relacionadas con los resultados obtenidos.

Medidas de Adaptación

Mejoramiento Genético: Implementar programas de mejoramiento genético del cultivo de cacao para implementar clones adaptados a las condiciones agroecológicas de los territorios, que permitan mejorar niveles de producción y calidad de grano por unidad de área.

Manejo de Recursos Hídricos: Establecer sistemas de recolección de agua de lluvia y técnicas de riego eficiente para asegurar el suministro de agua durante períodos de sequía.

Capacitación y Educación: Proporcionar formación a los productores sobre prácticas agrícolas sostenibles y adaptativas que les permitan enfrentar mejor el cambio climático, y promover mecanismos de seguimiento a la implementación.

Sistemas Agroforestales: Integrar cultivos de cacao en sistemas agroforestales para mejorar la biodiversidad, proteger el suelo y aumentar la captura de carbono tanto en suelo, como biomasa aérea.

Medidas de Mitigación

Optimización de Energía: Implementar tecnologías y prácticas que reduzcan el consumo de energía en el procesamiento y transformación del cacao, como el uso de maquinaria eficiente en labores agrícolas. Promover prácticas culturales y biológicas.

Uso de Energías Renovables: Integrar fuentes de energía renovable, como solar o eólica, en las operaciones de producción, procesamiento y transporte para disminuir la dependencia de combustibles fósiles.

Transporte Sostenible: Fomentar el uso de rutas de transporte optimizadas y la utilización de vehículos de bajo consumo energético o eléctricos para la distribución de productos.

Reducción de Desperdicios: Implementar estrategias de reducción de residuos en la producción y procesamiento, como la reutilización de subproductos y la mejora de la logística para minimizar pérdidas.

Certificación y Estándares Ambientales: Promover y fomentar la obtención de certificaciones de sostenibilidad (como Fair Trade o Rainforest Alliance) que promuevan prácticas agrícolas responsables y el uso eficiente de recursos.

Educación al Consumidor: Promover la conciencia entre los consumidores sobre la sostenibilidad del cacao, incentivando la demanda de productos que apoyen prácticas responsables y mitiguen el cambio climático.

Implementación y Monitoreo

Desarrollo de Indicadores: Establecer indicadores claros para medir el progreso en la implementación de estas medidas y su efectividad en la adaptación y mitigación al cambio climático.

Colaboración y Alianzas: Fomentar la colaboración entre productores, organizaciones no gubernamentales, entidades gubernamentales y el sector privado para crear una red de apoyo en la implementación de estas estrategias.



Referencias bibliográficas.

- World Resources Institute (WRI) & World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). (2004). *The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard (Revised Edition)*. Recuperado de: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>
- World Resources Institute (WRI). (2011). *GHG Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard*. World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). Recuperado de: <https://ghgprotocol.org/product-standard>
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2019). *Environmental Policy: Measurement and Reporting of GHG Emissions*. Paris: OECD Publishing.
- Federación Nacional de Cacaoteros de Colombia (FEDECACAO). (2020). *El cultivo de cacao en Colombia: Oportunidades para el desarrollo sostenible*.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2018). *Cacao, paz y desarrollo sostenible: Alternativas productivas en el posconflicto colombiano*. Bogotá: PNUD Colombia.
- Guerrero, C., y Santos, R. (2019). *La cadena productiva del cacao en Colombia: Un enfoque desde la sostenibilidad*. Revista de Desarrollo Rural y Agroindustria, 14(2), 45-60.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2020). *Estrategias para la producción sostenible del cacao en sistemas agroforestales*. Bogotá: Gobierno de Colombia.
- Rodríguez, M. (2021). *Cambio climático y producción de cacao en Colombia: Riesgos y adaptaciones*. Journal of Agricultural and Environmental Economics, 8(1), 67-85.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2019). *Guidance on the Measurement and Reporting of Greenhouse Gas Emissions*. Paris: OECD Publishing.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Cambridge University Press.

- Bastida, L., & Rodríguez, S. (2020). Huella de carbono en la producción de chocolate: Evaluación y estrategias de mitigación. *Revista de Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 19(3), 45-60.
- Figueiredo, R., & Machado, P. (2021). Life Cycle Assessment (LCA) in the Cocoa and Chocolate Industry: Methodologies and Challenges. *Journal of Environmental Management*, 300, 113682.
- International Trade Centre (ITC). (2012). *Standards Map: Greenhouse Gas Protocol for the Chocolate Industry*. Geneva: ITC.
- Büsser, S., & Jungbluth, N. (2009). Life Cycle Assessment of Chocolate Produced in Switzerland. *Journal of Cleaner Production*, 18(2), 143-149.