



La Norma UNE-ISO 14064-1:2015 y los criterios del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) como base para la estimación de la Huella de Carbono de una empacadora

The UNE-ISO 14064-1:2015 Standard and the criteria of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) as a basis for estimating the Carbon Footprint of a packer

Debbie Amador^a*; Karen Mero^a; Lider Miranda^a; Josselyn Muentes^a

^a Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador.

* Autor correspondiente: D. Amador [amador-debbie1151@unesum.edu.ec | <https://orcid.org/0009-0005-7528-2393>]

K. Mero [mero-karen6091@unesum.edu.ec | <https://orcid.org/0009-0006-3196-4090>]

L. Miranda [miranda-lider6420@unesum.edu.ec | <https://orcid.org/0009-0005-6455-3805>]

J. Muentes [josselyn.muentes@unesum.edu.ec | <https://orcid.org/0000-0002-5362-8008>]

Resumen

La Huella de Carbono (HdC) aparece como una herramienta e indicador que permite medir la cantidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) emitidos directa e indirectamente a la atmósfera como resultado de actividades de producción o consumo de bienes y servicios. El objetivo del estudio es estimar la HdC de la empacadora Agrotrader, ubicada en el Cantón Manta, Provincia de Manabí. La metodología de implementación se basa en la Norma UNE-ISO 14064-1:2015 y para el cálculo, se consideran los criterios establecidos por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). Los resultados de este estudio muestran que, durante los siete meses analizados, la empacadora de la empacador Agrotrader emitió 44634,16 kgCO_{2e} correspondientes a los alcances 2 y 3. El cálculo de la HdC es doble, por un lado, permite conocer en profundidad el producto u organización, de forma que se identifiquen los principales puntos de mejora; y, por otro lado, permite comunicar a los usuarios previstos, el impacto sobre el cambio climático de la organización o producto.

Palabras clave: huella de carbono; corporación; gases de efecto invernadero; fuentes de emisión.

Abstract

The Carbon Footprint (CF) appears as a tool and indicator that allows measuring the amount of GHG emitted directly and indirectly to the atmosphere as a result of production activities or consumption of goods and services. The objective of the study is to estimate the CF of the Agrotrader packing plant, located in the Manta Canton, Province of Manabí. The implementation methodology is based on the UNE-ISO 14064-1:2015 Standard and for the calculation, the criteria established by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) are considered. The results of this study show that, during the seven months analyzed, the Agrotrader baler corporation's packing plant emitted 44634.16 kgCO_{2e} corresponding to scopes 2 and 3. The calculation of the Carbon Footprint is twofold, on the one hand, it allows to know in depth the product or organization, so that the main points of improvement are identified; and, on the other hand, it allows to communicate to the intended users, the impact on climate change of the organization or product.

Keywords: carbon footprint; corporation; greenhouse gases; emission sources.



1. Introducción

A lo largo del tiempo, la preocupación por los efectos del cambio climático ha incentivado a las organizaciones a investigar esta problemática mundial, que trae consigo, no solo desafíos ambientales, sino también desafíos en el desarrollo socioeconómico. Los riesgos específicos varían de un lugar a otro y, aunque nadie está exento, las poblaciones vulnerables están particularmente amenazadas. Los profesionales deben trabajar tanto para limitar el cambio climático como para proteger a las personas de sus impactos, estableciendo estrategias de mitigación y adaptación (Frumkin, 2018). Las emisiones globales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) deben llegar a cero netos hacia mediados de siglo para limitar el calentamiento global a 1,5 °C. Este desafío de descarbonización aumentó la presión política y social sobre las empresas para que revelen sus huellas de carbono (Klaaßen & Stoll, 2021). Este mensaje central se repite en el Informe Especial del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 grados (IPCC, 2018).

La Huella de Carbono (HdC) aparece como una herramienta e indicador, que según Aguilera et al. (2020) expresa en términos de CO₂ equivalentes la cantidad de GEI emitida y carbono capturado en la elaboración de un producto o servicio. El objeto del cálculo de la HdC es doble, por un lado, permite conocer en profundidad el producto u organización; y, por otro lado, permite comunicar a los usuarios previstos, el impacto sobre el cambio climático de la organización o producto. Según Rouhia et al. (2024), los parámetros clave que afectan la huella de carbono se dividen en dos grupos: parámetros de emisión y parámetros de generación de electricidad.

De acuerdo con la Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1: 2006 para el desarrollo de inventarios de GEI (2012). La medición de la HdC se clasifica en dos: con alcance a producto o empresa, y se tienen en cuenta los siete GEI considerados en el Protocolo de Kioto (CO₂, CH₄, N₂O, PFCs, HFCs, SF₆ y NF₃).

La importancia de comunicar las emisiones de carbono ha llevado a muchos investigadores a analizar los factores que influyen en su divulgación (Solikhah et al., 2020), entre estos encontramos el tipo industria, niveles de emisiones de carbono, tamaño de la empresa y calidad del gobierno corporativo (Choi et al., 2013). Por su parte, Xia & Huifen (2023), afirman que el desempeño corporativo en materia de carbono es un factor clave, así como la identificación de elementos que influyen en las emisiones, Rekker et al. (2023), sostienen que las estrategias de producción y reducción de carbono de las empresas se basan en un buen enfoque de maximización de la producción.

El uso de la HdC ha contribuido en generar estrategias para lograr la sustentabilidad, actualmente, esta ha magnificado su importancia, siendo definida como una herramienta de planeación y toma de decisiones que proyecta diferentes escenarios de reducción de las emisiones de GEI (Rodríguez et al., 2020). Liu et al. (2023) mencionan que después de que el gobierno promulgue las leyes y reglamentos pertinentes, las empresas pagarán activamente por las políticas y reglamentos para ganar reputación social y cumplimiento legal. De manera que, bajo la presión de las partes interesadas y la preocupación de los gobiernos, las empresas se centrarán en su propia situación ética social y asumirán cierto grado de responsabilidad. Así mismo Priyan (2024), indica que la industria se ve obligada a descarbonizar los procesos industriales a medida que los gobiernos de todo el mundo se esfuerzan por adoptar fuentes de energía más ecológicas y reducir sus huellas de carbono.

En Ecuador se ha aceptado públicamente la necesidad de discutir, analizar y aminorar las GEI, creando medidas de mitigación y adaptación dictadas en planes y estrategias nacionales. El Programa Ecuador Carbono Cero (PECC) es una iniciativa del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), que cuenta con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), a través del programa Climate Promise. El PECC tiene por objetivo promover el reconocimiento de las empresas que cuantifican, reducen y compensan su HdC con métodos validados (PNUD, 2023). Yang et al. (2024) mencionan que, debido a la estructura altamente industrializada de algunas provincias, los productos de exportación son en su mayoría bienes intensivos en carbono y de bajo valor añadido.

El objetivo del presente estudio fue estimar la Huella de Carbono de la empacadora Agrotrader, Manabí, Ecuador, basada en la Norma UNE-ISO 14064-1:2015 y los criterios del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).

2. Metodología

El estudio se llevó a cabo en la empacadora del consorcio, en el Puertomar Bodegas San Juan, ubicada en las coordenadas: X: -0,971186, Y: -80,737432.

La Corporación parte de la empacador Agrotrader nace en 1981, fundada por Mariano Zambrano Segovia, quien integró al conjunto de operaciones, varios servicios dentro de la industria naviera. La empacadora cuenta con un total de 50 empleados, distribuidos de acuerdo con la ocupación según el proceso. La empacadora es reconocida por su compromiso en la mejora continua e innovación, ha participado en actividades que incentivan la responsabilidad con el ambiente y la labor por el cuidado y preservación de

los ecosistemas marinos, siendo parte de mingas, colaborando en ayudas sociales, realizando Estudios de Impacto Ambiental de sus actividades y estimulando la investigación en la empresa.

La metodología se basó en la Norma UNE-ISO 14064-1:2015 la cual maneja principios que fueron respetados en todo el proceso del inventario de GEI para que el informe final como indicador sea considerado verosímil. En cuanto al cálculo, se consideran los criterios establecidos por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC). El levantamiento de información se realizó por medio de revisión bibliográfica e investigación de campo, donde se definieron los límites organizacionales mediante el recorrido de las instalaciones, se definieron los límites operativos que permitieron identificar las fuentes de emisión directa o indirecta y reconocer la forma en la que se opera; además, se verificó la disponibilidad de datos de consumo mediante bitácoras, registros, y los respaldos financieros con facturas.

La empacadora inició su operación en diciembre del 2022, por lo que se utilizaron los datos recolectados durante siete meses de actividad, estos datos fueron proporcionados por los directivos delegados de la corporación para la colaboración en el cálculo de la HdC. Para un mejor entendimiento de los procesos comprendidos en el presente estudio, este fue dividido en tres etapas, detalladas a continuación.

Etapa 1. Definición de los límites y enfoque

En esta etapa, se establecieron los límites organizacionales por medio de una entrevista al personal donde se determinó el enfoque de control sobre todas las funciones accionarias correspondientes a la

empacadora, estimando el cálculo del 100% de sus emisiones de las fuentes de GEI encontradas.

Además, se fijaron los límites operativos mediante el recorrido de instalaciones, una vez identificadas las fuentes de emisión se determinaron el alcance 1, emisiones indirectas de GEI por energía y el alcance 2, otras emisiones indirectas de GEI, dentro de los límites operativos se tomaron en cuenta, por la disponibilidad de datos, las siguientes categorías de emisión: insumos, transporte y manejo de desechos.

Selección del año base. En función de las posibilidades, se realizó la estimación en una serie temporal de siete meses (enero - julio del 2023) para el cálculo de la HdC, debido al tiempo que ha operado la empacadora.

Etapa 2. Identificación de áreas, equipos y procesos

Mediante un recorrido en las instalaciones se pudieron determinar las fuentes de emisión que se derivan de la actividad llevada a cabo por la empacadora.

Diagrama de procesos. Para comprender el proceso de la empacadora, tanto entradas y salidas del desarrollo de las actividades, la corporación establece un diagrama de procesos representado en la Figura 1, donde se muestra la gestión del empaque de la fruta, esta consiste en nueve procesos operativos.

Como entrada tenemos la llegada de la pitahaya, posteriormente el pesado y selección para escoger las de mejor calidad, después se realiza la debida desinfección y secado, logrando una limpieza óptima del producto, siguiendo así el proceso de calibrado y empaquetado en cajas de cartón, para así ubicarlas en el almacén de productos. La pitahaya que ha pasado por las líneas de producción ya está lista para ser vendida y/o distribuida.

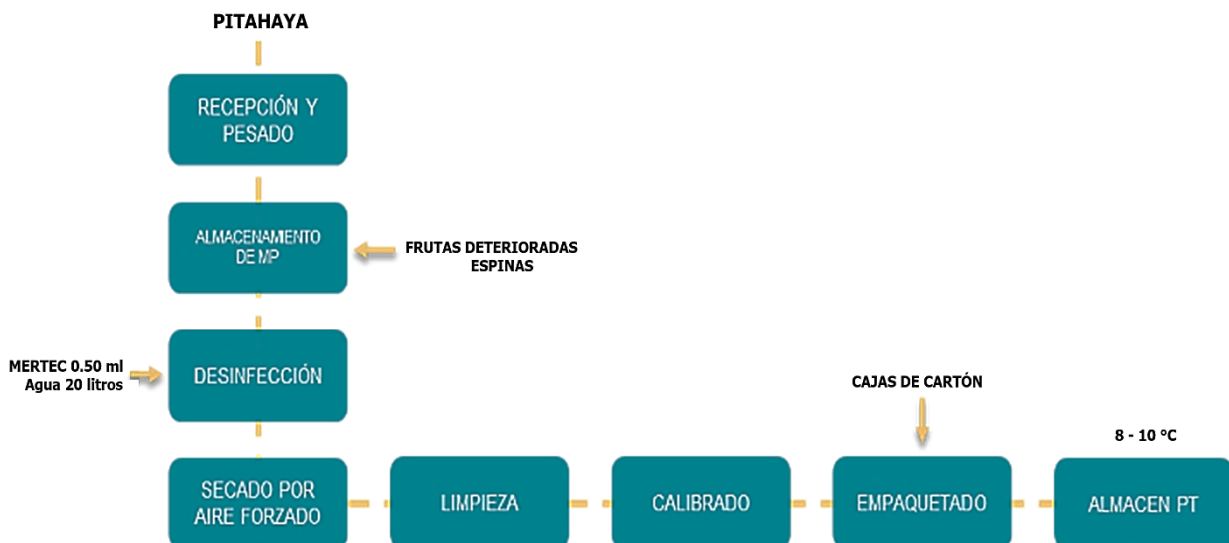


Figura 1. Diagrama de procesos de la empacadora.

Etapa 3. Cuantificación de emisiones

Una vez definida la información y datos de consumo disponibles, se estipularon los factores de emisión determinados en varias fuentes tales como: el Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA), IPCC, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC).

Tabla 1

Factor de emisión del consumo eléctrico (Alcance 1)

FE	Unidad	Fuente
0,1917	tCO _{2e} /MWh	(CONELEC, 2022)

El Factor de Emisión del Alcance 1 (Tabla 1), se determinó a partir del Informe de GEI del CONELEC, posteriormente se aplicó la ecuación 1, y se definió la cantidad total de emisiones en tCO_{2e}, para después transformar a kgCO_{2e}.

Tabla 2

Factores de emisión Alcance 2

Elementos	Unidad	Fuente
Cartón Papel Plástico Materia orgánica Zunchos Esquineros Restos Sanitarios	kgCO _{2e} /t	(DEFRA, 2022)
Diesel	kgCO _{2e} /L	
Fungicida	kgCO _{2e} /ml	(Netherlands Development Organization, 2015)
Etiquetas Plu Etiquetas Cartón	kgCO _{2e} /t	(DEFRA, 2022)

Los FE se determinaron a partir de diferentes fuentes bibliográficas, posteriormente se aplicó la ecuación 1, y se definió la cantidad total de emisiones en tCO_{2e}, para después transformar a kgCO_{2e}.

Ecuaciones

Para conocer la emisión de GEI a partir de los datos obtenidos, se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$E = DA \times FE \quad (1)$$

Donde *E*: Emisiones de GEI; *DA*: Dato de actividad (entrada de materia y/o energía); *FE*: Factor de emisión de cada actividad y el GEI a analizar.

$$ECO_{2e} = E \times PCG \quad (2)$$

Donde *ECO_{2e}*: Emisiones de CO_{2e}; *PCG*: Potencial de Calentamiento Global.

Una vez determinadas las emisiones de todas las fuentes en kgCO_{2e}, se obtienen los resultados de cada actividad y las emisiones totales.

3. Resultados y discusión

A partir de la recolección de datos brindados por la empacadora Agrotreader y considerando la metodología planteada, se identificaron las emisiones de GEI estableciendo los diferentes alcances, teniendo como año base, siete meses: enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio y julio del 2023. A continuación, en la tabla 3 se muestra la información correspondiente al DA (Dato de actividad) por tipo de emisión para los 2 alcances.

Tabla 3

Clasificación de fuentes de emisión de la empacadora

Categorías	Tipo de emisión	Fuente de emisión	DA	Unidad
Alcance 1	Emisión indirecta	Consumo de energía eléctrica	38,50	MWh
Alcances 2	Otras emisiones indirectas	Desechos	0,43	t
		Fungicida	4,15	ml
		Insumos	39,51	t
		Transporte	135	L

El presente análisis no contiene información de emisiones directas, ya que el estudio se realizó en una fracción de la totalidad de la empresa, la cual corresponde a la empacadora de fruta que no cuenta con una flota de vehículos propio ni equipos que consuman combustible de manera directa, es así como, en la Etapa I de la metodología, se estableció que no había emisiones de GEI provenientes de fuentes que pertenecen o son controladas por la empacadora.

Alcance 1: Consumo eléctrico

En la Tabla 4 se presentan los resultados de emisiones derivadas del consumo eléctrico en los meses de estudio en kgCO_{2e}.

Tabla 4

Resultados de emisiones Alcance 1

Área	Meses	Emisiones kgCO _{2e}
Consumo eléctrico	Enero	-
	Febrero	1439,48
	Marzo	1228,03
	Abril	1245,48
	Mayo	1362,99
	Junio	1305,86
	Julio	798,05
Total		7379,87

Es importante mencionar, que durante el mes de enero no existieron emisiones de este alcance debido a no contar con un medidor. Durante el mes de febrero las emisiones del Alcance 1 fueron de 1439,48 kgCO_{2e}, representando el 19% del alcance; en el mes de marzo, 1228,03 kgCO_{2e}, representando el 17% del alcance, en el mes de abril 1245,47 kgCO_{2e}; equivalente al 17%, en el mes de mayo 1362,99 kgCO_{2e}, representando el 18%, en el mes de junio 1305,86 kgCO_{2e}, representando el 18% y por último en el mes de julio 789,05 kgCO_{2e}, representando el 11% del alcance. De esta forma, las emisiones por el consumo de electricidad total fueron de 7379,87 kgCO_{2e}, tal como se expresa en la Figura 2.

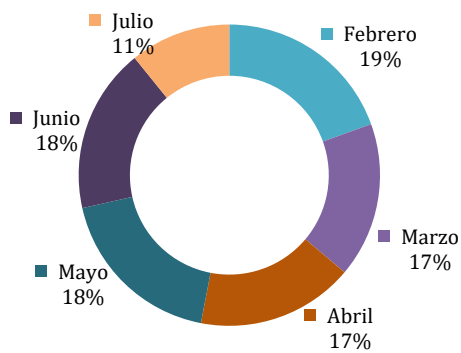


Figura 2. Representación de las emisiones del alcance 1.

Los resultados apuntan al consumo eléctrico como fuente importante de emisiones según resaltan los autores Oloruntobi et al. (2023), donde mencionan que, entre las mayores fuentes de emisión en una empacadora se destaca el consumo eléctrico señalando al almacenamiento como el responsable de emitir la mayor cantidad de CO_{2e} por electricidad. Además, refiere que la distribución de la energía en los almacenes se reparte de manera ineficiente debido a sus necesidades energéticas para iluminación, refrigeración, equipos, calefacción y ventilación.

Alcance 2: Desechos – Transporte – Insumos

En la Tabla 5 se detallan los resultados de emisiones procedentes de los desechos, insumos y transporte de la empacadora en los meses de estudio en kgCO_{2e}, resultando los insumos los de mayor aporte dentro del inventario.

Con un total de 36704,70 kgCO_{2e}, los insumos representan el 98% de las emisiones, transporte 1% y los desechos 1%, estos últimos no tienen una representación significativa en comparación a los insumos, sin embargo, esto no determina que sus emisiones sean bajas, solo que son mínimas en relación con el área restante como se muestra en la Figura 3.

Tabla 5 Resultados de emisiones Alcance 2

Áreas	Elementos	Emisiones kgCO _{2e}
Desechos	Cartón	209,31
	Papel	
	Plástico	
	Materia orgánica	
	Zunchos	
	Esquineros Restos sanitarios	
Transporte de Fruta	Diesel	340,28
Insumos	Fungicida	36704,70
	Etiquetas Plu	
	Etiquetas	
	Cartón	
Total		37254,29

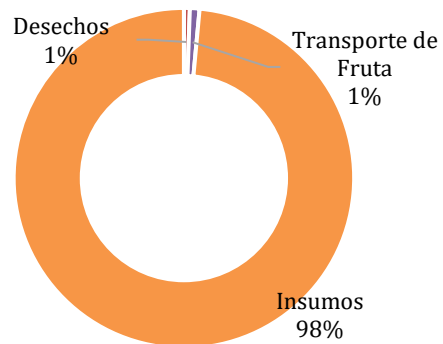


Figura 3. Representación de las emisiones del Alcance 2.

Los resultados de Bajec et al. (2020) establecen que, si bien el transporte es el principal responsable de la mayoría de las emisiones de carbono en la logística, los almacenes también son responsables de una fracción importante de la contaminación generada durante las acciones logísticas en la cadena de suministro, a diferencia del presente estudio, donde los insumos representan el 98% de las emisiones con un total de 36704,70 kgCO_{2e}. Coincidiendo que, gran parte de las emisiones se deben a la gestión de los procesos ocurridos en las empacadoras.

Dentro de este enfoque es necesario mencionar la demanda de productos, ya que requeriría de más espacio y recursos como destacan Oloruntobi et al. (2023), a medida que estas instalaciones crezcan, producirán más desechos y usarán más energía. Mencionando, además, que la falta de enfoques concretos para reducir los GEI y la contaminación ambiental en el sector del almacenamiento, especialmente en los países en desarrollo, representa un vacío de conocimiento en la literatura existente. Se enmarca la necesidad de inventarios de HdC que estén enfocados en estos sectores de la cadena productiva.

Carbono por fuente de emisión

Se representa en la Figura 4 los resultados de la HdC total de la empacadora dividida por fuente de emisión, en donde el consumo de electricidad representa el 17% de emisiones, los desechos representan el 0% de emisiones, transporte de fruta como sector representa 1% de emisiones y los insumos representan el sector que mayores emisiones contine con el 82% de emisiones.

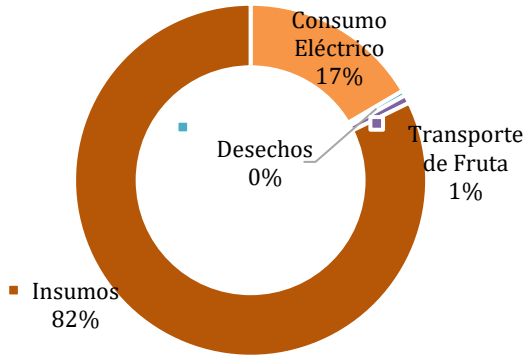


Figura 4. Huella de Carbono por fuente de emisión.

Los paquetes enmarcados dentro de los insumos (82%) pueden llegar a representar gran parte de las emisiones de una empacadora (Lacono et al., 2020), los impactos ambientales de las emisiones de GEI del empaque pueden ser significativos (del 7% al 54% de las emisiones totales de la producción de frutas y hortalizas frescas, según el volumen y el mercado). Así, el empaque de cartón en el transporte de frutas y hortaliza a las emisiones de GEI, apuntando a la generación de envases por la demanda productiva, tiene una gran influencia, es decir, al estar en las actividades principales de los almacenes o bodegas, el empaquetar productos su HdC en insumos y desechos por envases puede llegar a ser representativa.

Emisiones totales

En la Tabla 6 se muestra el total de emisiones por alcance y fuentes de emisión, obteniendo la HdC organizacional de la empacadora en los meses de enero a julio 2023.

Tabla 6

Total de emisiones de los Alcances 1 y 2

Alcances	Fuentes de emisión	Unidades	Emisiones CO _{2e}
Alcance 1	Consumo Eléctrico	kgCO _{2e} /MWh	7379,87
	Desechos	kgCO _{2e} /t	
Alcance 2	Transporte de Fruta	kgCO _{2e} /L	37254,29
	Insumos	kgCO _{2e} /t	
Total			44634,16

Del total de emisiones contabilizadas, el alcance 2, otras emisiones indirectas, es el más representativo con 83% que equivale a 37254,29 kgCO_{2e}. Mientras el alcance 1, emisiones indirectas, figura en un 17% del total que es equivalente a 7379,87 kgCO_{2e}.

Es importante mencionar que la empacadora cuenta con un solo espacio en sus áreas de trabajo y debido a su actividad, su HdC es de a 44634,16 kgCO_{2e}, no obstante, debe considerarse que su cálculo es una estimación que abarca únicamente siete meses y para conocer una HdC corporativa es necesario contemplar el conteo de emisiones a partir de un año base (12 meses), aun así, el monitoreo de siete meses puede otorgar una estimación aproximada a la realidad que ayude a prevenir y planificar.

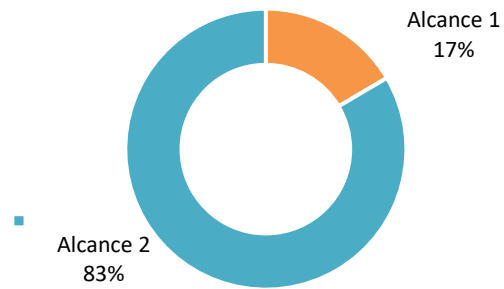


Figura 5. Huella de Carbono, Alcances 1 y 2.

En cuanto a las medidas para reducir y mitigar la HdC, se pueden tomar como referencia los reportes del estudio científico de Karalis & Kanakoudis (2023), el cual se centra en analizar la HdC de los productos y servicios de una bodega de viñeta en Grecia donde se comparan los procesos y se destaca el implemento de un registro completo de los posibles “absorbedores” de CO₂ involucrados en la reducción de la HdC, como el compost, las prácticas de reciclaje, la siembra, la participación de los Sistemas de Energía Renovable (RES) y el uso de combustibles de los residuos orgánicos producidos, siendo este un proceso que no se contempla en la mayoría de las cadenas de producción.

Por otra parte, esta empacadora implementa estrategias de compensación en donde se busca mitigar las emisiones a través de los cultivos de viñeta de donde se obtiene su materia prima. Esto debido a que la empresa posee fincas con cultivos de pitahaya y otros alimentos.

En relación con los resultados de Patil et al. (2023), varios países han magnificado sus esfuerzos para alcanzar los objetivos de neutralidad de carbono. Lo que implicaría de acuerdo con el mismo autor que, las cadenas de suministro tendrían mayores responsabilidades para reducir la huella de carbono de la red.

Existen pocas investigaciones que aborden la HdC de cada apartado de las cadenas productivas, lo que involucra el desconocimiento de los aportes de GEI de estas áreas al ambiente y su relevancia en las metas mundiales de carbono neutro. Como señala Zhang et al. (2022), la cadena de suministro desempeña un papel fundamental en la descarbonización, especialmente al abordar las emisiones de Alcance 2.

Proyección para el año base

A partir de los siete meses considerados en el estudio, se realizó una proyección de los cinco meses restantes para establecer un escenario completo del año base. El resultado de la proyección de 12 meses en el alcance 1 evidenció que la empacadora produciría un consumo de energía de 14759,75 kgCO_{2e}, en cuanto al alcance 2 se tendría un consumo de 63864,50 kgCO_{2e}, de las fuentes de emisión de desechos, insumos y transporte de la fruta. Por lo tanto, según los resultados se estima que aún en ese escenario hipotético, las emisiones del alcance 1 seguirán siendo menores a las del alcance 2. En la Tabla 7 se muestran las emisiones en KgCO_{2e} generadas por otras industrias en comparación con la empacadora Agrotreader.

Tabla 7
Comparación de resultados con otras industrias

	Empacadora Agrotreader	Winery in Greece	Transport of Spanish fruit and vegetables in cardboard boxes
			58 000 – 130 000
KgCO_{2e}	4 4634,16	1 383 140	(Depende del tipo de fruta)

En términos de unidad estándar, la industria con mayor contribución de GEI fue el Transporte de frutas y hortalizas españolas en cajas de cartón, pues en esta se considera el transporte a Francia, Alemania y Países Bajos, mientras que, la industria de Vino en Grecia valora todo el proceso de producción. Por otro lado, a pesar de que los resultados en la industria de estudio son menores, se debe considerar que este indicador depende de diferentes factores, como la magnitud de la industria, tipo de actividad y las principales condiciones de las categorías asociadas a cada alcance. Por otro lado, se destaca que la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 2024), cuenta con una base integral de datos de emisión y generación proveniente de los Programas del Sector de Energía de Aire Limpio de la EPA. Dentro de los datos se incluyen las emisiones anuales de CO_{2e} de varias empresas de Estados Unidos con una actualización del 2022, entre estas están Packaging Corp. of America Jackson Mill y Evergreen Packaging Inc que son dos empacadoras que fueron incluidas en este análisis.

Tabla 8
Comparación de resultados con otras empacadoras

	Empacadora Agrotreader	Packaging Corp. of America Jackson Mill	Evergreen Packaging Inc
KgCO_{2e}	4 4634,16	7 362 260	18 047 815

Las emisiones de la Empacadora Agrotreader son significativamente menores a las demás industrias con similares procesos, pues las industrias citadas representan grandes sectores de empaque dentro de Estados Unidos. Por lo tanto, debido al alcance de cada una de estas empresas de empaque la diferencia es medida.

4. Conclusiones

Durante los siete meses analizados, la empacadora de la empacadora Agrotreader emitió 44634,16 kgCO_{2e}, demostrando que la categoría con mayor contribución a la HdC estimada, fue el alcance 2, con 83% del total, lo que refleja que dicho alcance presentó mayor relevancia en términos de impactos ambientales negativos siendo el cartón uno de los insumos con un FE más elevado.

Se determinó que el alcance 1 obtuvo un total de emisiones derivadas del consumo eléctrico de 7379.87 kgCO_{2e}, siendo febrero, el mes con mayor consumo de energía que equivale al 19% de las emisiones totales de la empacadora en esta categoría, a pesar de ser el mes más corto; esto podría estar relacionado con el nivel de producción.

En el proceso de estimación de la HdC, uno de los puntos importantes fue la determinación del flujo de procesos en la empacadora, ya que al entender y conocer los alcances podemos evidenciar los procesos en donde estos contribuyen a emitir gases de efecto invernadero.

Aunque los resultados de la proyección sugerida dan una idea de la HdC anual, para que exista una visión completa real, es necesario tener por lo menos un año en futuros análisis. En caso de obtener pocos datos, no pueden presentarse estimaciones o proyecciones de la HdC en el futuro pues existirá carencia de variaciones, es decir, la línea de tendencia será la misma.

Agradecimiento

El presente estudio fue posible gracias al apoyo de la empacadora Agrotreader que aportó información circunstancial para la realización del proyecto. Vivimos en un entorno en el que las empresas privadas protegen su información de manera que este tipo de estudios no suelen ser posibles y menos publicados, agradecemos la transparencia institucional que esperamos siga prevaleciendo, de manera que promueva el campo de investigación en el área de HdC.

Referencias bibliográficas

- Aguilera, E., Piñero, P., Infante Amate, J., González de Molina, M., Lassaletta, L., & Sanz Cobeña, A. (2020). Emisiones de gases de efecto invernadero en el sistema agroalimentario y huella de carbono de la alimentación en España. *Real Academia de Ingeniería*.
- Bajec, P., Tuljak, D., & Bajor, I. (2020). A Warehouse Social and Environmental Performance Metrics Framework. *Promet-Traffic&Transportation*. <https://doi.org/10.7307/ptt.v32i4.3390>
- Choi, B., Lee, D., & Psaros, J. (2013). An analysis of Australian company carbon emission disclosures. *Pacific Accounting Review*, 25(1), 58-79. <https://doi.org/10.1108/01140581311318968>
- DEFRA. (2022). Greenhouse gas reporting: conversion factors 2022. Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales. UK.
- EPA. (2024). Emissions & Generation Resource Integrated Database (eGRID). EPA: <https://www.epa.gov/eGRID>
- Frumkin, H. (2018). The US Health Care Sector's Carbon Footprint: Stomping or Treading Lightly? *American Public Health Association*, 108(52), 56-57. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2017.304160>
- Ihobe. (2012). Guía Metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1:2006 para el desarrollo de inventarios de Gases de Efecto Invernadero en organizaciones. En Ihobe. Bilbao: Sociedad Pública de Gestión Ambiental.
- IPCC. (2018). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157940>.
- Karalis, D., & Kanakoudis, V. (2023). Carbon footprint of products and services: The case of a winery in Greece. *Science of The Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162317>
- Klaaßen, L., & Stoll, C. (2021). Harmonizing corporate carbon footprints. *Nature Communications*, 12(6149), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26349-x>
- Lacono, V., Viñoles, R., Bastante, M., & Capuz, S. (2020). Transport of Spanish fruit and vegetables in cardboard boxes: A carbon footprint analysis. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118784. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118784>
- Liu, Y., Xu, L., Sun, H., Chen, B., & Wang, L. (2023). Optimization of carbon performance evaluation and its application to strategy decision for investment of green technology innovation. *Journal of Environmental Management*, 325, 116593. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116593>
- Netherlands Development Organization. (2015). Huella de carbono del café producido por Aruco. Copan, Honfuras: CEPAL.
- Oloruntobi, O., Mokhtar, K., Mohd, N., Gohari, A., Asif, S., & Fatt, L. (2023). Effective technologies and practices for reducing pollution in warehouses - A review. *Cleaner Engineering and Technology*, 13, 100622. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2023.100622>
- Patil, A., Shardeo, V., Dwivedi, A., Muktadir, A., & Bag, S. (2023). Examining the interactions among smart supply chains and carbon reduction strategies: To attain carbon neutrality. *Business Strategy and the Environment*, 33(2), 1227-1246. <https://doi.org/10.1002/bse.3547>
- PNUD. (2023). Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica con apoyo del PNUD socializan el Programa Ecuador Carbono Cero – PECC, buscando promover la acción climática en el sector productivo del país. ONU.
- Priyan, S. (2024). A blockchain-based inventory system with lot size-dependent lead times and uncertain carbon footprints. *International Journal of Information Management Data Insights*, 4(1), 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.ijime.2024.100225>
- Rekker, L., Kesina, M., & Mulder, M. (2023). Carbon abatement in the European chemical industry: assessing the feasibility of abatement technologies by estimating firm-level marginal abatement costs. *Energy Economics*, 126, 106889. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106889>
- Rodríguez, J., Ruiz, M., & Meneses, A. (2020). Revisión de los factores de emisión en las metodologías de huella de carbono en Colombia. *Revista espacios*, 41(47), 79-80. <https://doi.org/10.48082/espacios-a20v41n47p06>
- Rouhia, K., Shafiepour, M., Dalir, F., Pérez, J., & Golzary, A. (2024). Towards sustainable electricity generation: Evaluating carbon footprint in waste-to-energy plants for environmental mitigation in Iran. *Energy Reports*, 11, 2623-2632. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.02.017>
- Solikhah, B., Yulianto, A., & Suryarini, T. (2020). Carbon emission report: a review based on environmental performance, company age and corporate governance. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 623, 1-6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/623/1/012042>
- Xia, M., & Huifen, H. (2023). The driving factors of corporate carbon emissions: an application of the LASSO model with survey data. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 56484–56512. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26081-7>
- Yang, Z., Zhang, B., Yang, Y., Qin, B., & Wang, Z. (2024). Interprovincial inequality between economic benefit and carbon footprint: Perspective from China's Construction industry. *Environmental Impact Assessment Review*, 104, 107293. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107293>
- Zhang, A., Faizan, M., Gong, Y., & Wang, J. (2022). Overcoming barriers to supply chain decarbonization: Case studies of first movers. *Resources, Conservation and Recycling*, 186, 106536. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106536>