

Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero en la industria forestal

M.C. Pedro Meza López¹, Mayra Karina Trujillo Delgado², Alan Ulises Burciaga Álvarez³,
Dr. Juan Abel Nájera Luna⁴, M.C. Ricardo de la Cruz Carrera⁵

Resumen: El presente estudio aborda una herramienta relativamente novedosa para cuantificar emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). (punto) Este estudio fue enfocado en contabilizar las emisiones de GEI generadas en dos anualidades de una industria forestal. La metodología que se empleó es la propuesta por el estándar corporativo de contabilidad y reporte (ECCR) del protocolo de GEI del WBCSD y WRI, 2005 y la teoría y conceptos generales para elaborar inventarios verificables de emisiones de GEI de la SEMARNAT, 2014. El establecimiento del límite organizacional comprendió todas las instalaciones y operaciones del ejido forestal La Victoria. La cantidad de emisiones de GEI generadas en el límite organizacional fue de 506.12 tCO₂e ± 7.5%. El límite operacional catalogado como alcance 1 (A1) presentó la mayor cantidad de emisiones derivadas del consumo de combustibles fósiles en fuentes móviles contribuyendo con 404.48 tCO₂e lo que representa el 79.92% de las emisiones. Se encontró que no existe influencia significativa de emisiones a la atmosfera tanto entre anualidades como entre alcances. Los inventarios de GEI proporcionan un importante potencial, no solo en el control y mitigación de emisiones por eficiencia energética, sino también en la creación de valor sostenible en la industria forestal.

Palabras clave: inventario, emisiones de GEI, industria forestal, protocolo de GEI.

Greenhouse gasses emission inventory in the forest industry

Abstract: The present study addresses a relatively novel tool to quantify greenhouse gas (GHG) emissions, with a focus on accounting for GHG emissions generated in two annual time periods within the forest industry. The methodology used was proposed by the corporate accounting and reporting standard (CARS) of the GHG protocol of the WBCSD and WRI in 2005 and the theory and general concepts to develop verifiable GHG emissions inventories came from SEMARNAT (2014). The organizational boundary of the study included all the facilities and operations of the La Victoria forest common land. The amount of GHG emissions generated in the organizational limit was 506.12 tCO₂e ± 7.5%. The operational limit cataloged as scope 1 (A1) presented the highest amount of emissions derived from the consumption of fossil fuels in mobile sources, contributing 404.48 tCO₂e, which represents 79.92% of the emissions. There is no significant influence of emissions to the atmosphere both between annuities and between scopes. GHG inventories provide an important potential not only in the control and mitigation of emissions for energy efficiency, but also in the creation of sustainable value in the forest industry.

Keywords: inventory, GHG emission, forest industry, GHG protocol.

Introducción

La influencia humana en el sistema climático es clara y va en aumento, por consiguiente las emisiones antropógenas recientes de gases de efecto invernadero (GEI) son las más altas desde la era preindustrial, alcanzando cifras de 49 GtCO₂e (Gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente) al año a nivel mundial (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC, 2015). Asimismo, México emitió 683 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO₂e) en el año 2015 (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC, 2018), siendo éstas las más altas de la última década. En gran medida, los motores responsables en el aumento de las emisiones han sido el crecimiento demográfico, prácticas agrícolas más intensivas, mayor uso de la tierra, la deforestación, la industrialización y el consiguiente uso de energía procedente de combustibles fósiles (Organización Meteorológica Mundial OMM, 2017).

En el contexto industrial han surgido mecanismos para ayudar a las empresas a contabilizar sus emisiones, tal es el caso de la iniciativa del protocolo de GEI lanzada en 1998 por el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo

¹ El M.C. Pedro Meza López es Profesor del Instituto Tecnológico de El Salto, Durango, México. pettermezza@itelsalto.edu.mx (autor corresponsal)

² Mayra Karina Trujillo Delgado es egresada de la carrera de ingeniería forestal del Instituto Tecnológico de El Salto, Durango, México. trujillopquee@gmail.com

³ Alan Ulises Burciaga Álvarez es egresado de la carrera de gestión empresarial del Instituto Tecnológico de El Salto, Durango, México. alan-urciaga@outlook.com

⁴ El Dr. Juan Abel Nájera Luna es Profesor Investigador del Instituto Tecnológico de El Salto, Durango, México. jalnajeraster@gmail.com

⁵ El M.C. Ricardo de la Cruz Carrera es Profesor del Instituto Tecnológico de El Salto, Durango, México. r.dlc@hotmail.com

Sustentable y por el Instituto de Recursos Mundiales (WBCSD y WRI por sus siglas en inglés). Esta iniciativa es una alianza multipartita de empresas, organizaciones no gubernamentales, gobiernos y otras entidades cuya misión es desarrollar estándares de contabilidad y reporte aceptados internacionalmente (WBCSD & WRI, 2004). Esta iniciativa comprende el Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte (ECCR)

En este sentido, México es uno de los pocos países no-anexo I donde un número importante de empresas y organizaciones han adoptado el protocolo de GEI (Jiménez, 2010). Hoy en día y a través del programa GEI de México coordinado por la Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES) participan de manera voluntaria más de 120 empresas de diversos giros. Las empresas son reconocidas después de reportar sus emisiones, establecer una estrategia corporativa y reducir emisiones de carbono en varios niveles de gestión (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, 2010).

No obstante, las empresas del sector forestal primario concentradas en el municipio de Pueblo Nuevo en el estado de Durango no cuentan con un seguimiento o control de sus emisiones de GEI. En reconocimiento al cuidado del medio ambiente y a la ausencia de esfuerzos serios o indolencia por parte del sector forestal con respecto a la contabilización de emisiones GEI dentro de sus procesos productivos, surge la necesidad de generar un inventario de emisiones que posibilite abordar acciones de regulación, mitigación y control de las mismas. Un inventario es una lista de emisiones de GEI cuantificadas y de las fuentes de emisión correspondientes a una organización determinada, incluyendo emisiones directas e indirectas (SEMARNAT, 2014).

La ejecución del inventario de emisiones emprenderá consigo beneficios económicos, sociales y ambientales los cuales, a su vez, reforzarán el compromiso fundamental de la industria forestal hacia su excelencia en el desempeño ambiental, la sostenibilidad en las operaciones de fabricación y la utilización responsable del recurso natural (NCASI, 2019). El propósito del presente estudio fue contabilizar las emisiones de GEI de dos anualidades en un ejido forestal dedicado a la manufacturación de productos de madera, siguiendo la metodología del ECCR del protocolo de GEI. Las emisiones de GEI se encuentran expresadas en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_2e).

Desarrollo

Área de Estudio

El inventario se realizó en el ejido La Victoria situado en la región de El Salto al sudoeste del estado de Durango en el municipio de Pueblo Nuevo, específicamente entre los paralelos $23^{\circ} 40' 04''$ y $23^{\circ} 47' 54''$ de latitud Norte y los meridianos $105^{\circ} 21' 31''$ y $105^{\circ} 29' 52''$ de longitud Oeste. La superficie del ejido fue de 10,810 hectáreas y la altura sobre el nivel del mar fue de 2,548 metros. El predio del ejido fue formado por bosques de pino-encino, los cuales son aprovechados para fabricar productos maderables, tales como polines, barrotes, tablones y tablas de diversas dimensiones.

Materiales y métodos

La contabilización de GEI se realizó empleando la metodología propuesta por el ECCR del protocolo de GEI (WBCSD y WRI, 2005), la cual se basa en los principios metodológicos siguientes: relevancia, integridad, consistencia, transparencia y precisión. Los principios anteriores se asocian y ejecutan a través de nueve pasos contenidos en el documento teoría y conceptos generales para elaborar inventarios verificables de emisiones de gases de efecto invernadero (SEMARNAT, 2014).

La sistematización y ejecución para la contabilización de GEI comenzó con el establecimiento del límite organizacional, el enfoque de consolidación y los límites operacionales. El primero se definió a partir de la estructura operativa y la instauración de un objetivo de inventario de emisiones por parte del ejido. Luego, el segundo fue seleccionado en términos del control que el ejido ejerce sobre sus políticas financieras u operacionales. Finalmente, los límites operacionales fueron establecidos en función de las operaciones que son controladas o no controladas por el ejido lo que, su vez, involucró la identificación de las fuentes de emisión asociadas a las operaciones de abastecimiento, transformación y servicios y oficinas clasificándolas en tipos de emisión, es decir emisiones directas o alcance 1 (A1), indirectas o alcance 2 (A2) y otras emisiones indirectas o alcance 3 (A3). Luego, los tipos de emisión se simbolizaron a través de pictogramas insertados en un diagrama de flujo exclusivo del proceso productivo del ejido. Este diagrama fue diseñado con la finalidad de representar la secuencia, la interrelación y correspondencia de las operaciones con la generación de emisiones. Además, el diagrama fue analizado rigurosamente a fin de verificar la exclusividad recíproca entre los alcances 1, 2 y 3 de tal manera que se evite la doble contabilidad. Para diseñar el diagrama de flujo se requirió del programa informático Edraw Max®. La identidad de cada operación fue tomada de Rainforest Alliance (2010) y de Nájera-Luna (2010).

La segregación de los métodos de cálculo permitió seleccionar el método denominado uso de datos de actividad y factores de emisión documentados dada la viabilidad y practicidad que representa su aplicación en la contabilización de emisiones. Los factores de emisión adoptados fueron los factores por defecto del IPCC (2006), SEMARNAT (2017)

y CRE (2018). Los potenciales del calentamiento global (PCG) fueron tomados del quinto reporte de evaluación (AR5) del IPCC (2015).

Después de haber seleccionado el método de cálculo, se procedió a realizar la recolecta de datos de actividad, la cual consistió en recuperar documentos clave relacionados con informes financieros, facturas de combustibles fósiles y recibos de energía eléctrica de las últimas dos anualidades. Las anualidades comprendieron de octubre de 2016 a septiembre de 2017 (P1) y octubre de 2017 a septiembre de 2018 (P2). Una vez recolectados los datos, se adoptaron dos criterios de desagregación, siendo éstos, catálogo de emisión y secuencia mensual. Las unidades de medida contenidas en los datos de actividad se expresaron en unidades de energía del Sistema Internacional (SI), empleando los factores de conversión indicados por Turner & Doty (2007) y Capehart, Turner & Kennedy (2012). Cabe señalar que fue necesario consultar el historial de precios promedio diarios reportados por los permisionarios de estaciones de servicio de expendio al público de la CRE (2018) así como el historial de consumo de energía eléctrica contenido en la base de datos de la CFE (2018). Posteriormente, la incertidumbre, tanto agregada como acumulada se calculó mediante la herramienta aggregating statistical parameter uncertainty in GHG inventories versión 2003 (WBCSD & WRI, 2011). Las emisiones totales, expresadas en tCO₂e (toneladas de dióxido de carbono equivalente) se calcularon empleando la herramienta denominada GHG emissions from wood products manufacturing facilities versión 1.0 2005 (WBCSD & WRI, 2008).

Resultados

El límite organizacional comprendió todas las operaciones del proceso productivo que son propiedad del ejido La Victoria. El objetivo del inventario fue instituido como programa voluntario optando por el enfoque de control operacional caso dos, esto es, no existe un solo dueño: es una asamblea de socios que posee la plena autoridad sobre las decisiones tanto financieras como operacionales. El establecimiento del límite organizacional, el enfoque de consolidación y la identificación de los límites operacionales se resume en la tabla 1.

Ejido La Victoria					
Límite organizacional	Estructura legal y socios	Objetivo del inventario de emisiones	Enfoque de consolidación		
			Enfoque de control		Enfoque de participación accionario
			Criterio de control financiero	Criterio de control operacional	
	Asamblea general de socios representados por un comisariado	Programa voluntario	--	100% control operacional caso 2	--

Límites operacionales		Tipo de emisión	Etapas del proceso	Fuente de emisión	Descripción de la maquinaria, equipo o material
Alcance 1 (A1, emisiones directas)			Abastecimiento y Transformación	Consumo de combustibles fósiles en fuentes móviles (Litros, L)	Camiones para servicio pesado y ligero (tractocamiones, grúas, skider, montacargas, y camionetas) Máquinas de combustión interna portátiles (motosierras)
Alcance 2 (A2, emisiones indirectas)			Transformación	Consumo de energía eléctrica comprada (kilowatt hora, kWh)	Motores eléctricos Iluminación (fluorescente compacta y aditivos metálicos) Equipo de cómputo Misceláneos (cafetera, radiograbadora, entre otros)
Alcance 3 (A3, otras emisiones indirectas)			Comercialización	Consumo de combustibles fósiles en fuentes móviles	Camiones para servicio pesado y servicio ligero de clientes y proveedores

Tabla 1. Límites organizacionales y operacionales

Por un lado, el límite operacional asociado al alcance 1 (A1) o emisiones directas catalogó como fuente de emisión el consumo de combustibles fósiles en fuentes móviles, destacando que dichas fuentes móviles están compuestas por camiones para servicio pesado y ligero así como máquinas de combustión interna portátiles. Por otro lado, el límite operacional ligado al alcance 2 (A2) o emisiones indirectas presentó como fuente de emisión el consumo de energía eléctrica comprada por el uso de motores eléctricos, iluminación y equipo de cómputo. A diferencia del alcance 1 y 2, el alcance 3 ocurre en fuentes que no son propiedad del ejido ni están controladas por éste, de modo que las fuentes identificadas en el límite operacional A3 no fueron contabilizadas, previniendo de esta forma la doble contabilidad.

En este sentido, resulta relevante establecer los límites del inventario dado que provee información útil para la toma de decisiones al determinar qué emisiones son contabilizadas y por ende reportadas.

El diagrama de flujo de la figura 1 muestra las operaciones que generan emisiones a lo largo del proceso productivo. En ésta es posible apreciar que las emisiones directas por consumo de combustibles fósiles en fuentes móviles (pictograma romboide de color amarillo y abreviatura A1) predominan en las operaciones de la etapa de abastecimiento mientras que en la etapa de transformación preponderan las emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica comprada (pictograma cuadrado color verde con abreviatura A2). Asimismo, las emisiones no controladas por el ejido, o bien, otras emisiones indirectas (A3) fueron identificadas únicamente en la comercialización del producto maderable (pictograma de color rojo). Adicionalmente, el diagrama de flujo destaca la ausencia de emisiones de combustibles fósiles en fuentes fijas y emisiones fugitivas en fuentes fijas. También, hay que tener en cuenta que las emisiones o remociones por área en fuentes fijas fueron identificadas (pictograma de color morado); sin embargo, se excluyeron del inventario, al igual que A3, debido a que éstas son contabilizadas de manera separada o independiente de un inventario de emisiones de GEI.

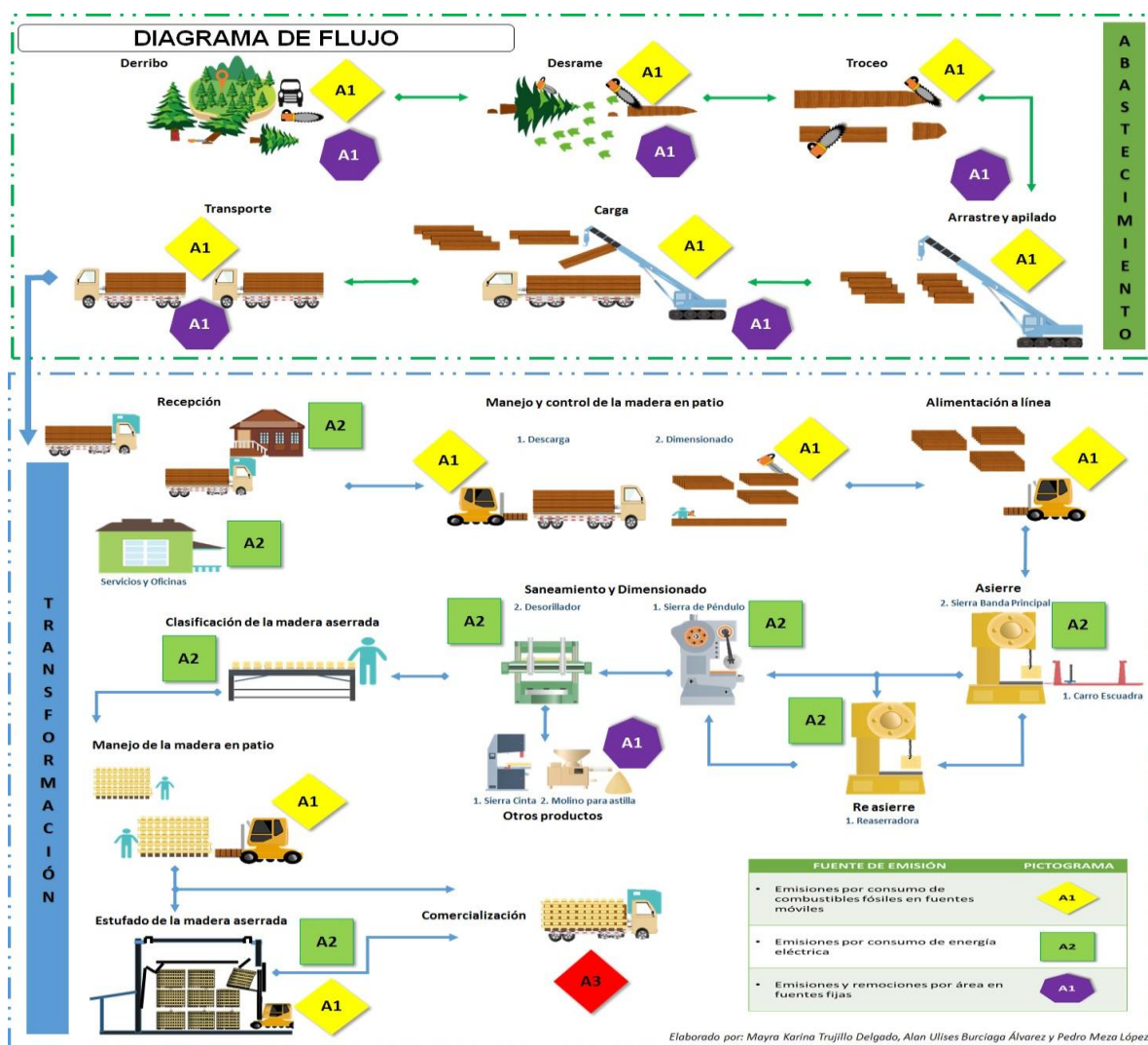


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso productivo para la identificación de los tipos y fuentes de emisión

En definitiva, esbozar las fuentes de emisiones directas e indirectas en las operaciones del ejido aporta de manera inclusiva un espectro de oportunidades de manejo y control de emisiones. El grado de transparencia que proporciona este tipo de interrelaciones es neutral, comprensible y verificable.

La desagregación mensual de los datos de actividad permitió construir la serie temporal de la figura 2. En ésta figura se pueden observar las oscilaciones de las emisiones de GEI a lo largo de las dos anualidades, así como las

variaciones estacionales causadas por fenómenos que se repiten anualmente. Las emisiones mensuales promedio de GEI correspondieron a 21.09 tCO₂e, además el valor mínimo observado fue de 1.79 tCO₂e para el mes 23. En cambio, el valor máximo observado ocurrió en el mes 2 con un valor de 38.15 tCO₂e. Globalmente, la cantidad de GEI que el ejido La Victoria emitió a la atmósfera durante las dos anualidades fue de 506.12 tCO₂e \pm 7.5%, de las cuales 243.68 tCO₂e correspondieron a la primera anualidad (P1) mientras que 262.44 tCO₂e pertenecieron a la segunda anualidad (P2), lo que significó una contribución mayor de emisiones por parte de P2 equivalente a 18.76 tCO₂e, es decir más del 7% con respecto a P1. La contabilización es suficientemente precisa debido a que la incertidumbre acumulada (7.5%) se encuentra entre los intervalos 6 y 15%, es decir buena en una escala de pobre a alta.

Los valores mínimos de liberación de GEI a la atmósfera por anualidad se observan en las oscilaciones de los meses 11 y 23 coincidiendo en el mes de agosto, uno de los meses en el que se presenta la denominada época de lluvias. Esta época merma la productividad del ejido debido al deterioro que impera en las carreteras no pavimentadas impidiendo el acceso a áreas de corta, por consiguiente el consumo de combustibles fósiles en camiones de servicio pesado asignados a las operaciones de la etapa de abastecimiento decreció paulatinamente a partir del mes 8 (mayo), luego prorrogado a los meses 9 (junio) y 10 (julio) culminando en el mes 11 (agosto) de cada anualidad.

Serie temporal de emisiones de GEI (2 anualidades)

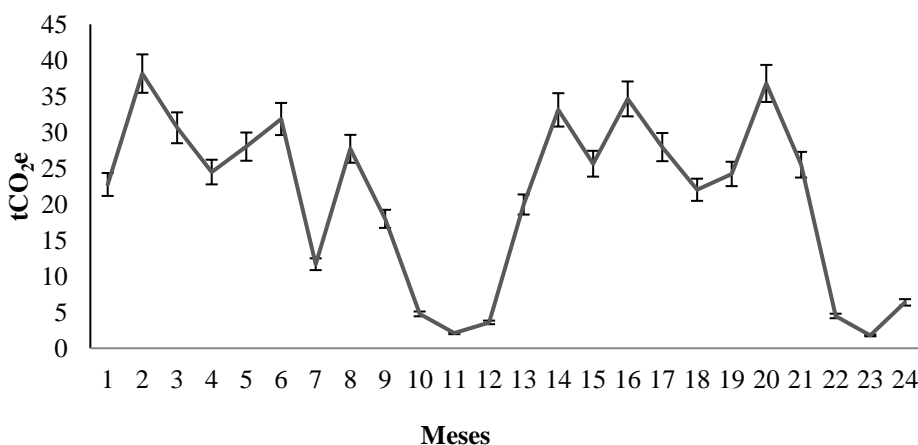


Figura 2. Serie temporal de emisiones de GEI, desde octubre de 2016 a septiembre de 2018.

La influencia de emisiones de GEI a la atmósfera crece o decrece con respecto a la época del año y con respecto a los cambios en el volumen de producción. La gestión de combustibles fósiles en la etapa de abastecimiento durante épocas diferentes a la época de lluvias amortiguará tanto las máximas liberaciones de GEI como de costos por la compra de combustibles fósiles. Además, implementar estrategias de conservación de la energía en oficinas y mejoras en la eficiencia energética de los motores eléctricos en la etapa de transformación traerá consigo ahorro de energía y mitigación de emisiones. En efecto, instrumentar los datos de actividad por medio de una herramienta estandarizada permitirá al ejido concentrar una mayor cantidad de documentos clave. Esta mayor concentración admitirá la creación de más niveles de desagregación de datos asumiendo eficientemente la calidad y precisión de la contabilización.

Con respecto a las emisiones de GEI por alcances se apreció que A2 proviene exclusivamente de las operaciones de transformación y servicios y oficinas obteniendo un promedio mensual de 4.23 tCO₂e, como se aprecia en la figura 3. La mayoría de las emisiones se atribuyó a los motores eléctricos con potencias nominales superiores a 745 Watts. Ahora bien, el promedio mensual de emisiones alcanzado por las fuentes de emisión englobadas en A1 fue de 16.85 tCO₂e, es decir, alrededor de cuatro veces más que A2; Esta es la razón por la cual es plausible teorizar que las fuentes de emisión que más contribuyen a la liberación de GEI a la atmósfera es el consumo de combustibles fósiles en fuentes móviles, específicamente los camiones para servicio pesado que emplean 10% más combustible fósil que los camiones para servicio ligero.

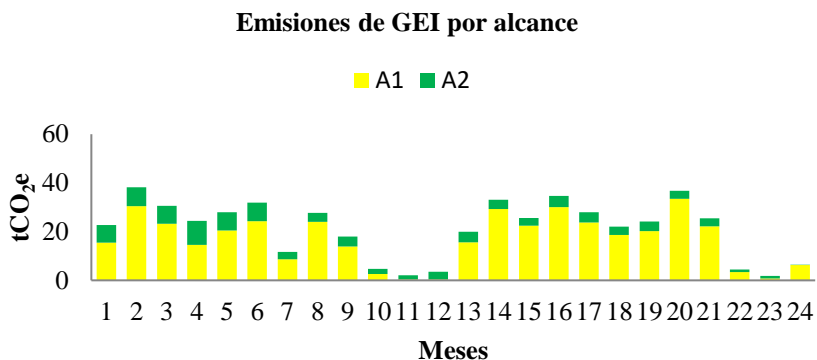


Figura 3. Emisiones de GEI por alcance, desde octubre de 2016 a septiembre de 2018.

En términos de etapas productivas, la etapa de abastecimiento es la que genera la mayor cantidad de emisiones partiendo del hecho de que el 87% de los camiones para servicio pesado se encuentran asignados a las operaciones de abastecimiento, esto es arrastre (skider), carga (flotilla de grúas) y transporte (flotilla de tractocamiones).

La tabla 2 muestra los estadísticos descriptivos por alcance y anualidad. Por un lado se observa que las emisiones totales derivadas del alcance 1 durante la anualidad 1 (A1-P1) y del alcance 2 durante la anualidad 2 (A1-P2) fueron de 178.49 y 226 tCO₂e de manera respectiva. Por otro lado, las cantidades de 65.19 y 36.45 tCO₂e hacen referencia al total atribuido a A2-P1 y A2-P2 respectivamente. Hay que hacer notar que el total de emisiones por anualidad fue de 243.68 tCO₂e para P1 y 262.45 tCO₂e correspondieron a P2.

Estadístico descriptivo	A1-P1	A1-P2	A2-P1	A2-P2
Media	14.87	18.83	5.43	3.04
Desviación estándar	10.14	10.57	2.70	1.48
Mínimo	0.35	0.71	1.71	0.04
Máximo	30.46	33.43	9.88	4.57
Total de tCO₂e	178.49	226.00	65.19	36.45

Tabla 2. Estadísticas descriptivas por alcance y anualidad dentro de la serie temporal

La figura 4 ilustra la contribución de emisiones por alcance y anualidad expresada en porcentaje. El alcance 1 representó la mayor contribución con 79.72% de las emisiones contabilizadas, mientras que el 20.08% pertenece al alcance 2. No obstante, el mismo comportamiento se puede observar en las dos anualidades donde la mayor contribución pertenece al alcance 1.

Contribución de emisiones de GEI por alcance y anualidad

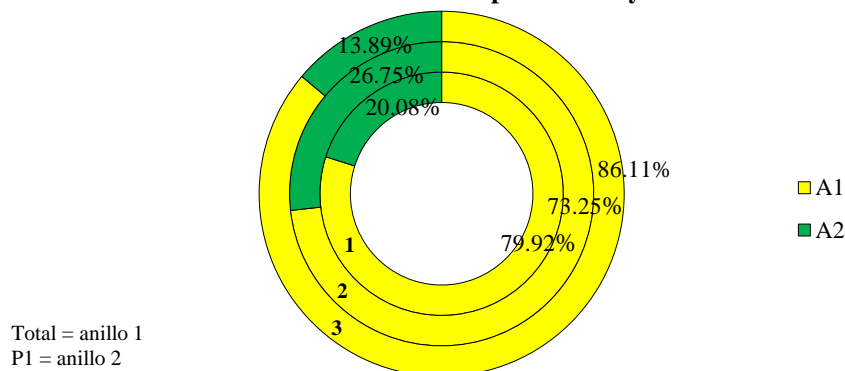


Figura 4. Contribución de emisiones de GEI por alcance y anualidad

Con la finalidad de determinar si existe influencia significativa de emisiones a la atmósfera entre anualidades y entre alcances por anualidad, se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon (U de Mann-Whitney) en relación a la mediana para dos muestras independientes. Como resultado se obtuvo que no existe influencia significativa de emisiones a la atmósfera entre anualidades ($p=0.8174$), la prueba sugiere una misma liberación de GEI no sólo para la anualidad P1 sino también para la anualidad P2 como se muestra en la tabla 3.

Anualidad	Media (tCO ₂ e)	Mediana (tCO ₂ e)	Varianza (tCO ₂ e ²)	Promedio de rangos	W	p
P1	20.31	23.61	147.95	12.17	146	0.8174
P2	21.87	24.85	139.17	12.83		

Tabla 3. Emisiones de GEI por anualidad

Asimismo, no hubo influencia significativa de emisiones a la atmósfera entre A1-P1 y A1-P2 ($p=0.3556$), es decir que las emisiones por consumo de combustibles fósiles en fuentes móviles fue similar estadísticamente. Además, A2 también no presentó influencia significativa en las tCO₂e emitidas entre anualidades ($p=0.1058$), de modo que la prueba sugiere una misma contribución en las dos anualidades para el mismo alcance como se muestra en las tabla 4.

Alcance	Anualidad	Media (tCO ₂ e)	Mediana (tCO ₂ e)	Varianza (tCO ₂ e ²)	Promedio de rangos	W	p
A1	P1	14.87	15.05	102.90	11.17	134	0.3556
	P2	18.83	21.17	111.68	13.83		
A2	P1	5.43	5.69	7.29	14.83	178	0.1058
	P2	3.04	3.35	2.20	10.17		

Tabla 4. Emisiones de GEI por alcance

Conclusiones

El límite organizacional comprendió todas las operaciones del proceso productivo que son propiedad del ejido La Victoria el cual, a su vez, emitió a la atmósfera un total de 506.12 tCO₂e \pm 7.5% durante las dos anualidades. El límite operacional que presentó la mayor cantidad de emisiones fue A1 o emisión directa por consumo de combustibles fósiles en fuentes móviles con un total de 404.48 tCO₂e lo que representó el 79.92%. En contraste, el límite operacional definido como A2 o emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica comprada registró un valor de 101.64 tCO₂e el equivalente al 20.08% de las emisiones de GEI.

La mayor contribución de emisiones de GEI a la atmósfera tanto para A1 y A2 se atribuyó a las fuentes de emisión identificadas como motores eléctricos y camiones para servicio pesado respectivamente. La etapa del proceso que más GEI emitió a la atmósfera fue la etapa de abastecimiento debido a que concentra el 87% de los camiones para servicio pesado.

No se presentó influencia significativa de emisiones a la atmósfera entre anualidades; la prueba sugiere una misma contribución no sólo para la anualidad P1 sino también para la anualidad P2. Asimismo, no hubo influencia significativa en A1-P1 y A1-P2. Además, A2 tampoco presentó influencia significativa en las tCO₂e emitidas entre anualidades.

Martínez-Prado (2016) encontró que la mayor contribución de emisiones de GEI en el estado de Durango fue la energía (68.30%) siendo la industria de la energía y el transporte las actividades más representativas con valores cercanos a los 9,200 Gg de CO₂ eq y 3,600 Gg de CO₂ eq. Ramírez (2016) generó resultados que le permitieron conocer que las emisiones de GEI generadas en el proceso industrial de la madera fue de 149 tCO₂e, en donde el 99.64% corresponde a combustión que se genera en los vehículos que están vinculados al proceso industrial y el 0.36% corresponde a la energía eléctrica que se consume en la planta. La influencia de emisiones de GEI a la atmósfera crece o decrece con respecto a la época del año y con respecto a los cambios en el volumen de producción. La gestión de combustibles fósiles amortiguará tanto las máximas liberaciones de GEI como de costos por la compra de combustibles fósiles. Implementar estrategias de conservación de la energía en oficinas y mejoras en la eficiencia energética de los motores eléctricos traerá consigo ahorro de energía y mitigación de emisiones.

Es necesario contabilizar las emisiones de GEI en otras empresas forestales de la región con la finalidad de evaluar si existe diferencia significativa. De conformidad a los principios del ECCR se sugiere crear estrategias de recopilación de datos en bruto y adaptarlas a sistemas de gestión asumiendo eficientemente la calidad y precisión de la contabilización. La serie temporal definida en este estudio puede emplearse como dato histórico o año base para dar seguimiento en el tiempo a las emisiones de la empresa.

Referencias

- Capehart, B.L., Turner, W.C. & Kennedy, W.J. (2012). *Guide to Energy Management* (7th ed.). United States of America: The Fairmont Press.
- Comisión Reguladora de Energía (CRE). (2018). Aviso sobre el factor de emisión eléctrico para el reporte 2017. Consultado 09-11-2018 en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/304573/Factor de Emisión del Sector Eléctrico Nacional 1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/304573/Factor_de_Emision_del_Sector_Electrico_Nacional_1.pdf)
- Comisión Reguladora de Energía (CRE). (2017). Precios de gasolinas y diésel reportados por los permisionarios. Consultado 08-10-2018 en <https://www.gob.mx/cre/articulos/precios-vigentes-de-gasolinas-y-diesel>
- Comisión Federal de Electricidad (CFE). (2018). Consulta tu recibo. Consultado 12-09-2018 en <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Recibos/Consulta/login.aspx?ReturnUrl=%2FAplicaciones%2FCCFE%2FRecibos%2FConsulta>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2018). Inventario nacional de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero. México: Autor. Obtenido de <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2015). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. www.ipcc.ch/report/ar5/syr/.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón. Obtenido de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/0_Overview/V0_0_Cover.pdf
- Jímenez, R.M. (2010). Estimación de emisiones de GEI en inventarios corporativos. Revista internacional de estadística y geografía, 1(1), 40-43. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/rde/rde_01/doctos/rde_01_art5.pdf
- Martínez-Prado, M.A. (2016). Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero para el estado de Durango, México. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 15(2), 575-601. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/305683734 Estimacion de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para el estado de Durango Mexico](https://www.researchgate.net/publication/305683734_Estimacion_de_las_Emisiones_de_Gases_de_Efecto_Invernadero_para_el_estado_de_Durango_Mexico)
- Nájera-Luna, J.A. (2010). Evaluación del proceso productivo maderable en la región de El Salto, Durango, México. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, N. L., México.
- National Council for Air and Stream Improvement (NCASI). (2019). Wood products manufacturing sector. E.U.A.:Autor. Obtenido de <https://www.ncasi.org/Programs/Wood-Products-Manufacturing/Index.aspx>
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2017). Estado de los gases de efecto invernadero en la atmósfera según las observaciones mundiales realizadas en el 2016. Boletín sobre los gases de efecto invernadero – N°13. Obtenido de https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=20043#.XJbIuaB7ILM
- Rainforest Alliance (2010). Manual de buenas prácticas en aserraderos de comunidades forestales. México: Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, Rainforest Alliance, Reforestamos México.
- Ramírez, P.C. (2016). Evaluación de la Huella de Carbono en el Proceso Industrial de la Madera en la Unidad Operativa Villanueva. Tesis de doctorado. Universidad de Cundinamarca. Fusagasugá, Colombia.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). Programa GEI de México. México: CCE, CESPEDES, WRI y WBCSD. Obtenido de: <https://www.geimexico.org/>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2014). Teoría de conceptos generales para elaborar inventarios verificables de emisiones de gases de efecto invernadero. México: Autor. Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/teoria-y-conceptos-generales-para-elaborar-inventarios-verificables>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2017). Aviso sobre el factor de emisión eléctrico para el reporte 2016. Consultado 09-11-2018 en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/228752/AVISO Factor de Emisión eléctrico COA2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/228752/AVISO_Factor_de_Emision_electrico_COA2016.pdf)
- Turner, W.C. & Doty, S. (2007). *Energy Management Handbook* (6th ed.). United States of America: The Fairmont Press.
- World Resources Institute and World Business Council Sustainable Development (WRI and WBCSD). (2004). The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard. Geneva: WBCSD (rev. edn)
- World Business Council Sustainable Development and World Resources Institute (WBCSD y WRI). (2005). Protocolo de Gases de Efecto Invernadero: Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte. México: SEMARNAT, WBCSD y WRI (rev. edn)
- World Resources Institute and World Business Council Sustainable Development (WRI and WBCSD). (2008). The Greenhouse Gas Protocol: NCASI spreadsheets for calculating GHG emissions from wood products manufacturing facilities version 1.0. Obtenido de <https://ghgprotocol.org/calculation-tools>
- World Resources Institute and World Business Council Sustainable Development (WRI and WBCSD). (2011). The Greenhouse Gas Protocol: Aggregating statistical parameter uncertainty in GHG inventories calculation worksheets version 2013. Obtenido de <https://ghgprotocol.org/calculation-tools>