

3. Huella de carbono de la producción de café cereza orgánico en Cumbres de Huicicila, Nayarit



JUAN MANUEL LARA-DELGADO*

SUSANA MARIA LORENA MARCELEÑO-FLORES**

RAFAEL MARTIN MURRAY-NUÑEZ***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.448.03>

Resumen

La huella de carbono es una metodología que mide las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En la agricultura, Nayarit, es un importante productor de café. Este estudio se centró en calcular la huella de carbono de la producción de café cereza con manejo orgánico en la región de Cumbres de Huicicila, Nayarit. Se estimaron las emisiones de GEI y la captura de carbono anual como base para la huella de carbono final. Las emisiones alcanzaron 826.6 kgCO_{2eq} por hectárea, siendo la producción de abonos orgánicos el principal contribuyente. La captura de carbono fue significativamente mayor, con 91 380 kgCO_{2eq} capturados principalmente por la especie *Inga sp.* Esto resultó en una huella de carbono anual de 0.009 kgCO_{2eq}/ha, lo que sugiere que la producción de café cereza con manejo orgánico en la región es amigable con el medio ambiente.

Palabras clave: *gases de efecto invernadero, sustentabilidad, sistema agroforestal.*

* Maestro en Ciencias Ambientales. Jefe de departamento de Ordenamiento Territorial del Instituto Municipal de Planeación de Tepic, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8295-4017>; correo electrónico: juan.lara@uan.edu.mx

** Doctora en Ciudad, Territorio y Sustentabilidad. Profesora-investigadora en la Universidad Autónoma de Nayarit, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0430-8128>

*** Doctor en Ciencias Ambientales. Profesor-investigador en la Universidad Autónoma de Nayarit, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4095-1268>

Introducción

El café es el segundo producto más comercializado en el mundo, sólo después del petróleo (Pancsira, 2022). Un producto tan popular corre riesgo de tener grandes emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Por lo tanto, medir su huella de carbono (HC) nos ayuda a cuantificar los puntos de emisión críticos a lo largo de su ciclo de vida. Esto es especialmente útil para tomar decisiones de reducción de GEI y optimización de recursos. La HC puede aplicarse tanto a ubicaciones geográficas como a productos de uso y consumo diario (Enríquez *et al.*, 2020).

México es el noveno productor de café en el mundo, mientras que el estado de Nayarit es el séptimo a nivel nacional. A pesar de la pérdida de superficie sembrada de café, Compostela se encuentra liderando la producción (Lara *et al.*, 2024). Como lo explican Navidad *et al.* (2023), la producción de café en esta región se caracteriza por ser un monocultivo de sombra media.

Conocer la HC de la producción puede ayudar a mantener un producto de calidad y servir como modelo para otros cultivos, contribuyendo al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Así, el objetivo general de este trabajo fue estimar la HC por la producción anual de café cereza con manejo orgánico en una hectárea del ejido Cumbres de Huicicila, Compostela, Nayarit.

Metodología

Esta investigación es del tipo cuantitativa, centrada en una parcela en Cumbres de Huicicila, municipio de Compostela, estado de Nayarit. En este espacio se cultiva principalmente café de la variedad arábica, en modalidad de café bajo sombra. Cuentan con un manejo fitosanitario libre de insecticidas, colocando únicamente trampas para insectos con alcohol al 70% así como control manual de malezas mediante poda. De igual manera, la nutrición de las plantas consiste en la aplicación de lombricomposta y urea.

Huella de carbono

Para calcular la HC de una hectárea de café arábica (*Coffea arabica* L.) con manejo orgánico, se siguió la fórmula simplificada descrita en Erwing *et al.* (2010).

$$HC = ET/CC$$

Donde la HC es igual a emisiones totales de GEI (ET) de los procesos empleados durante el cultivo del café, entre la captura de carbono (CC) de las especies arbóreas que se distribuyen en el cafetal.

Los resultados se presentan en emisiones de carbono equivalente (CO_{2eq}), de esta manera, se consideran el CO_2 y los demás GEI de importancia en su equivalencia de potencial de calentamiento global.

Emisiones de GEI

Para determinar las ET se recopilaron datos a través de una entrevista semi-estructurada con el productor, preguntándole sobre las actividades, herramientas e insumos que utiliza para mantener el cultivo. Se consideró una hectárea de producción de café durante un año como unidad funcional. Las emisiones son de alcance 1, es decir, directamente derivadas de las actividades realizadas. Las actividades consideradas, los insumos y periodos se describen en el apartado de resultados y discusión.

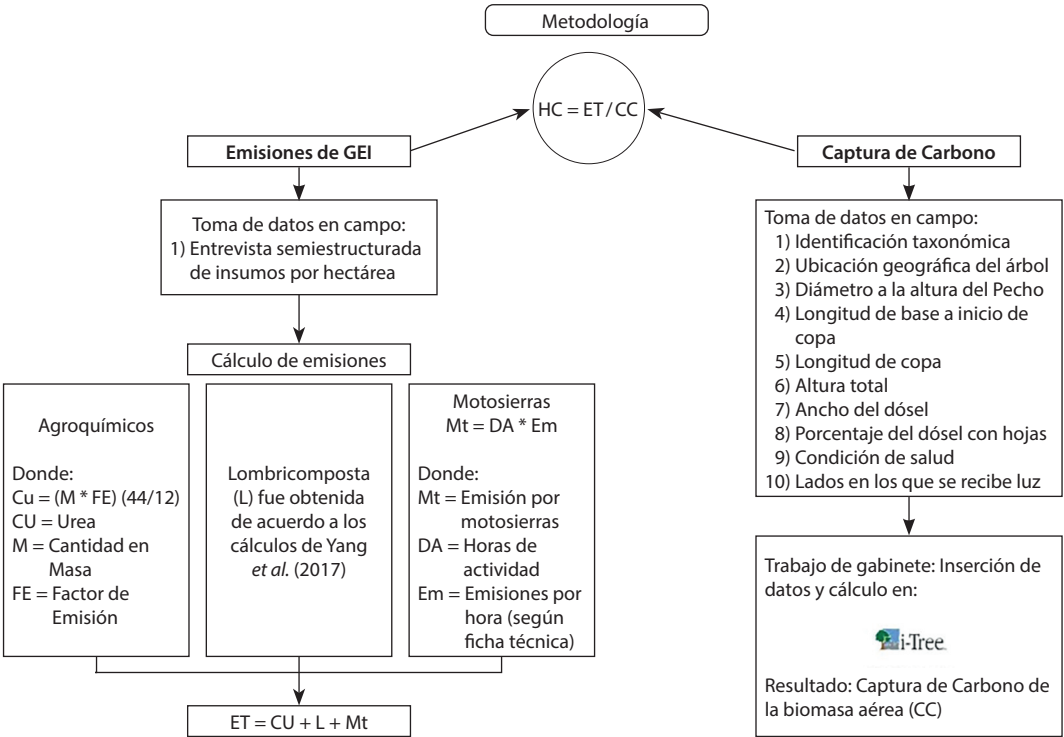
Las directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) se utilizaron para calcular las emisiones por poda de árboles de sombra y fertilización (IPCC 2019). Para estimar las emisiones por la producción de lombricomposta, se tomó como referente los resultados del estudio de Yang *et al.* (2017). Las emisiones totales por la producción de una hectárea de café cereza se obtuvieron sumando los resultados de las emisiones por cada actividad.

Captura de carbono

Los datos de CC de las especies arbóreas presentes en el cafetal se obtuvieron de la investigación de Lara *et al.* (2023). Esta investigación empleó una metodología que implicó la recopilación de diversos datos de los árboles, los cuales se utilizaron posteriormente para el análisis y la estimación de la captura de carbono a través del software I-Tree Eco, Versión 6. Los datos recopilados incluyeron la identificación taxonómica, ubicación geográfica del árbol, diámetro a la altura del pecho, longitud de base a inicio de copa, longitud de copa, altura total, ancho del dosel, porcentaje del dosel con follaje, condición de salud y lados en los que recibe luz el árbol.

"Los métodos para estimar las emisiones GEI y la captura de carbono se muestran en la figura 3.1, y en la figura 3.2 las actividades y periodos evaluados".

Figura 3.1. Metodología general para el cálculo de la HC del cultivo de café



Fuente: elaboración propia.

Figura 3.2. Actividades consideradas para la estimación de emisiones de GEI en la producción de una hectárea de café arábica en cereza, con manejo orgánico durante un año



Fuente: elaboración propia.

Resultados y discusión

Emisiones

La tabla 3.1 muestra los insumos utilizados en una hectárea de cultivo de café durante un año. Incluye las horas de uso activo de la motosierra durante el mantenimiento, la cantidad de urea necesaria para fertilizar una hectárea y la cantidad de lombrimpostaje producido por hectárea.

Los GEI que se emiten a lo largo de la producción son las siguientes: en la poda se genera CO_2 , N_2O y CH_4 debido a la combustión de gasolina en las motosierras. La fertilización con urea produce N_2O . El corte de café

resulta en el café en cereza, que se lava y pela. La cáscara obtenida de dicha actividad se utiliza para el lombricompostaje, mismo que será reutilizado como abono orgánico.

La tabla 3.2 muestra las emisiones totales de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ para cada actividad en la producción de café. La producción de abonos orgánicos es la mayor emisora de GEI (49%), seguida de la fertilización orgánica (38.8%) y el mantenimiento del predio (12.4%). Aunque otros estudios han encontrado que la fertilización es la actividad que emite mayor cantidad de GEI, (Hernández *et al.*, 2018), en este caso de estudio, las emisiones por fertilización son relativamente bajas en comparación.

Los resultados obtenidos son similares a los del estudio de Ortíz-González *et al.* (2017), que identificaron a los abonos orgánicos como el principal emisor de GEI, representando entre el 26% y el 39% del total. Sin embargo, estos hallazgos contrastan con los de Ratchawat *et al.* (2018), quienes encontraron que la producción de abonos orgánicos ocupaba el cuarto lugar en emisiones, representando sólo el 6.8% del total.

En este estudio, las emisiones derivadas de la producción de abonos orgánicos representan el 49% del total, lo que las convierte en el principal emisor. Durante el lombricompostaje, se emite metano como resultado de la fermentación entérica. Dado que el metano tiene un impacto 28 veces mayor que el CO_2 , es necesario revisar y reducir estas emisiones.

Captura de carbono

Se contabilizaron un total de 160 árboles y 100 plantas de café, identificándose 23 especies. La especie predominante fue *Inga sp*, seguida de *Cecropia obtusifolia* y *Quercus castanea*. La CC por secuestro de carbono de la biomasa aérea vegetal fue de 91 380 $\text{kgCO}_{2\text{eq}}$ por hectárea anual. La tabla 3.3 proporciona una visión detallada de la CC total por cada especie registrada.

Huella de carbono

La HC total resultante de la producción de café cereza es de 0.009 kgCO_{2eq}/ha. Aunque otros estudios muestran que la HC varía entre los 0.12 y los 13 kgCO_{2eq} (Ortíz-Gonzalo *et al.*, 2017; Hernández *et al.*, 2018, Ratchawat *et al.*, 2018), estas investigaciones utilizan diferentes unidades funcionales y metodologías, lo que dificulta la comparación directa. Sin embargo, en conjunto, proporcionan una idea de la contribución del café al calentamiento global.

Conclusiones

La producción de café cereza con manejo orgánico en Cumbres de Hui-cicila tiene una HC de 0.009 kgCO_{2eq}/ha. Aunque cuenta con dos certificaciones de manejo orgánico, aún hay oportunidades para reducir las emisiones. Las emisiones anuales fueron de 826.6 6 kgCO_{2eq}/ha, con los abonos orgánicos como el mayor contribuyente; sin embargo, la CC fue significativa, con 91 380 kgCO₂ capturados por hectárea anualmente, principalmente por la especie *Inga sp.* Esta producción de café tiene un impacto mínimo en el calentamiento global y ofrece beneficios ambientales. Esta investigación podría ayudar a introducir el café nayarita en los mercados de carbono y atraer consumidores interesados en productos certificados. No obstante, es necesario seguir realizando estas valoraciones en otras regiones cafetaleras del estado con la finalidad de ayudar a los caficultores a la optimización y mejor manejo de sus recursos.

Tabla 3.1. *Inventario de insumos utilizados para el cultivo de una hectárea de café arábica en cereza, con manejo orgánico durante un año*

Insumo	Acción	Cantidad por hectárea	Razón
Gasolina	Motosierra (poda)	112 h	Tiempo de uso en un año
Urea	Fertilización	166.65 kg	50 g/planta/ha
Lombricompostaje	Producción de lombricomposta	0.00075 kg	Relación con la ha

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.2. Emisiones totales por actividad

Actividad	KgCO _{2eq}
Fertilización	318.9
Producción de abonos	405
Mantenimiento del predio	102.7
Emisiones totales	826.6

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.3. Captura de carbono por secuestro de carbono de la biomasa aérea vegetal por especie en la plantación de café arábica con manejo orgánico

Especie	Captura bruta de carbono (ton/año)	Captura de CO _{2eq} (ton/año)
<i>Inga sp</i>	15.83	58.05
<i>Cecropia obtusifolia</i>	2.38	8.72
<i>Conostegia xalapensis</i>	1.23	4.51
<i>Clethra mexicana</i>	0.96	3.51
<i>Inga vera</i>	0.83	3.04
<i>Quercus rugosa</i>	0.68	2.5
<i>Bursera simaruba</i>	0.43	1.57
<i>Mangifera indica</i>	0.29	1.06
<i>Jatropha curcas</i>	0.25	0.91
<i>Ficus pertusa</i>	0.23	0.84
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	0.19	0.69
<i>Coffea sp</i>	0.17	0.65
<i>Tecoma stans</i>	0.15	0.56
<i>Citrus x aurantiifolia</i>	0.11	0.4
<i>Syzygium jambos</i>	0.08	0.28
<i>Eugenia sp</i>	0.17	0.27
<i>Ficus insipida</i>	0.07	0.27
<i>Cedrela odorata</i>	0.07	0.25
<i>Dendropanax arboreus</i>	0.03	0.1
<i>Quercus laurina</i>	0.03	0.1
<i>Persea americana</i>	0	0.01
Total	24.92	91.38

Fuente: Lara et al. (2023).

Referencias

- Enríquez, A., González, E., Hara S., Laciau, P. (2020) La huella ambiental en las actividades agropecuarias, explorando el balance de gases de efecto invernadero en norpatagonia. *Presencia*, 31(74): 28-32. Recuperado de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/140738>
- Ewing, B., Reed, A., Galli, A., Kitzes, J., y Wackernagel, M. (2010). *Calculation methodology for the national footprint accounts, 2010 edition*. Global Footprint Network. https://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/National_Footprint_Accounts_Method_Paper_2010.pdf
- Hernández, J. J. A., Becerra, A. M. R., Camacho, W. A., Suárez, H. J. P., Andrade, J. V., Cano, M. A. V., Cortés, Y. P. M., et al. (2018). Determinación de la huella de carbono en el sistema de producción de café pergamino seco de cuatro municipios del sur del departamento de Huila (Colombia). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(2):109-120. <https://doi.org/10.22490/21456453.2283>
- IPCC (2019.) Refinement to the 2006 guidelines for national. greenhouse gas inventories. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>
- Lara, J. M., Marcelño-Flores, S. M. L., Bojórquez, J. I., Nájera, O., De Haro, R., Nájera, A. (2023). Captura de carbono en cafetales del ejido Cumbres de Huicicila, Compostela, Nayarit. *Memorias del V Congreso Internacional Abanico Veterinario, Agroforestal, Pesquero y Acuicola, 2023*. <https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/ciavapa/index>
- Lara, J. M., Marcelño-Flores, M. S. L., Nájera, O., Nájera, A. (2024). El Café en Nayarit: Revisión de su Producción del Periodo 2003-2021. *EDUCATECONCIENCIA*. 32(42): 1-23. <https://doi.org/10.582997sx7dcx57>
- Navidad, D.L., Marcelño-Flores, S. M. L., Nájera, A., Nájera, O., Ramírez, J. P. (2023) Effects of land cover and land use change on nature's contributions to people of the shade-grown coffee agroecosystem: An analysis of Cumbres de Huicicila, Nayarit, México. *Conservation*. 3(3): 426-443. <https://doi.org/10.3390/conservation3030029>
- Ortiz-Gonzalo, D., Vaast, P., Oelofse, M., Neergaard, A., Albrecht, A., Rosenstock, T. S. (2017). Farm-scale greenhouse gas balances, hotspots and uncertainties in small-holder crop-livestock systems in Central Kenya. *Agricultura Ecosystems & Environment*. 248: 58-70. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.002>
- Pancsira, J. (2022). International coffee trade: a literature review. *Journal of Agricultural informatics*, 13(1): 26-35. <https://doi.org/10.17700/jai.2022.13.1.654>
- Ratchawat, T., Panyatona, S., Nopchinwong, P., Chidthaisong, A., Chiarakorn, S. (2018). Carbon and water footprint of Robusta coffee through its production chains in Thailand. *Environment, Development and Sustainability*. 22: 2415-2429. <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0299-4>
- Yang, F., Li, G., Zang, B., Zhang, Z. (2017). The maturity and CH₄, N₂O, NH₃ Emmisions from Vermicomposting whit agricultural waste. *Compost Science & Utilization*. 25: 262-271. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2017.1329037>