

KOLFACI ÓPTIMO

INVESTIGACIÓN SOBRE LOS MÉTODOS ÓPTIMOS DE CULTIVO PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN AMÉRICA LATINA

Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas productivos de maíz mecanizado

Equipo Técnico Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA-Panamá)

Zonia Ortega

Oswaldo Higuera

Alianza Bioversity y Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT

Armando Issac Martinez

Miguel Romero

Grecia Delgado

Carlos Daniel Zelaya

Julián David Barrios

Mayo, 2025

Tabla de contenido

Introducción	5
1. Metodología	7
1.1. Fase 1 - Diseño e implementación de encuestas a productores	7
1.2. Fase 2 - Procesamiento y consolidación de bases de datos	9
1.3. Fase 3 – Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)	11
1.4. Fase 4 - Definición y caracterización de tipología productiva en maíz mecanizado	13
2. Resultados	18
3. Escenarios de reducción de emisiones de GEI.....	23
Conclusiones.....	25
Bibliografía.....	26
Anexos	27
Anexo 1. Resumen de indicadores asociados a la estimación de la huella de carbono en productores de maíz mecanizado.....	27

Listado de figuras

<i>Figura 1. Georreferenciación de productores de maíz mecanizado encuestados.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2. Modelo de base de datos de actividad para la estimación de GEI en maíz mecanizado.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3. Ruta metodológica para el cálculo de emisiones de GEI</i>	<i>11</i>
<i>Figura 4. Dashboard con resultados de la estimación de emisiones de GEI en maíz mecanizado</i>	<i>12</i>
<i>Figura 5. Análisis de cluster para la identificación de tipologías productivas en maíz mecanizado.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 6. Participación de fuentes de emisiones de GEI en productores de maíz mecanizado.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 7. Indicador de emisiones de GEI por superficie productiva en maíz mecanizado</i>	<i>19</i>
<i>Figura 8. Análisis estadístico por tipología productiva en maíz mecanizado</i>	<i>21</i>

Listado de tablas

<i>Tabla 1. Tamaños de muestra de productores de maíz mecanizado encuestados.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 2. Potenciales de Calentamiento Global según sexto informe de evaluación del IPCC.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 3. Promedio de variables descriptivas de tipologías y grupos productivos en maíz</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 4. Consolidado de emisiones de GEI por fuente y tipología productiva</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 5. Resumen de datos de actividad asociada a tipología productivas</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 6. Extrapolación de emisiones GEI en productores de maíz mecanizado en el periodo 2024 – 2025</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 7. Supuestos de escenarios de reducción de emisiones de GEI (Línea base, Escenario 1 y Escenario 2)</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 8. Escenarios de reducción de emisiones de GEI en la producción de maíz mecanizado</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 9. Escenarios de reducción de emisiones de GEI por tipologías productivas en maíz mecanizado ..</i>	<i>24</i>

Introducción

Centroamérica y el Caribe se caracterizan por ser regiones altamente vulnerables al Cambio Climático, debido a que por su ubicación geográfica son más susceptibles a experimentar eventos climáticos extremos y cambios en los patrones climáticos que terminan por afectar a sectores claves como la agricultura y la ganadería, a pesar de que la mayoría de los países de la región presentan una baja contribución a las emisiones globales de GEI, tal como se indica en el último informe de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y el Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés) en donde muestran que para el año 2021 el porcentaje de participación de las emisiones de GEI de América Latina y el Caribe solo logró el 6.69% (3,224 Mton CO₂e) de participación de las emisiones globales de GEI (48,210 Mton CO₂e) con una contribución del sector Energía, Agrícola, Residuos e IPPU del 53%, 33%, 8% y 6%, respectivamente (CEPAL, 2021; WRI, 2022).

Durante el 2021 Panamá emitió aproximadamente 18.81 Mton CO₂e con una participación del sector Energía del 57%, Agrícola del 19%, Residuos del 15% e IPPU del 9%. De acuerdo con el Ministerio de Ambiente et al. (2024), en el sector agrícola se incluyen las emisiones de GEI por la fermentación entérica de los bovinos y ganado no vacuno (como ovinos, porcinos, búfalos, caprinos, equinos, mulas y asnos), la gestión de estiércol (que incluye, además de las especies mencionadas, a la aves de corral), las emisiones directas e indirectas de N₂O de los suelos agrícolas, cultivo de arroz, quema de residuos agrícolas en campo, así como actividades de encalado y aplicación urea. De todas las categorías o fuentes de emisión mencionadas anteriormente, las que generaron mayor cantidad de GEI durante el último año de inventario fueron la fermentación entérica con el 78.2%, suelos agrícolas con el 12.7% y la gestión de estiércol con el 5.4% y, en menor proporción las demás categorías (cultivo de arroz, aplicación de urea, quema de residuos agrícolas en campo y encalado), las cuales en conjunto alcanzaron solo el 3.7% de las emisiones del sector agrícola.

Para avanzar en el cumplimiento del Acuerdo de París y abordar la vulnerabilidad ante el Cambio Climático, los países de toda la región se han puesto como meta trabajar para mejorar sus inventarios de GEI dada la falta de datos precisos sobre datos de actividad y factores de emisión, de tal manera que haya una mejor orientación sobre las acciones de mitigación a implementar a nivel nacional.

En el marco del proyecto KOLFACI en conjunto con instituciones nacionales y centros de investigación se llevaron a cabo trabajos de investigación orientados a la estimación de la huella de carbono en productores agrícolas y pecuarios dedicados a la producción de maíz, frijol y ganado bovino en El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y Colombia; este último cubierto en gran parte por el proyecto Biocarbono.

Se diseñaron e implementaron encuestas de caracterización para conocer de primera mano el estado actual del consumo de insumos agrícolas asociados al uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, agroquímicos, gestión de residuos agrícolas, consumo de combustibles fósiles durante la siembra y cosecha de productos. Siguiendo las directrices del IPCC (2019) se llegó a la contabilización de las emisiones de GEI o cálculo de la huella de carbono a nivel de productor.

En el presente informe de resultados muestra la estimación de las emisiones de GEI del sistema productivo de maíz mecanizado en la región de Azuero en Panamá durante el periodo 2024 – 2025. Basado en datos colectados en encuestas a productores en donde se estimó una emisión de GEI por superficie productiva de $1.94 \text{ ton CO}_2\text{e}\cdot\text{ha}^{-1}$. Las tres fuentes de emisión más representativas para el conjunto de productores caracterizados fueron las emisiones directas de N_2O por la aplicación de fertilizantes nitrogenados (43%), las emisiones de GEI por el consumo de combustibles fósiles en maquinaria agrícola (20%) y las emisiones de GEI por la producción de fertilizantes (18%). De las 3 tipologías productivas (Alta, Media y Baja intensidad) definidas en Panamá con respecto al consumo de insumos agrícolas, se determinó que los productores de maíz mecanizado de alta, media y baja intensidad generaron por superficie productiva un valor de $1.69 \text{ ton CO}_2\text{e}\cdot\text{ha}^{-1}$, $2.16 \text{ ton CO}_2\text{e}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $1.55 \text{ ton CO}_2\text{e}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente.

1. Metodología

La metodología para la estimación de las emisiones de GEI de productores de maíz mecanizado en Panamá durante el periodo 2024 – 2025, se llevó a cabo en cuatro fases que consistieron en: i) diseño e implementación de encuestas a productores para recopilar información general del predio del productor y manejo del cultivo, ii) procesamiento y limpieza de bases de datos a partir de las encuestas realizadas, iii) identificar las tipologías principales de maíz mecanizado en la región de Azuero, iv) cuantificar las emisiones de GEI para la producción de maíz.

1.1. Fase 1 - Diseño e implementación de encuestas a productores

Durante el diseño e implementación de encuestas a productores de maíz participaron funcionarios y técnicos del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) así como investigadores de la Alianza Bioversity - CIAT. Se diseñaron encuestas con preguntas de tipo cerrada para obtener información sobre la ubicación de las fincas, aspectos sociales del productor y su grupo familiar, uso actual del suelo en la finca y propósitos productivos. La encuesta consta de 9 módulos donde se colecta información general del productor, datos de la finca, uso del suelo de la finca, detalles generales del cultivo, detalles generales de la producción, manejo de residuos, recurso forestal, riego y suelos.

Se ejecuto un proceso iterativo en el que frecuentemente se solicitó a los investigadores principales y técnicos de instituciones nacionales sus recomendaciones sobre las preguntas a realizar, hasta obtener una versión final que incluyera las recomendaciones que surgieron en el proceso de revisión, por lo que, luego se desarrolló un ODK como instrumento para que los encuestadores pudieran coleccionar toda la información de las entrevistas mediante el uso de teléfonos inteligentes con sistema Android y iOS, para posteriormente transferir la información recopilada hacía un servidor en el que se almacenaría toda la información en bases de datos. Para determinar el tamaño de la muestra de productores a entrevistar se trabajó con información del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) con relación al número de productores de maíz mecanizado en el periodo 2024 – 2025 y se implementó la fórmula para determinar tamaño de muestra para poblaciones con desviación estándar desconocida (Hanif et al., 2018; Singh, 2003).

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 Npq}{e^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 pq}$$

donde,

N = tamaño de la población total

e = error estándar 5%)

p = probabilidad de éxito (50%)

q = probabilidad de fracaso (50%)

De una población total de 504 productores de maíz mecanizado se implementaron 276 encuestas a productores ubicados en 7 municipios del departamento de Los Santos (Guarare, Las Tablas, Los Santos, Macaracas, Pedasi, Pocri y Tonosi) y 6 municipios en el departamento de Herrera (Chitre, Los Pozos, Ocu, Parita, Pese y Santa María). De los 276 productores encuestados, solo se excluyó 1 debido a que no presentó información completa relacionada con el predio y manejo agronómico del cultivo de maíz que sirviera de insumo para el cálculo de emisiones de GEI. Las encuestas se levantaron entre el 14 de noviembre y 14 de diciembre de 2024.

La Tabla 1 presenta un resumen del número de productores de maíz mecanizado encuestados según el departamento y municipio, mientras que en la Figura 1 se muestra la georreferenciación de los productores encuestados.

Tabla 1. Tamaños de muestra de productores de maíz mecanizado encuestados

País	Departamento	Municipio	Total de productores	Productores encuestados
Panamá	Herrera	Chitré	16	3
		Los Pozos	7	7
		Ocú	7	3
		Parita	39	28
		Pesé	13	20
		Santa Maria	3	1
	Los Santos	Guarare	102	44
		Las Tablas	73	49
		Los Santos	89	49
		Macaracas	21	15
		Pedasi	54	25
		Pocri	78	29
		Tonosi	2	2
Total			504	275

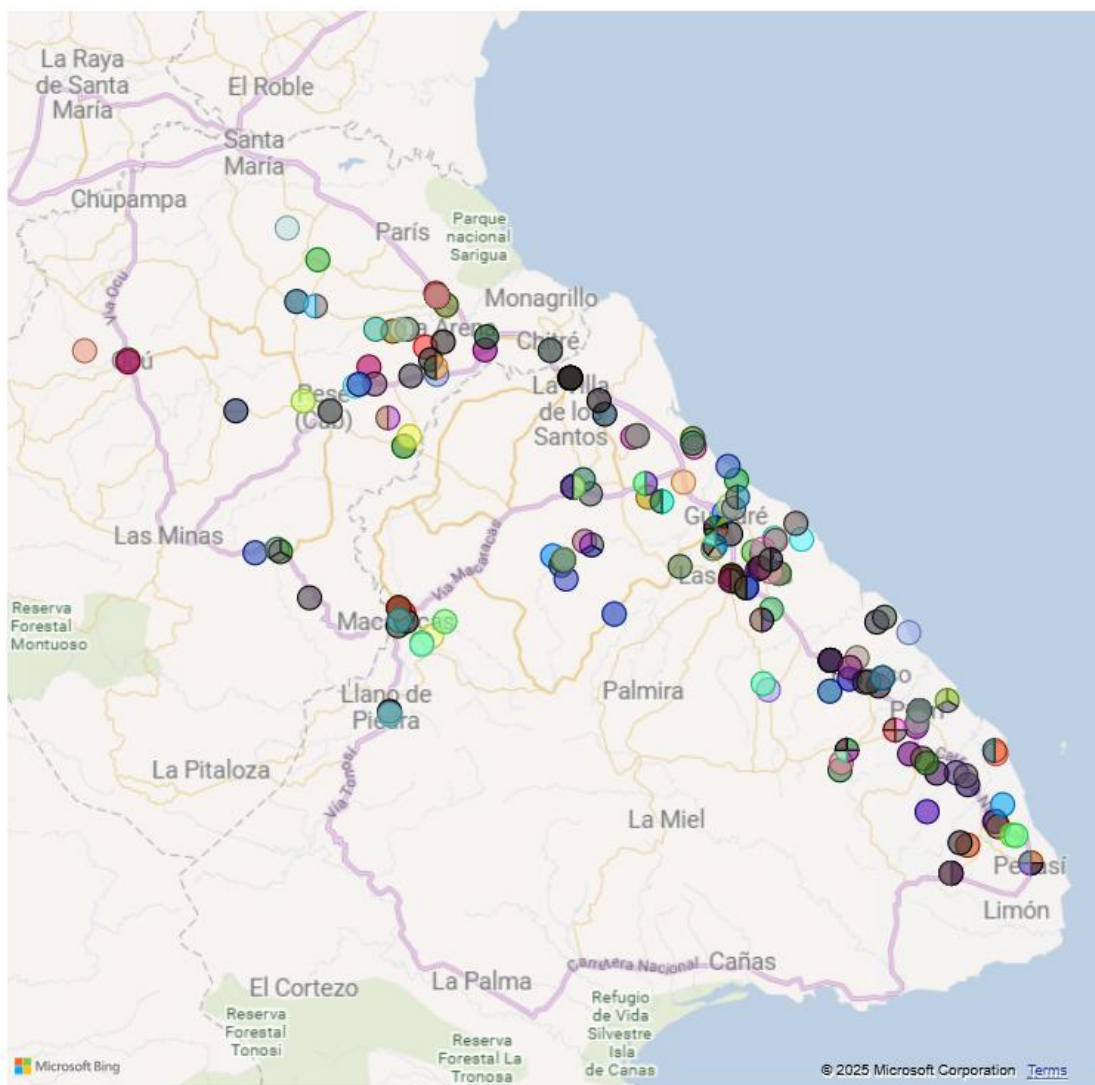


Figura 1. Georreferenciación de productores de maíz mecanizado encuestados

1.2. Fase 2 - Procesamiento y consolidación de bases de datos

Mediante el Software Excel y Microsoft Access se procesó y consolidó la base de datos de las encuestas realizadas en Panamá, la cual contiene información sobre el predio y manejo agronómico del cultivo de maíz mecanizado, al mismo tiempo que sirvió de insumo para extraer información relacionada con datos

de actividad necesarios para la estimación de las emisiones de GEI. La Figura 2 muestra un ejemplo de la base de datos construida a partir de la información levantada a través de las encuestas y las cuales fueron utilizadas posteriormente para el cálculo de emisiones de GEI.

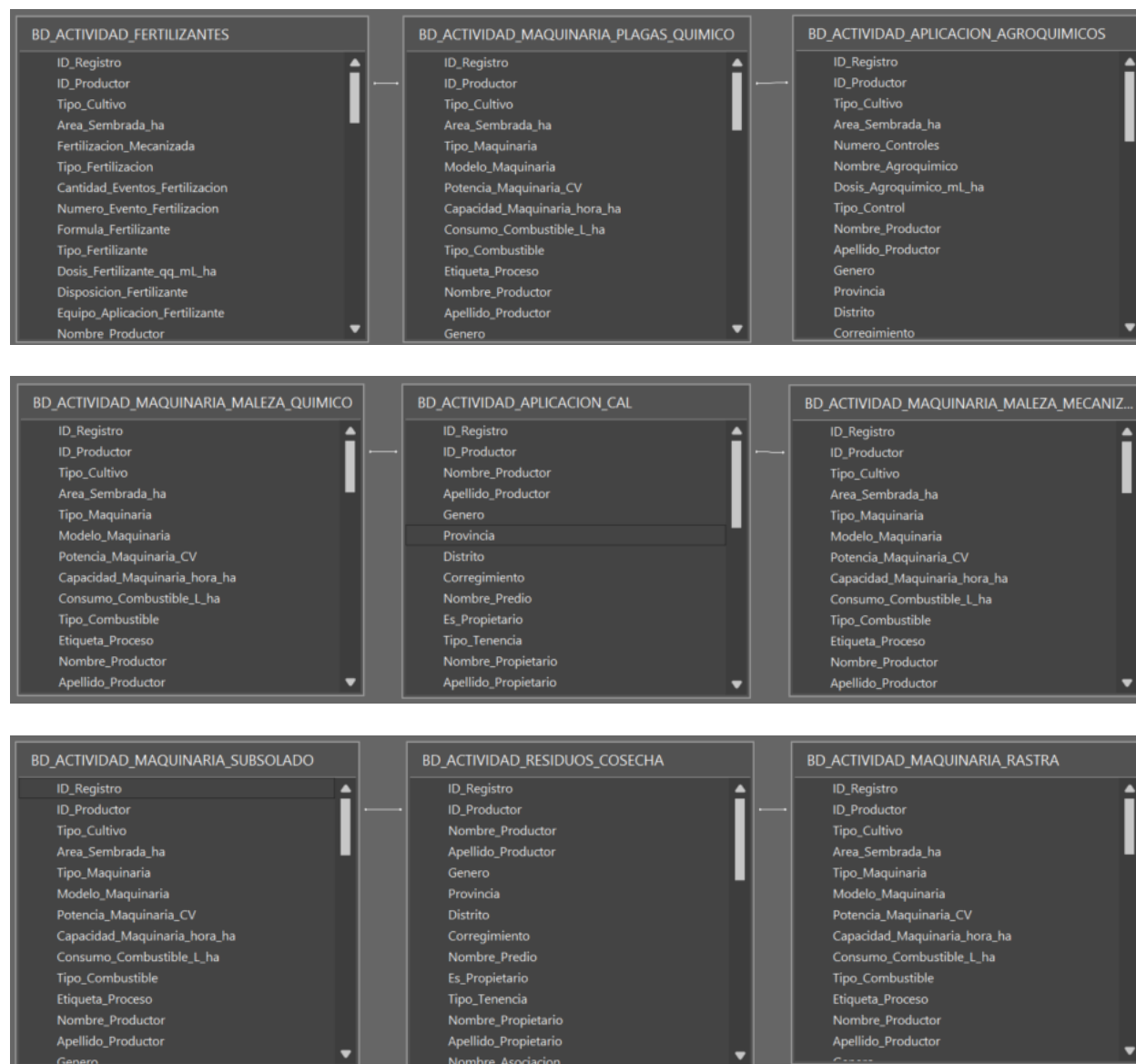


Figura 2. Modelo de base de datos de actividad para la estimación de GEI en maíz mecanizado

1.3. Fase 3 – Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Con base en lo anterior, se procedió a aplicar la metodología para la cuantificación de las emisiones de GEI, la cual consta de 5 pasos de acuerdo con la versión actualizada de las directrices del IPCC (2019).



Figura 3. Ruta metodológica para el cálculo de emisiones de GEI

Inicialmente, se definió el método de cálculo, el cual incluyó la identificación de factores de emisión y potenciales de calentamiento global. Después, el establecimiento de los límites del sistema y la identificación de las fuentes de emisión significativas con base en la información de la base de datos relacional de la Figura 2; la cual contiene los valores numéricos de los datos de actividad asociados al consumo de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, consumo de combustibles fósiles por maquinaria agrícola asociada a actividades de siembra, subsolado y rastra, consumo de agroquímicos para el control de malezas, plagas y enfermedades, quema de residuos agrícolas en campo, entre otros.

Posteriormente, toda la información cuantitativa se ingresó al conjunto de ecuaciones matemáticas definidas por el IPCC (2019) para cada fuente de emisión de GEI. Finalmente, los resultados obtenidos se presentaron mediante un Dashboard elaborado con ayuda del programa Power BI, el cual permite ver de manera agregada por Departamento, Municipio y Tipología de productor, la intensidad de emisiones de GEI por superficie además de las fuentes de emisión con su respectivo porcentaje de participación (Figura 4). En el siguiente enlace se muestra el dashboard de Power BI:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojNDg1MWE3MjUtNGMxMi00YTUxLWFhNDktODkwYmUwNjMxYjY3IiwidCI6IjZhZmEwZTAwLWZhMTQ0NDBiNy04YTJlLTlyYTdmOGMzNTdkNSIsImMiOjh9&embedImagePlaceholder=true>



Estimación de la huella de carbono en el cultivo de maíz en Panamá en el marco del proyecto KolFACI

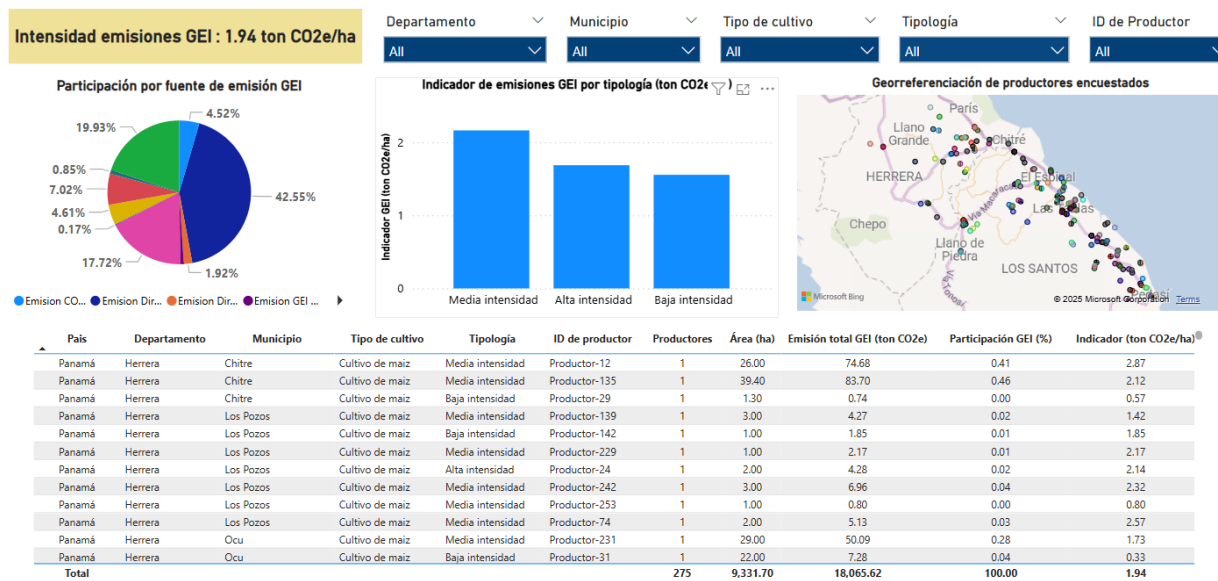


Figura 4. Dashboard con resultados de la estimación de emisiones de GEI en maíz mecanizado

Durante la definición del método de cálculo, la práctica común es emplear factores de emisión por defecto (Nivel 1) que relacionan una cierta cantidad de emisiones de GEI a un dato de actividad particular, siempre que no se cuente con la información necesaria y suficiente para llegar a un nivel superior (Nivel 2) que considere las condiciones locales del lugar en el que se realiza la estimación de GEI. Por esta razón, para el cálculo de emisiones de los productores de maíz mecanizado encuestados, se aplicaron aproximaciones metodológicas de nivel 1 con factores de emisión por defecto. En este sentido, la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta el método de cálculo general utilizado para la cuantificación de emisiones de GEI y la Tabla 2 indica los valores de los potenciales de calentamiento global para el Dióxido de carbono (CO₂), Óxido nitroso (N₂O) y Metano (CH₄) fósil y no fósil según el sexto informe de evaluación (AR6) del IPCC (Lee et al., 2023).

$$E_{GEI} = \sum AD \times EF \times GWP$$

donde,

E_{GEI} = Emisiones de Gases Efecto Invernadero (tonCO₂e)

DA = Datos de actividad (unidad aplicable)

FE = Factor de emisión para cada GEI (tonCO₂/Unidad)

PCG = Potencial de calentamiento global (adimensional)

Tabla 2. Potenciales de Calentamiento Global según sexto informe de evaluación del IPCC

Tipo de GEI	Valor de Potencial de Calentamiento Global
CO ₂	1
N ₂ O	273
CH ₄ Fósil	29.8
CH ₄ No Fósil	27.0

Fuente. Lee et al. (2023)

1.4. Fase 4 - Definición y caracterización de tipología productiva en maíz mecanizado

La ruta metodológica implementada para llevar a cabo la definición y caracterización de tipología productivas fue un trabajo que se realizó de manera transversal a la estimación de emisiones de GEI.

La identificación de zonas claves para la producción fue de los primeros pasos realizados, para lo cual se realizaron reuniones de grupos focales con técnicos especialistas en maíz. Primero, los participantes realizaron una zonificación agroclimática considerando principalmente las variables de precipitación, altura, relieve, suelos y vegetación predominantes que ayudaran a entender las diferencias entre cada una de las zonas identificadas.

Posteriormente, se trabajó en la identificación de zonas y/o municipios con mayor contribución a la producción nacional con su respectiva ubicación dentro de las diferentes zonas agroclimáticas, lo cual permitió seleccionar las zonas donde se llevarían a cabo la implementación de encuestas de caracterización, limpieza y procesamiento de información para la identificación y descripción de tipologías productivas mediante la implementación de análisis de clúster.

Los análisis de clúster (tipología) realizados consistieron en la selección de un conjunto de variables que representaron las características de los sistemas de producción, incluyendo aspectos relacionados con insumos como fertilizantes, métodos de labranza, el control de malezas, plagas, enfermedades, entre otros. Teniendo en cuenta la complejidad de los datos, se llevó a cabo un análisis factorial de datos mixtos (FAMD) en cada conjunto de datos, en el cual se seleccionaron las dimensiones lineales pertinentes que lograran capturar al menos el 60% de la variabilidad de los datos. Posteriormente, se utilizó este conjunto de dimensiones en un análisis de clúster mediante el algoritmo de Ward, utilizando el paquete FactomineR (Lê et al., 2008).

Teniendo en cuenta lo anterior, se presenta en la

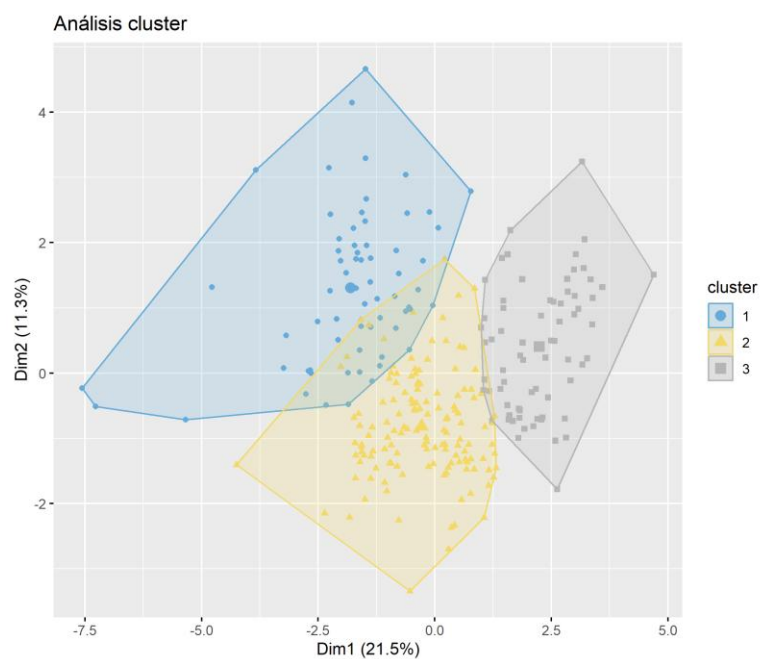


Figura 5 el análisis de clúster para la identificación de tipologías productivas en maíz mecanizado. En total se identificaron 3 tipologías con características similares en cuanto al área sembrada, pero con diferencias en cuanto al rendimiento y consumo de insumos agrícolas (fertilizantes, combustibles fósiles, agroquímicos, entre otros).

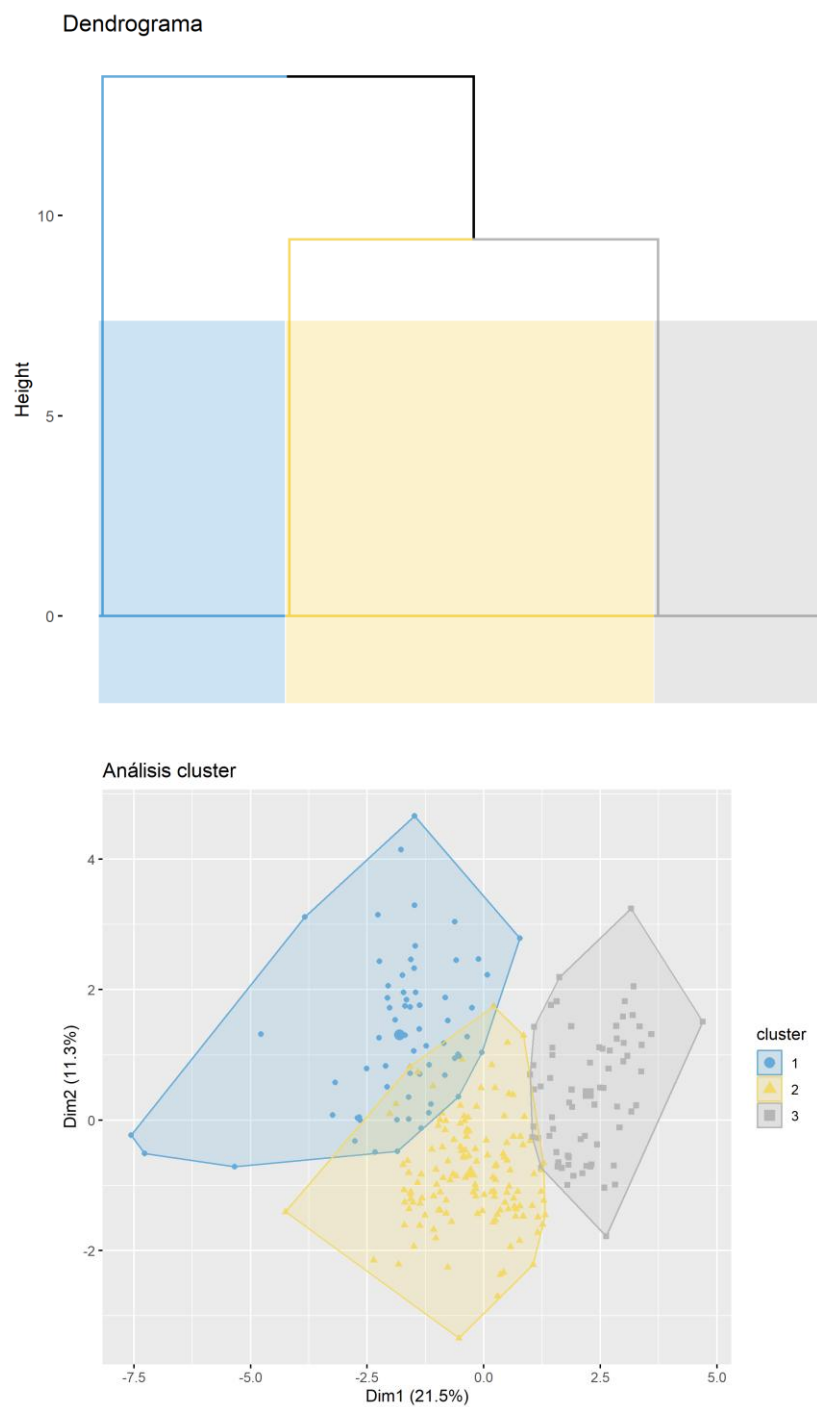


Figura 5. Análisis de cluster para la identificación de tipologías productivas en maíz mecanizado

Considerando los resultados del análisis clúster de la Figura 5, se programaron jornadas de trabajo con el equipo técnico Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) para poner en contexto resultados obtenidos y homologar de manera apropiada cada clúster identificado tomando como criterio la intensidad en el uso de insumos agrícolas (fertilizantes nitrogenados, combustibles fósiles, agroquímicos, entre otros) durante la producción del cultivo de maíz mecanizado. De esta manera, se homologó al grupo de productores de tipología 1, 2 y 3 como productores de maíz mecanizado de Alta, Media y Baja intensidad en el uso de insumos, respectivamente.

La Tabla 3 presenta un resumen de los valores promedios de las variables o parámetros descriptivos de las tipologías identificadas y homologadas a partir del análisis clúster realizado a productores de maíz mecanizado encuestados.

Tabla 3. Promedio de variables descriptivas de tipologías y grupos productivos en maíz

Parámetros	Productores de maíz mecanizado				Valor - P
	Promedio	Alta intensidad	Media intensidad	Baja intensidad	
	N = 275	N = 67	N = 138	N = 70	
Área sembrada (ha)	34.16	28.36	39.56	28.91	0.20
Rendimiento (ton/ha)	5.07	5.36	5.05	4.84	<0.001
Dosis fertilizante (kgN/ha)	109.29	102.72	123.80	86.79	0.00
Combustible cosecha (L/ha)	22.37	19.51	20.33	29.06	0.013
Combustible enfermedades químico (L/ha)	6.1	24.43	0.37	0.39	<0.001
Combustible fertilización (L/ha)	17.14	23.12	20.39	5.16	<0.001
Combustible labranza (L/ha)	20.09	23.18	22.55	12.35	<0.001
Combustible maleza mecanizado (L/ha)	11.02	19.36	11.88	1.58	<0.001
Combustible maleza químico (L/ha)	22.15	30.12	27.68	3.84	<0.001
Combustible plagas químico (L/ha)	15.67	24.78	18.04	2.54	<0.001
Combustible rastra (L/ha)	18.46	19.94	22.89	8.34	<0.001
Combustible subsolado (L/ha)	8.43	11.42	9.87	2.81	<0.001
Dosis agroquímico malezas (L/ha)	3.08	2.75	3.34	2.87	0.058
Dosis agroquímico plagas (L/ha)	1.03	1.30	0.95	0.94	<0.001
Dosis agroquímico enfermedades (L/ha)	0.47	1.51	0.05	0.33	<0.001

Con respecto al área sembrada se estimó un valor promedio de 34.16 ha sin diferencia significativa entre las áreas sembradas de los productores de alta (28.36 ha), media (39.56 ha) y baja (28.91 ha) intensidad.

El rendimiento promedio estimado por productor fue de 5.07 ton·ha⁻¹ con diferencia significativa entre productores de alta, media y baja intensidad al presentar valores de 5.36 ton·ha⁻¹, 5.05 ton·ha⁻¹ y 4.84 ton·ha⁻¹, respectivamente.

La dosis promedio de nitrógeno aplicado por hectárea fue de $109.29 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}$, los productores de alta y baja intensidad aplicaron un 6% ($102.72 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}$) y 21% ($86.79 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}$) menos de nitrógeno, mientras que los de media intensidad un 13% ($123.80 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}$) más de nitrógeno con respecto al promedio.

En cuanto a las etapas del proceso productivo que incluyen el consumo de combustibles fósiles por maquinaria agrícola durante el subsolado, rastra, labranza, fertilización y control de plagas y enfermedades, el grupo de productores de alta intensidad siempre se mantuvo por encima de los valores correspondientes a los productores de media y baja intensidad, todos ellos con diferencia significativa ($p < 0.05$).

En el subsolado se estimó un consumo promedio de $8.43 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, los productores de alta y media intensidad consumieron un 35% ($11.42 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) y 17% ($9.87 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) por encima del promedio, mientras que los de baja intensidad un 67% ($2.81 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) menos de combustible con respecto al promedio.

Durante la rastra, el consumo promedio de combustible fue de $18.46 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, los productores de media ($22.89 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) y alta ($19.94 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) intensidad fueron quienes presentaron los valores más altos con respecto al valor consumido por los productores de baja intensidad ($8.34 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$).

En la labranza en promedio se consumieron $20.09 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, los productores de alta y media intensidad utilizaron un 15% ($23.18 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) y 12% ($22.55 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) por encima del valor promedio, en contraste con el consumo de los productores de baja intensidad que estuvo un 39% ($12.35 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) por debajo del valor promedio.

Durante la etapa de fertilización se cuantificó un consumo promedio de combustibles de $17.14 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, los productores de alta y media intensidad consumieron un 35% ($23.12 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) y 19% ($20.39 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) más del promedio, mientras que los productores de baja intensidad un 70% ($5.16 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) menos con respecto al promedio.

En la cosecha, el consumo promedio de combustible fue de $22.37 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, los productores de baja intensidad consumieron un 30% ($19.51 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) por encima del promedio, mientras que los productores de alta y media intensidad utilizaron un 13% ($20.33 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) y 9% ($29.06 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) menos de combustible que el consumo promedio.

Con relación a la aplicación de agroquímicos, se observó que para el control de malezas no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) entre la dosis utilizada por productores de alta ($2.75 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$), media ($3.34 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) y baja intensidad ($2.87 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$). Sin embargo, en cuanto al control de plagas y enfermedades si se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$).

Para el control de plagas, los productores de alta intensidad ($1.30 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) fueron los que más aplicaron en comparación con los productores de media ($0.95 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) y baja intensidad ($0.94 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$). De la misma manera, para el control de enfermedades se determinó que los productores de alta intensidad ($1.51 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) utilizaron una mayor dosis que los productores de media ($0.05 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) y baja ($0.33 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) intensidad.

2. Resultados

En Panamá se cuantificaron las emisiones de GEI de 275 productores de maíz mecanizado y se obtuvo como resultado una intensidad de emisiones de GEI por superficie productiva igual a $1.94 \text{ ton CO}_2\text{e}\cdot\text{ha}^{-1}$. La principal fuente de emisión de GEI fue la aplicación de fertilizantes nitrogenados (43%), el uso de maquinaria agrícola (20%), la producción de fertilizantes (18%) y la lixiviación de fertilizantes nitrogenados (7%), entre otros (Figura 6).

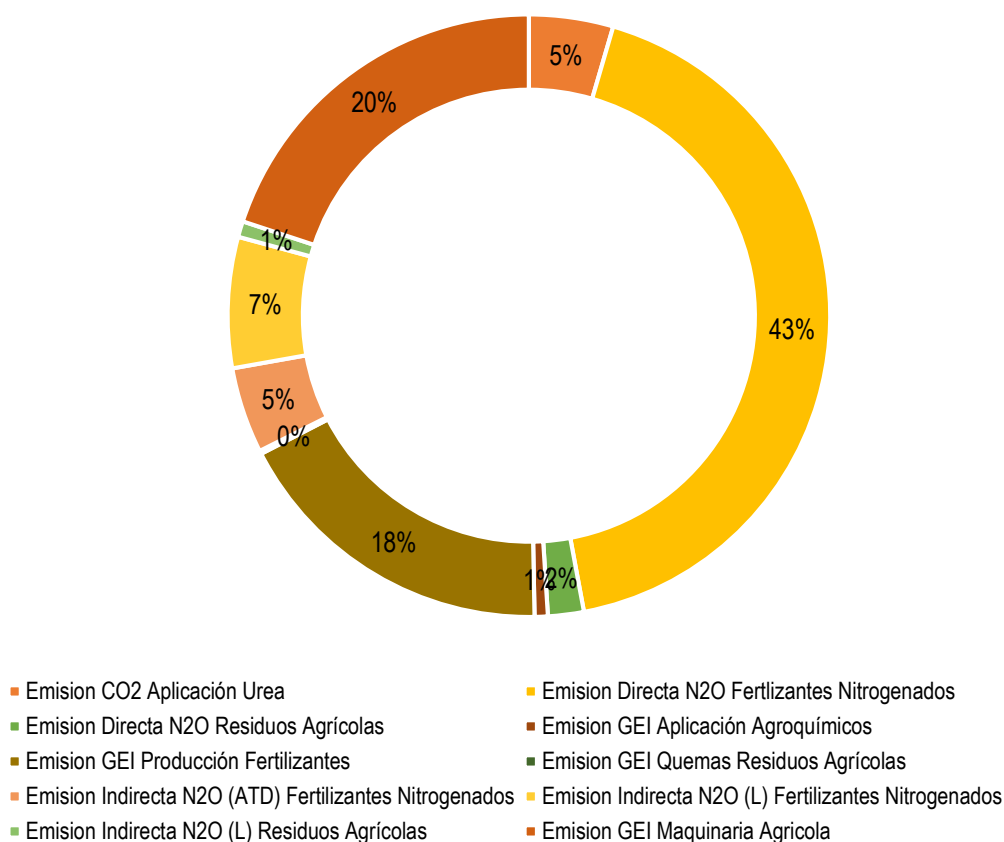


Figura 6. Participación de fuentes de emisiones de GEI en productores de maíz mecanizado

Con respecto a los valores de emisiones de GEI alcanzados entre las diferentes tipologías productivas en maíz mecanizado, se determinó que los productores que más emisiones de GEI generan por superficie productiva corresponden a los productores de alta y media al presentar valores iguales $1.69 \text{ ton CO}_2\text{e}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $2.16 \text{ ton CO}_2\text{e}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente. Mientras que los productores de baja intensidad generaron por superficie productiva $1.55 \text{ ton CO}_2\text{e}\cdot\text{ha}^{-1}$, tal como se presenta en la Figura 7.

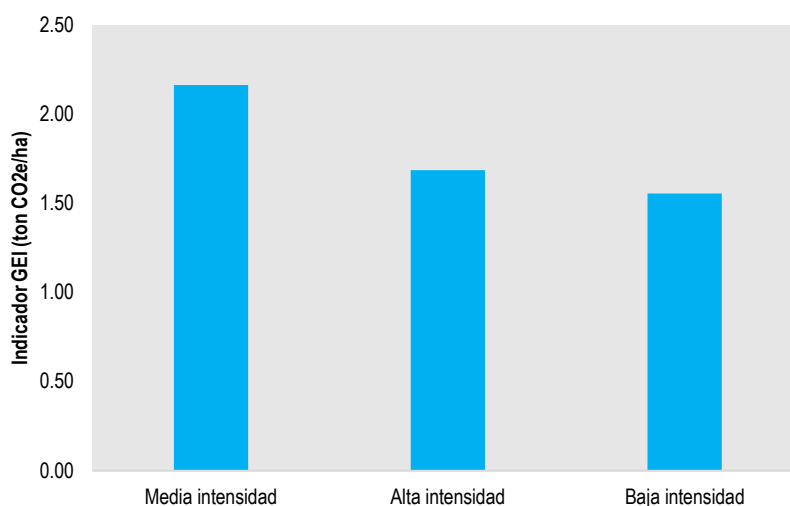


Figura 7. Indicador de emisiones de GEI por superficie productiva en maíz mecanizado

Con relación al punto anterior, se presenta en la Tabla 4 un resumen del consolidado de emisiones de GEI diferenciado por fuente de emisión y tipología productiva.

Tabla 4. Consolidado de emisiones de GEI por fuente y tipología productiva

Fuente de emisión	Alta intensidad	Media intensidad	Baja intensidad
Emisión directa de N ₂ O por la aplicación de fertilizantes nitrogenados (ton CO ₂ e)	1,174.73	5,203.94	1,307.86
Emisión indirecta de N ₂ O (ATD ¹) por la aplicación de fertilizantes nitrogenados (ton CO ₂ e)	124.28	558.81	150.09
Emisión indirecta de N ₂ O (L ²) por la aplicación de fertilizantes nitrogenados (ton CO ₂ e)	193.87	858.65	215.80
Emisión de CO ₂ por la aplicación de Urea (ton CO ₂ e)	107.03	505.60	203.63
Emisión de GEI por la producción de fertilizantes (ton CO ₂ e)	460.72	2000.71	740.27
Emisión directa de N ₂ O por residuos agrícolas (ton CO ₂ e)	68.98	201.32	77.13
Emisión indirecta de N ₂ O (L ²) por residuos agrícolas (ton CO ₂ e)	30.35	88.58	33.94

¹ ATD, hace referencia al nitrógeno que se volatiliza en forma de NH₃ y óxido de nitrógeno (NO_x), y la deposición de estos gases y de sus productos NH₄⁺ y NO₃⁻ sobre suelos y superficies de los lagos y otras masas de agua.

² L, hace referencia al nitrógeno que se lixivia o escurre en forma de NO₃ de suelos gestionados.

Emisión de GEI por la quema de residuos agrícolas (ton CO ₂ e)	0.43	24.02	6.08
Emisión de GEI por agroquímicos (ton CO ₂ e)	23.27	75.65	28.88
Emisión de GEI por uso de maquinaria agrícola (total) (ton CO ₂ e)	924.16	2,288.74	388.12
Emisión total de GEI (ton CO ₂ e)	3,107.80	11,806.02	3,151.80

Cabe señalar que, muchos de los resultados presentados en cuanto al valor de intensidad de emisiones de GEI por superficie productiva en cada una de las 3 tipologías se correlaciona con la descripción dada con anterioridad (Tabla 3), en donde se logró identificar las tipologías que presentaron mayor consumo de fertilizantes nitrogenados y de combustibles fósiles por maquinaria agrícola, y que al mismo tiempo representan los dos principales fuentes de emisiones de GEI. La Tabla 5 presenta un resumen de los datos de actividad asociado a cada una de las tipologías productivas.

Tabla 5. Resumen de datos de actividad asociada a tipología productivas

Dato de actividad	Unidad	Alta intensidad	Media intensidad	Baja intensidad
Aplicación de fertilizante inorgánico	ton NTotal	171.12	758.15	190.54
Aplicación de fertilizante orgánico	ton NTotal	0.06	-	-
Aplicación de agroquímicos para el control de plagas	ton	2.42	3.43	1.39
Aplicación de agroquímicos para el control de malezas	ton	2.84	10.65	3.73
Nitrógeno de residuos agrícolas	ton NTotal	26.80	78.21	29.97
Uso de combustible en Subsulado	m ³	23.51	58.15	5.49
Uso de combustible en Rastra	m ³	36.93	121.16	16.42
Uso de combustible en Labranza	m ³	41.24	125.56	30.98
Uso de combustible en Fertilización	m ³	40.29	108.62	8.45
Uso de combustible en Cosecha	m ³	43.80	171.08	75.62
Uso de combustible en Control químico de plagas	m ³	47.63	95.90	4.14
Uso de combustible en Control químico de malezas	m ³	48.36	144.63	7.34
Uso de combustible en Control mecánico de malezas	m ³	35.92	66.83	2.78
Uso de combustible en Control químico de enfermedades	m ³	43.86	3.46	0.62

Estadísticamente se logró comprobar que los valores de emisiones de GEI por superficie de cada una de las tipologías productivas son significativamente diferentes entre sí con una confianza del 95% ($p < 0.05$), tal como se presenta en la Figura 8.

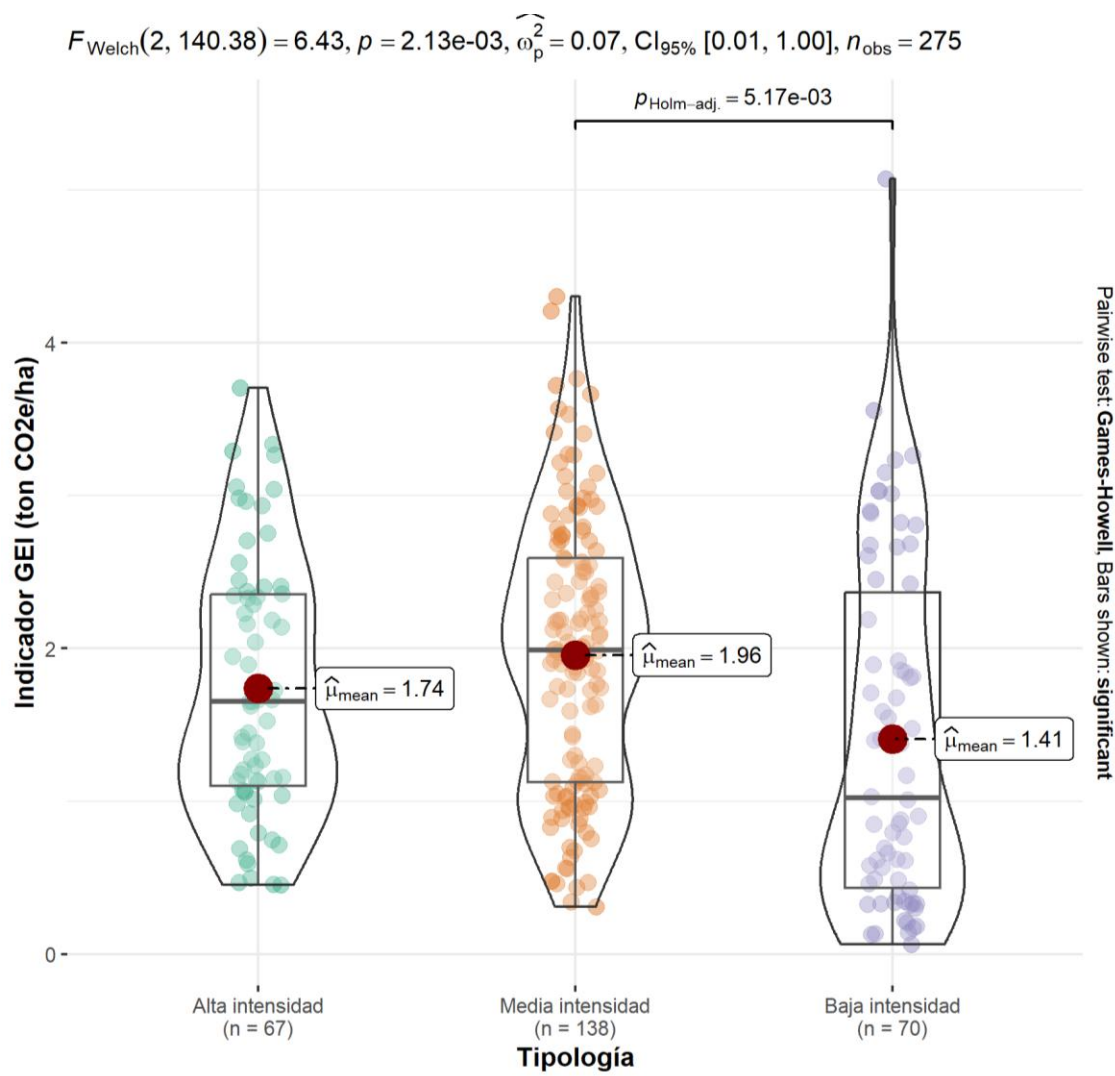


Figura 8. Análisis estadístico por tipología productiva en maíz mecanizado

Se indica en la Tabla 6, los resultados de la extrapolación de emisiones de GEI por departamento y agencias del MIDA considerando el total de superficie sembrada (ha) en maíz mecanizado durante el periodo 2024 – 2025 y el indicador de emisiones GEI por superficie productiva escalado al nivel de agencias MIDA. La información utilizada para llegar a los valores del indicador GEI por agencia, se tomó como referencia de las estimaciones de GEI a nivel de productor y posteriormente se escaló por agregación a nivel de agencias MIDA, utilizando como herramienta el Dashboard de resultados de emisiones GEI indicado en la Figura 4 de la sección de Metodología.

Tabla 6. Extrapolación de emisiones GEI en productores de maíz mecanizado en el periodo 2024 – 2025

Departamento	Agencias del MIDA	Superficie sembrada (ha)	Indicador GEI (ton CO ₂ e·ha ⁻¹)	Extrapolación emisiones GEI (ton CO ₂ e)
Los Santos	Guarare	2,357.90	2.02	4,762.96
	Las Tablas	3,683.60	1.86	6,851.50
	Los Santos	2,137.00	1.56	3,333.72
	Macaracas	231.00	1.27	293.37
	Pedasi	3,193.60	2.02	6,451.07
	Pocri	4,116.50	2.17	8,932.81
	Tonosi	13.90	1.09	15.15
	Tres Quebrada	1,469.20	1.56	2,291.95
	Las Trancas	84.70	2.02	171.09
Herrera	Chitré	442.10	2.39	1,056.62
	Parita	1,500.41	2.40	3,600.98
	Santa María	398.20	4.21	1,676.42
	Ocú	51.32	1.16	59.53
	Los Pozos	14.20	1.96	27.83
	Pesé	222.55	1.37	304.89
Total		19,916.18	-	39,829.90

Por último, en el Anexo 1 se presenta un resumen con los principales resultados de la estimación de emisiones de GEI de los 275 productores de maíz mecanizado encuestados en el marco del proyecto KolFACI, en donde se especifica por Departamento, Municipio, Tipo de cultivo y Tipología, el número de productores encuestados, el área productiva reportada en el último ciclo productivo, la cantidad total de emisiones de GEI y el porcentaje de participación.

3. Escenarios de reducción de emisiones de GEI

Para Panamá se elaboraron escenarios de mitigación o reducciones de emisiones de GEI teniendo en cuenta que dentro de los objetivos a largo plazo a nivel de país se tiene contemplado realizar una mejor gestión de fertilizantes e intensificar la actividad para estabilizar las emisiones del sector agrícola (Ministerio de Ambiente et al., 2024).

En este sentido se elaboraron tres escenarios de reducción de emisiones de GEI (Línea base, Escenario 1, Escenario 2) teniendo en cuenta las propuestas de promoción tecnológica en el cultivo de maíz en Panamá según Gordón (2021); el escenario de Línea base hace referencia al estado actual de manejo agronómico dado por los productores de maíz mecanizado en la que utilizan en promedio una dosis total de nitrógeno de 156.63 kg N·ha⁻¹; el Escenario 1 hace referencia a una condición en la que los productores de las 3 tipologías tienen la posibilidad de aplicar en el momento de la siembra 273 kg 13-26-10-10·ha⁻¹, a los 21 días después de la siembra 136 kg Urea·ha⁻¹ y a los 30 a 35 días después de la siembra 182 kg Urea·ha⁻¹ para alcanzar en promedio una dosis total de nitrógeno de 104.46 kg N·ha⁻¹; mientras que el Escenario 2 hace referencia a una condición en la que los productores de las 3 tipologías tienen la posibilidad de aplicar en el momento de la siembra 273 kg 13-26-10-10·ha⁻¹, a los 21 días después de la siembra 136 kg 37.7-0-0-8·ha⁻¹ y los 30 a 35 días después de la siembra 182 kg 30-0-20·ha⁻¹ para alcanzar en promedio una dosis total de nitrógeno de 87.17 kg N·ha⁻¹ (Tabla 7).

Tabla 7. Supuestos de escenarios de reducción de emisiones de GEI (Línea base, Escenario 1 y Escenario 2)

Escenarios	Siembra	21 dds	30 a 35 dds	Promedio Dosis Ntotal (Kg N/ha)
Línea base	***	***	***	156.63
Escenario 1	273 kg 13-26-10-10·ha ⁻¹	136 kg Urea·ha ⁻¹	182 kg Urea·ha ⁻¹	104.46
Escenario 2	273 kg 13-26-10-10·ha ⁻¹	136 kg 37.7-0-0-8·ha ⁻¹	182 kg 30-0-20·ha ⁻¹	87.17

La Tabla 8 muestra los escenarios de reducción de emisiones de GEI descritos anteriormente, en ella se observa que con respecto al escenario de Línea base (18,066 ton CO₂e) se alcanzan a reducir con el Escenario 1 un valor 3,004 ton CO₂e y con el Escenario 2 un valor de 7,502 ton CO₂e, lo cual también corresponde con un porcentaje de reducción de emisiones de GEI del 16.63% y 41.53%, respectivamente. De igual manera, se indica que hay una reducción en los valores del indicador de emisiones de GEI por área productiva, en donde se logra disminuir su valor inicial de 1.94 ton CO₂e·ha⁻¹ (Escenario de Línea base) a 1.61 ton CO₂e·ha⁻¹ (Escenario 1) y 1.13 ton CO₂e·ha⁻¹ (Escenario 2).

Tabla 8. Escenarios de reducción de emisiones de GEI en la producción de maíz mecanizado

Escenarios	Emisión total GEI (ton CO ₂ e)	Indicador GEI (ton CO ₂ e·ha ⁻¹)	Reducción de GEI (%)
Línea base	18,066	1.94	-
Escenario 1	15,062	1.61	17%
Escenario 2	10,564	1.13	42%

Por otra parte, en la Tabla 9 se indica a nivel de tipología cómo fue el comportamiento de las dos variables anteriormente descritas. Por un lado, se observa que los productores alta intensidad reducen un 11% las emisiones de GEI en el Escenario 1 y un 33% en el Escenario 2; los de media intensidad disminuyen sus emisiones en 16% en el Escenario 1 y un 42% en el Escenario 2; finalmente los de baja intensidad reducen un 24% las emisiones de GEI en el Escenario 1 y un 48% en el Escenario 2.

Tabla 9. Escenarios de reducción de emisiones de GEI por tipologías productivas en maíz mecanizado

Escenarios	Tipología	Emisión total GEI (ton CO ₂ e)	Indicador GEI (ton CO ₂ e·ha ⁻¹)	Reducción de GEI (%)
Línea base	Alta intensidad	3107.803	1.69	-
	Media intensidad	11806.02	2.16	-
	Baja intensidad	3151.798	1.55	-
Escenario 1	Alta intensidad	2762.478	1.50	11%
	Media intensidad	9911.205	1.82	16%
	Baja intensidad	2388.774	1.18	24%
Escenario 2	Alta intensidad	2075.827	1.13	33%
	Media intensidad	6862.606	1.26	42%
	Baja intensidad	1625.962	0.80	48%

Conclusiones

1. En la de maíz encuestados en Panamá durante el periodo 2024 - 2025, se determinó un valor de emisiones de GEI por superficie productiva de 1.94 ton CO₂e·ha⁻¹.
2. De las fuentes de emisión de GEI identificadas, las tres más relevantes fueron las emisiones directas de N₂O por la aplicación de fertilizantes nitrogenados (43%), las emisiones de GEI por el consumo de combustibles fósiles en maquinaria agrícola (20%) y las emisiones de GEI por la producción de fertilizantes (18%).
3. En función de las 3 tipologías (alta, media y baja intensidad) productivas definidas para productores de maíz mecanizado en Panamá, se determinó que productores de alta, media y baja intensidad generan por superficie productiva un valor de 1.69 ton CO₂e·ha⁻¹, 2.16 ton CO₂e·ha⁻¹ y 1.55 ton CO₂e·ha⁻¹ respectivamente.
4. Estadísticamente se logró demostrar que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los valores del indicador de emisiones de GEI por área productiva en cada una de las tipologías productivas.
A partir de la extrapolación de emisiones de GEI realizada para productores de maíz mecanizado en la región de Azuero, se determinó que aproximadamente durante el periodo 2024 – 2025 se emitió un valor de 39,830 ton CO₂e.
5. De los escenarios de reducción de emisiones de GEI proyectados, se determinó que la optimización o reducción de la dosis de fertilizante nitrogenado puede ser una alternativa de mitigación viable para el país porque tiene el potencial de reducir las emisiones de GEI en un 17% a 42%.
6. Es necesario evaluar otras posibilidades o alternativas para la reducción de emisiones de GEI teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los diferentes escenarios simulados puesto que se podrían llegar a obtener resultados más favorables en la región de Azuero, siendo este el caso de ver la posibilidad de migrar a fuentes de fertilizantes orgánicos, fertilizantes especiales con inhibidores, labranza mínima, etc.

Bibliografía

CEPAL. (2021). CEPALSTAT DataBank.
https://statistics.cepal.org/portal/databank/index.html?lang=es&indicator_id=3351

Gordón, R. (2021). El maíz en Panamá: Características, requerimientos y recomendaciones para su producción en ambientes con alta variabilidad climática. Instituto de Innovación Agropecuaria, Panamá.

Hanif, M., Shahbaz, M., & Ahmad, M. (2018). Sampling Techniques: Methods and Applications – Nova Science Publishers. <https://novapublishers.com/shop/sampling-techniques-methods-and-applications/>

IPCC. (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Vol. 4). <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. Journal of Statistical Software, 25(1), 1–18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>

Lee, H., Calvin, K., Dasgupta, D., Krinmer, G., Mukherji, A., Thorne, P., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P., Barret, K., Blanco, G., Cheung, W. W. L., Connors, S. L., Denton, F., Diongue-Niang, A., Dodman, D., Garschagen, M., Geden, O., Hayward, B., ... Zommers, Z. (2023). Synthesis report of the IPCC Sixth Assessment Report (AR6), Longer report. IPCC. [Monograph]. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://mural.maynoothuniversity.ie/id/eprint/17733/>

Ministerio de Ambiente, Fondo para el Medio Ambiente (FNAM), & Naciones Unidas Para el Desarrollo (PNUD). (2024). Primer informe bienal de transparencia climática.

Singh, S. (2003). Simple Random Sampling. En S. Singh (Ed.), Advanced Sampling Theory with Applications: How Michael ‘selected’ Amy Volume I (pp. 71–136). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0789-4_2

WRI. (2022). | Greenhouse Gas (GHG) Emissions | Climate Watch. https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?end_year=2022&source=PIK&start_year=1850

Anexos

Anexo 1. Resumen de indicadores asociados a la estimación de la huella de carbono en productores de maíz mecanizado

Pais	Departamento	Municipio	Tipología	ID de productor	Área (ha)	Emisión total GEI (ton CO ₂ e)	Participación GEI (%)	Indicador (ton CO ₂ e/ha)
Panamá	Herrera	Chitre	Media intensidad	Productor-12	26.00	74.68	0.41	2.87
Panamá	Herrera	Chitre	Media intensidad	Productor-135	39.40	83.70	0.46	2.12
Panamá	Herrera	Chitre	Baja intensidad	Productor-29	1.30	0.74	0.00	0.57
Panamá	Herrera	Los Pozos	Media intensidad	Productor-139	3.00	4.27	0.02	1.42
Panamá	Herrera	Los Pozos	Baja intensidad	Productor-142	1.00	1.85	0.01	1.85
Panamá	Herrera	Los Pozos	Media intensidad	Productor-229	1.00	2.17	0.01	2.17
Panamá	Herrera	Los Pozos	Alta intensidad	Productor-24	2.00	4.28	0.02	2.14
Panamá	Herrera	Los Pozos	Media intensidad	Productor-242	3.00	6.96	0.04	2.32
Panamá	Herrera	Los Pozos	Media intensidad	Productor-253	1.00	0.80	0.00	0.80
Panamá	Herrera	Los Pozos	Media intensidad	Productor-74	2.00	5.13	0.03	2.57
Panamá	Herrera	Ocu	Media intensidad	Productor-231	29.00	50.09	0.28	1.73
Panamá	Herrera	Ocu	Baja intensidad	Productor-31	22.00	7.28	0.04	0.33
Panamá	Herrera	Ocu	Baja intensidad	Productor-72	1.00	3.03	0.02	3.03
Panamá	Herrera	Parita	Media intensidad	Productor-108	3.00	8.96	0.05	2.99
Panamá	Herrera	Parita	Media intensidad	Productor-122	10.00	4.68	0.03	0.47
Panamá	Herrera	Parita	Media intensidad	Productor-141	225.00	627.37	3.47	2.79
Panamá	Herrera	Parita	Baja intensidad	Productor-143	48.00	40.92	0.23	0.85
Panamá	Herrera	Parita	Baja intensidad	Productor-148	31.00	27.99	0.15	0.90
Panamá	Herrera	Parita	Media intensidad	Productor-15	110.00	473.56	2.62	4.31
Panamá	Herrera	Parita	Baja intensidad	Productor-159	10.00	2.08	0.01	0.21
Panamá	Herrera	Parita	Alta intensidad	Productor-165	3.00	7.21	0.04	2.40
Panamá	Herrera	Parita	Media intensidad	Productor-190	6.50	15.41	0.09	2.37
Panamá	Herrera	Parita	Media intensidad	Productor-194	39.70	41.06	0.23	1.03
Panamá	Herrera	Parita	Alta intensidad	Productor-197	1.50	3.85	0.02	2.56
Panamá	Herrera	Parita	Media intensidad	Productor-208	4.30	9.41	0.05	2.19
Panamá	Herrera	Parita	Media intensidad	Productor-224	1.30	1.65	0.01	1.27

Panamá	Herrera	Parita	Media intensidad	Productor-227	5.22	9.91	0.05	1.90
Panamá	Herrera	Parita	Alta intensidad	Productor-228	46.50	42.78	0.24	0.92
Panamá	Herrera	Parita	Alta intensidad	Productor-233	20.00	48.16	0.27	2.41
Panamá	Herrera	Parita	Media intensidad	Productor-235	15.50	16.69	0.09	1.08
Panamá	Herrera	Parita	Alta intensidad	Productor-251	25.50	83.98	0.46	3.29
Panamá	Herrera	Parita	Alta intensidad	Productor-263	4.00	5.57	0.03	1.39
Panamá	Herrera	Parita	Media intensidad	Productor-265	2.00	1.88	0.01	0.94
Panamá	Herrera	Parita	Media intensidad	Productor-266	5.00	13.65	0.08	2.73
Panamá	Herrera	Parita	Alta intensidad	Productor-39	2.00	3.30	0.02	1.65
Panamá	Herrera	Parita	Media intensidad	Productor-41	1.20	2.12	0.01	1.77
Panamá	Herrera	Parita	Media intensidad	Productor-48	64.00	188.15	1.04	2.94
Panamá	Herrera	Parita	Media intensidad	Productor-61	7.00	7.91	0.04	1.13
Panamá	Herrera	Parita	Media intensidad	Productor-73	60.00	45.29	0.25	0.75
Panamá	Herrera	Parita	Media intensidad	Productor-76	12.00	12.31	0.07	1.03
Panamá	Herrera	Parita	Media intensidad	Productor-81	72.20	254.99	1.41	3.53
Panamá	Herrera	Pese	Media intensidad	Productor-110	5.00	3.39	0.02	0.68
Panamá	Herrera	Pese	Alta intensidad	Productor-123	69.70	118.78	0.66	1.70
Panamá	Herrera	Pese	Baja intensidad	Productor-125	53.50	55.12	0.31	1.03
Panamá	Herrera	Pese	Baja intensidad	Productor-13	3.00	4.23	0.02	1.41
Panamá	Herrera	Pese	Media intensidad	Productor-137	3.00	3.47	0.02	1.16
Panamá	Herrera	Pese	Media intensidad	Productor-14	5.20	9.76	0.05	1.88
Panamá	Herrera	Pese	Media intensidad	Productor-144	45.80	32.08	0.18	0.70
Panamá	Herrera	Pese	Baja intensidad	Productor-150	10.00	1.72	0.01	0.17
Panamá	Herrera	Pese	Baja intensidad	Productor-160	8.60	6.86	0.04	0.80
Panamá	Herrera	Pese	Alta intensidad	Productor-166	3.20	3.71	0.02	1.16
Panamá	Herrera	Pese	Media intensidad	Productor-173	14.00	41.01	0.23	2.93
Panamá	Herrera	Pese	Alta intensidad	Productor-177	14.60	23.70	0.13	1.62
Panamá	Herrera	Pese	Baja intensidad	Productor-193	6.00	4.17	0.02	0.70
Panamá	Herrera	Pese	Baja intensidad	Productor-27	0.94	2.45	0.01	2.61
Panamá	Herrera	Pese	Media intensidad	Productor-275	4.20	4.13	0.02	0.98
Panamá	Herrera	Pese	Baja intensidad	Productor-55	35.00	51.66	0.29	1.48
Panamá	Herrera	Pese	Media intensidad	Productor-79	7.00	7.25	0.04	1.04
Panamá	Herrera	Pese	Alta intensidad	Productor-87	29.70	70.51	0.39	2.37
Panamá	Herrera	Pese	Media intensidad	Productor-89	70.00	91.21	0.50	1.30
Panamá	Herrera	Pese	Alta intensidad	Productor-90	9.30	11.22	0.06	1.21

Panamá	Herrera	Santa Maria	Media intensidad	Productor-58	300.00	1262.24	6.99	4.21
Panamá	Los Santos	Guarare	Baja intensidad	Productor-1	1.00	1.55	0.01	1.55
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-10	15.00	40.63	0.22	2.71
Panamá	Los Santos	Guarare	Alta intensidad	Productor-104	8.00	24.47	0.14	3.06
Panamá	Los Santos	Guarare	Alta intensidad	Productor-107	37.60	44.32	0.25	1.18
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-109	23.30	50.64	0.28	2.17
Panamá	Los Santos	Guarare	Baja intensidad	Productor-113	6.00	16.95	0.09	2.83
Panamá	Los Santos	Guarare	Baja intensidad	Productor-118	31.00	89.45	0.50	2.89
Panamá	Los Santos	Guarare	Alta intensidad	Productor-134	38.60	58.97	0.33	1.53
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-138	9.60	11.12	0.06	1.16
Panamá	Los Santos	Guarare	Alta intensidad	Productor-146	15.00	41.32	0.23	2.75
Panamá	Los Santos	Guarare	Alta intensidad	Productor-153	2.70	1.23	0.01	0.46
Panamá	Los Santos	Guarare	Alta intensidad	Productor-154	53.00	36.52	0.20	0.69
Panamá	Los Santos	Guarare	Alta intensidad	Productor-155	0.50	0.95	0.01	1.89
Panamá	Los Santos	Guarare	Alta intensidad	Productor-158	17.00	41.59	0.23	2.45
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-180	150.00	238.79	1.32	1.59
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-181	7.30	14.29	0.08	1.96
Panamá	Los Santos	Guarare	Baja intensidad	Productor-185	6.20	2.61	0.01	0.42
Panamá	Los Santos	Guarare	Alta intensidad	Productor-186	10.10	11.47	0.06	1.14
Panamá	Los Santos	Guarare	Alta intensidad	Productor-19	4.40	11.91	0.07	2.71
Panamá	Los Santos	Guarare	Baja intensidad	Productor-203	12.00	4.54	0.03	0.38
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-210	30.00	90.87	0.50	3.03
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-214	13.30	37.17	0.21	2.80
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-218	7.80	19.52	0.11	2.50
Panamá	Los Santos	Guarare	Baja intensidad	Productor-22	263.40	638.38	3.53	2.42
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-241	5.40	20.34	0.11	3.77
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-246	16.00	15.30	0.08	0.96
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-252	9.00	3.93	0.02	0.44
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-259	5.40	2.50	0.01	0.46
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-268	11.40	21.14	0.12	1.85
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-272	13.00	7.32	0.04	0.56
Panamá	Los Santos	Guarare	Alta intensidad	Productor-273	9.00	18.38	0.10	2.04
Panamá	Los Santos	Guarare	Baja intensidad	Productor-32	18.00	8.83	0.05	0.49
Panamá	Los Santos	Guarare	Alta intensidad	Productor-40	6.00	3.72	0.02	0.62
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-44	6.20	19.38	0.11	3.13

Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-51	26.00	83.72	0.46	3.22
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-52	64.20	128.01	0.71	1.99
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-56	56.10	108.31	0.60	1.93
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-57	80.00	98.41	0.54	1.23
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-60	108.00	330.31	1.83	3.06
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-68	9.00	23.36	0.13	2.60
Panamá	Los Santos	Guarare	Baja intensidad	Productor-8	0.50	0.38	0.00	0.77
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-83	13.50	23.55	0.13	1.74
Panamá	Los Santos	Guarare	Baja intensidad	Productor-94	36.00	95.94	0.53	2.67
Panamá	Los Santos	Guarare	Media intensidad	Productor-98	9.00	7.49	0.04	0.83
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-106	100.00	270.54	1.50	2.71
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-111	40.00	70.07	0.39	1.75
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Baja intensidad	Productor-112	50.00	95.93	0.53	1.92
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Alta intensidad	Productor-117	31.00	14.56	0.08	0.47
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Alta intensidad	Productor-129	34.00	33.48	0.19	0.98
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Alta intensidad	Productor-130	4.00	4.29	0.02	1.07
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-151	20.00	46.70	0.26	2.33
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Baja intensidad	Productor-17	17.70	38.80	0.21	2.19
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-170	28.00	65.00	0.36	2.32
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Baja intensidad	Productor-179	31.00	100.22	0.55	3.23
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Baja intensidad	Productor-187	30.00	26.44	0.15	0.88
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-188	204.00	404.90	2.24	1.98
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Alta intensidad	Productor-191	40.00	29.88	0.17	0.75
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Alta intensidad	Productor-196	6.90	16.27	0.09	2.36
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Baja intensidad	Productor-199	13.00	42.41	0.23	3.26
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-2	40.90	89.39	0.49	2.19
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Alta intensidad	Productor-200	5.90	2.67	0.01	0.45
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Alta intensidad	Productor-202	140.00	148.11	0.82	1.06
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Alta intensidad	Productor-206	65.00	69.31	0.38	1.07
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-222	18.00	52.75	0.29	2.93
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-223	70.00	260.42	1.44	3.72
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-230	16.70	36.47	0.20	2.18
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Alta intensidad	Productor-232	136.10	141.31	0.78	1.04
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Alta intensidad	Productor-236	13.10	7.79	0.04	0.59
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Alta intensidad	Productor-238	45.00	32.26	0.18	0.72

Panamá	Los Santos	Las Tablas	Alta intensidad	Productor-244	250.00	746.38	4.13	2.99
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-255	117.80	93.99	0.52	0.80
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Alta intensidad	Productor-257	22.20	27.45	0.15	1.24
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-258	146.00	343.52	1.90	2.35
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-264	53.00	166.92	0.92	3.15
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-267	2.00	6.82	0.04	3.41
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-30	9.70	8.69	0.05	0.90
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Baja intensidad	Productor-33	60.00	113.83	0.63	1.90
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-35	20.00	38.57	0.21	1.93
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Baja intensidad	Productor-37	39.00	70.89	0.39	1.82
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-38	20.00	33.37	0.18	1.67
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-45	90.00	181.17	1.00	2.01
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-47	37.00	90.19	0.50	2.44
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Baja intensidad	Productor-5	18.50	25.92	0.14	1.40
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-54	38.90	37.46	0.21	0.96
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-59	295.00	659.54	3.65	2.24
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Baja intensidad	Productor-7	10.50	3.62	0.02	0.35
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Baja intensidad	Productor-70	127.50	41.86	0.23	0.33
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Baja intensidad	Productor-71	56.00	56.70	0.31	1.01
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-77	6.70	18.38	0.10	2.74
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-78	23.00	63.19	0.35	2.75
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-84	80.00	230.48	1.28	2.88
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Alta intensidad	Productor-93	119.70	135.18	0.75	1.13
Panamá	Los Santos	Las Tablas	Media intensidad	Productor-99	11.00	24.15	0.13	2.20
Panamá	Los Santos	Los Santos	Media intensidad	Productor-103	125.00	136.98	0.76	1.10
Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-115	5.00	14.50	0.08	2.90
Panamá	Los Santos	Los Santos	Media intensidad	Productor-116	75.40	64.14	0.36	0.85
Panamá	Los Santos	Los Santos	Alta intensidad	Productor-119	3.00	5.85	0.03	1.95
Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-120	10.00	18.57	0.10	1.86
Panamá	Los Santos	Los Santos	Alta intensidad	Productor-124	5.50	2.74	0.02	0.50
Panamá	Los Santos	Los Santos	Alta intensidad	Productor-127	65.00	145.02	0.80	2.23
Panamá	Los Santos	Los Santos	Alta intensidad	Productor-132	8.10	26.47	0.15	3.27
Panamá	Los Santos	Los Santos	Media intensidad	Productor-136	250.00	221.64	1.23	0.89
Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-140	2.40	0.78	0.00	0.32
Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-145	8.00	13.41	0.07	1.68

Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-147	41.00	48.02	0.27	1.17
Panamá	Los Santos	Los Santos	Media intensidad	Productor-157	62.10	34.78	0.19	0.56
Panamá	Los Santos	Los Santos	Media intensidad	Productor-161	8.00	10.01	0.06	1.25
Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-162	122.20	328.06	1.82	2.68
Panamá	Los Santos	Los Santos	Media intensidad	Productor-163	26.00	69.80	0.39	2.68
Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-167	135.90	30.12	0.17	0.22
Panamá	Los Santos	Los Santos	Alta intensidad	Productor-178	47.50	65.80	0.36	1.39
Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-18	7.20	11.42	0.06	1.59
Panamá	Los Santos	Los Santos	Media intensidad	Productor-189	0.94	3.07	0.02	3.27
Panamá	Los Santos	Los Santos	Alta intensidad	Productor-198	20.90	69.75	0.39	3.34
Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-20	20.00	60.60	0.34	3.03
Panamá	Los Santos	Los Santos	Alta intensidad	Productor-201	3.80	8.69	0.05	2.29
Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-204	61.00	35.37	0.20	0.58
Panamá	Los Santos	Los Santos	Media intensidad	Productor-21	1.50	3.07	0.02	2.04
Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-212	8.00	1.03	0.01	0.13
Panamá	Los Santos	Los Santos	Media intensidad	Productor-213	27.00	26.03	0.14	0.96
Panamá	Los Santos	Los Santos	Media intensidad	Productor-215	165.00	426.42	2.36	2.58
Panamá	Los Santos	Los Santos	Alta intensidad	Productor-216	34.10	38.65	0.21	1.13
Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-219	25.00	8.28	0.05	0.33
Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-221	37.50	100.41	0.56	2.68
Panamá	Los Santos	Los Santos	Media intensidad	Productor-225	48.60	84.40	0.47	1.74
Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-23	12.00	7.93	0.04	0.66
Panamá	Los Santos	Los Santos	Alta intensidad	Productor-245	26.80	78.63	0.44	2.93
Panamá	Los Santos	Los Santos	Media intensidad	Productor-248	25.70	26.57	0.15	1.03
Panamá	Los Santos	Los Santos	Media intensidad	Productor-250	71.00	153.74	0.85	2.17
Panamá	Los Santos	Los Santos	Media intensidad	Productor-271	49.00	43.42	0.24	0.89
Panamá	Los Santos	Los Santos	Media intensidad	Productor-4	32.20	76.05	0.42	2.36
Panamá	Los Santos	Los Santos	Media intensidad	Productor-43	39.00	43.51	0.24	1.12
Panamá	Los Santos	Los Santos	Media intensidad	Productor-53	70.00	168.60	0.93	2.41
Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-62	3.80	13.52	0.07	3.56
Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-63	13.00	40.99	0.23	3.15
Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-64	75.00	46.75	0.26	0.62
Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-69	60.00	102.67	0.57	1.71
Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-80	83.50	234.63	1.30	2.81
Panamá	Los Santos	Los Santos	Media intensidad	Productor-86	0.70	0.33	0.00	0.48

Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-88	3.00	15.22	0.08	5.07
Panamá	Los Santos	Los Santos	Baja intensidad	Productor-9	6.10	3.76	0.02	0.62
Panamá	Los Santos	Los Santos	Media intensidad	Productor-96	4.00	3.81	0.02	0.95
Panamá	Los Santos	Macaracas	Media intensidad	Productor-105	7.50	7.89	0.04	1.05
Panamá	Los Santos	Macaracas	Baja intensidad	Productor-131	8.00	3.88	0.02	0.48
Panamá	Los Santos	Macaracas	Media intensidad	Productor-174	2.50	6.10	0.03	2.44
Panamá	Los Santos	Macaracas	Baja intensidad	Productor-182	4.50	7.44	0.04	1.65
Panamá	Los Santos	Macaracas	Baja intensidad	Productor-183	1.00	0.18	0.00	0.18
Panamá	Los Santos	Macaracas	Media intensidad	Productor-220	6.50	23.83	0.13	3.67
Panamá	Los Santos	Macaracas	Media intensidad	Productor-240	13.00	18.70	0.10	1.44
Panamá	Los Santos	Macaracas	Baja intensidad	Productor-25	11.00	6.77	0.04	0.62
Panamá	Los Santos	Macaracas	Baja intensidad	Productor-254	40.00	34.20	0.19	0.86
Panamá	Los Santos	Macaracas	Media intensidad	Productor-274	7.00	6.96	0.04	0.99
Panamá	Los Santos	Macaracas	Media intensidad	Productor-3	10.00	11.25	0.06	1.12
Panamá	Los Santos	Macaracas	Baja intensidad	Productor-46	1.70	0.78	0.00	0.46
Panamá	Los Santos	Macaracas	Media intensidad	Productor-6	10.80	3.33	0.02	0.31
Panamá	Los Santos	Macaracas	Media intensidad	Productor-75	37.80	69.67	0.39	1.84
Panamá	Los Santos	Macaracas	Media intensidad	Productor-82	3.50	8.83	0.05	2.52
Panamá	Los Santos	Pedasi	Media intensidad	Productor-100	60.90	113.80	0.63	1.87
Panamá	Los Santos	Pedasi	Media intensidad	Productor-102	10.50	23.67	0.13	2.25
Panamá	Los Santos	Pedasi	Baja intensidad	Productor-11	2.30	0.33	0.00	0.14
Panamá	Los Santos	Pedasi	Media intensidad	Productor-114	93.50	305.69	1.69	3.27
Panamá	Los Santos	Pedasi	Media intensidad	Productor-121	5.10	9.42	0.05	1.85
Panamá	Los Santos	Pedasi	Media intensidad	Productor-128	58.30	153.99	0.85	2.64
Panamá	Los Santos	Pedasi	Alta intensidad	Productor-133	10.80	32.84	0.18	3.04
Panamá	Los Santos	Pedasi	Media intensidad	Productor-164	47.10	95.74	0.53	2.03
Panamá	Los Santos	Pedasi	Baja intensidad	Productor-169	11.40	0.74	0.00	0.06
Panamá	Los Santos	Pedasi	Media intensidad	Productor-176	4.90	9.46	0.05	1.93
Panamá	Los Santos	Pedasi	Baja intensidad	Productor-207	1.00	0.13	0.00	0.13
Panamá	Los Santos	Pedasi	Alta intensidad	Productor-209	34.70	102.84	0.57	2.96
Panamá	Los Santos	Pedasi	Baja intensidad	Productor-211	24.70	74.40	0.41	3.01
Panamá	Los Santos	Pedasi	Media intensidad	Productor-217	21.90	54.77	0.30	2.50
Panamá	Los Santos	Pedasi	Media intensidad	Productor-234	15.20	24.82	0.14	1.63
Panamá	Los Santos	Pedasi	Baja intensidad	Productor-239	18.00	44.17	0.24	2.45
Panamá	Los Santos	Pedasi	Media intensidad	Productor-247	57.30	195.64	1.08	3.41

Panamá	Los Santos	Pedasi	Baja intensidad	Productor-249	81.50	147.59	0.82	1.81
Panamá	Los Santos	Pedasi	Media intensidad	Productor-256	22.60	62.63	0.35	2.77
Panamá	Los Santos	Pedasi	Media intensidad	Productor-262	91.90	44.04	0.24	0.48
Panamá	Los Santos	Pedasi	Media intensidad	Productor-34	66.30	74.75	0.41	1.13
Panamá	Los Santos	Pedasi	Alta intensidad	Productor-50	21.00	36.25	0.20	1.73
Panamá	Los Santos	Pedasi	Alta intensidad	Productor-85	8.30	18.16	0.10	2.19
Panamá	Los Santos	Pedasi	Media intensidad	Productor-92	80.00	152.26	0.84	1.90
Panamá	Los Santos	Pedasi	Alta intensidad	Productor-97	105.40	149.74	0.83	1.42
Panamá	Los Santos	Pocri	Alta intensidad	Productor-101	18.40	23.52	0.13	1.28
Panamá	Los Santos	Pocri	Alta intensidad	Productor-126	8.10	18.93	0.10	2.34
Panamá	Los Santos	Pocri	Media intensidad	Productor-149	22.10	46.59	0.26	2.11
Panamá	Los Santos	Pocri	Media intensidad	Productor-152	5.00	14.61	0.08	2.92
Panamá	Los Santos	Pocri	Media intensidad	Productor-156	84.00	250.10	1.38	2.98
Panamá	Los Santos	Pocri	Media intensidad	Productor-16	2.30	4.79	0.03	2.08
Panamá	Los Santos	Pocri	Alta intensidad	Productor-168	5.20	8.67	0.05	1.67
Panamá	Los Santos	Pocri	Alta intensidad	Productor-171	4.40	9.51	0.05	2.16
Panamá	Los Santos	Pocri	Media intensidad	Productor-172	38.00	44.70	0.25	1.18
Panamá	Los Santos	Pocri	Alta intensidad	Productor-175	6.10	10.15	0.06	1.66
Panamá	Los Santos	Pocri	Alta intensidad	Productor-184	5.10	5.86	0.03	1.15
Panamá	Los Santos	Pocri	Media intensidad	Productor-195	43.70	111.30	0.62	2.55
Panamá	Los Santos	Pocri	Media intensidad	Productor-205	19.50	40.90	0.23	2.10
Panamá	Los Santos	Pocri	Alta intensidad	Productor-226	4.40	10.25	0.06	2.33
Panamá	Los Santos	Pocri	Media intensidad	Productor-237	3.20	6.22	0.03	1.94
Panamá	Los Santos	Pocri	Media intensidad	Productor-243	5.30	3.35	0.02	0.63
Panamá	Los Santos	Pocri	Alta intensidad	Productor-26	10.90	40.40	0.22	3.71
Panamá	Los Santos	Pocri	Baja intensidad	Productor-260	9.30	3.15	0.02	0.34
Panamá	Los Santos	Pocri	Alta intensidad	Productor-261	12.50	18.09	0.10	1.45
Panamá	Los Santos	Pocri	Media intensidad	Productor-269	13.60	48.57	0.27	3.57
Panamá	Los Santos	Pocri	Alta intensidad	Productor-270	16.00	37.55	0.21	2.35
Panamá	Los Santos	Pocri	Baja intensidad	Productor-28	1.50	2.07	0.01	1.38
Panamá	Los Santos	Pocri	Media intensidad	Productor-36	4.00	7.99	0.04	2.00
Panamá	Los Santos	Pocri	Alta intensidad	Productor-42	2.90	3.69	0.02	1.27
Panamá	Los Santos	Pocri	Media intensidad	Productor-49	6.00	9.73	0.05	1.62
Panamá	Los Santos	Pocri	Media intensidad	Productor-65	8.60	16.99	0.09	1.98
Panamá	Los Santos	Pocri	Media intensidad	Productor-66	1.00	0.34	0.00	0.34



**Latin America Food & Agriculture
Cooperation Initiative**



Panamá	Los Santos	Pocri	Baja intensidad	Productor-67	1.80	0.54	0.00	0.30
Panamá	Los Santos	Pocri	Alta intensidad	Productor-91	8.80	8.91	0.05	1.01
Panamá	Los Santos	Tonosi	Baja intensidad	Productor-192	12.00	4.02	0.02	0.34
Panamá	Los Santos	Tonosi	Media intensidad	Productor-95	10.00	20.05	0.11	2.01