

Limitantes para el cambio productivo en caña de azúcar en beneficiarios de Producción para el Bienestar

Julio Vilaboa-Arróniz^{1*} (<https://orcid.org/0000-0002-1353-471X>)

Jorge Aguilar-Ávila¹ (<https://orcid.org/0000-0002-6129-7050>)

Enrique Genaro Martínez-González¹ (<https://orcid.org/0000-0001-9312-5002>)

Arturo Heribia-Virúes² (<https://orcid.org/0000-0002-5567-0154>)

¹Universidad Autónoma Chapingo, Centro Académico y de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), km 38.5 carretera federal México-Texcoco, Texcoco, Estado de México, C.P. 56230, México.

²Tecnológico Nacional de México, Campus Cosamaloapan. Av. Tecnológico S/N, Col. Los Ángeles, Cosamaloapan, Veracruz, C.P. 95400, México.

*Autor de correspondencia: julio.vilaboa@ciestaam.edu.mx

Resumen

El Programa Producción para el Bienestar (PPB) contribuye a la autosuficiencia alimentaria a través de apoyos económicos directos a los productores. Este estudio de caso se realizó en el municipio de Cosamaloapan, Veracruz, México. El objetivo del estudio fue analizar las limitantes

para el cambio en el modelo productivo de la caña de azúcar a partir del conocimiento, nivel de uso de herbicidas y la trayectoria de adopción tecnológica de los productores. Se aplicaron encuestas estructuradas a 73 productores seleccionados mediante muestreo estratificado por superficie; se analizaron variables socioeconómicas, técnicas y de percepción. Se identificó una dependencia generalizada a los herbicidas, con 24 marcas comerciales en todos los estratos y combinaciones recurrentes de ingredientes activos (glifosato, 2,4-D y diurón), lo que evidencia patrones tecnológicos homogéneos. El modelo productivo cañero se sostiene en patrones tecnológicos homogéneos que dificultan la incorporación de alternativas, aun en contextos de presión para el cambio. La posición de los productores en la curva de adopción de Rogers refleja trayectorias estables que limitan el cambio productivo, asociadas a dependencia tecnológica y barreras en información, alternativas y mercado.

Palabras clave: Likert, curva de innovación, herbicidas, malezas.

Recibido: 2 de noviembre de 2025

Aceptado: 9 de mayo de 2026

Introducción

Los herbicidas se han consolidado como una tecnología central en los sistemas agrícolas tropicales debido a su eficacia en el control de malezas y la reducción de costos en mano de obra. Sin embargo, su uso generalizado ha contribuido a la reproducción de modelos productivos dependientes de estos productos, con implicaciones ambientales, económicas y sociales ampliamente documentadas. En este contexto, el cambio hacia sistemas productivos alternativos enfrenta limitantes que trascienden la sustitución de insumos y se relacionan con la estructura del modelo de producción dominante.

Una parte importante de la literatura sobre herbicidas se ha centrado en la evaluación de sus efectos a nivel de ingredientes activos, efectividad, toxicidad, riesgos a la salud y al ambiente (International Agency for Research on Cancer [IARC], 2015; Mesnage y Antoniou, 2017; Silva et al., 2019); y, en contraparte, se han documentado y cuestionado los impactos del modelo agrícola basado en el uso de insumos químicos desde una perspectiva socioambiental (Levidow et al., 2014). No obstante, existe menor atención en cómo estas tecnologías se integran en la práctica productiva y en las razones que explican su persistencia en los sistemas agrícolas. Este enfoque limita la comprensión de los factores que condicionan el cambio productivo, especialmente en contextos donde las decisiones de manejo responden a criterios de eficiencia, experiencia acumulada y disponibilidad de opciones en el mercado.

El cambio tecnológico en la agricultura puede entenderse a partir de la teoría de difusión de innovaciones, donde los productores siguen trayectorias de adopción que tienden a estabilizarse en el tiempo (Rogers, 2003). Desde esta perspectiva, la incorporación de nuevas prácticas no es un proceso automático, sino condicionado por factores técnicos, económicos e institucionales que influyen en la toma de decisiones (Wezel et al., 2020). En este sentido, el cambio productivo no puede entenderse únicamente como sustitución de insumos, sino como un proceso influido por trayectorias tecnológicas y limitantes estructurales que configuran las prácticas agrícolas (Mier y Terán et al., 2022).

En México, la caña de azúcar constituye uno de los cultivos agroindustriales más relevantes por su contribución a la producción de alimentos, generación de empleo y articulación territorial, con una superficie superior a 800 mil hectáreas y más de 50 ingenios en operación (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar [CONADESUCA], 2023; Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], 2024a). El estado de Veracruz concentra la mayor superficie y producción nacional, posicionándose como el principal referente del sector (SADER, 2024b, c). En este contexto, la Cuenca Baja del Papaloapan destaca como una de las regiones cañeras más importantes, donde el municipio de Cosamaloapan se consolida como un nodo productivo estratégico (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2024). La presencia de uno de los ingenios azucareros más importantes del país refuerza la configuración de un sistema productivo altamente articulado, que condiciona las prácticas agrícolas y las decisiones tecnológicas de los productores.

En este contexto, analizar las limitantes para el cambio productivo en sistemas cañeros resulta relevante para comprender la persistencia del modelo convencional. El presente estudio tiene como objetivo analizar las limitantes para el cambio en el modelo productivo de la caña de azúcar en beneficiarios del Programa Producción para el Bienestar (SADER, 2023), a partir del uso de herbicidas y la trayectoria de adopción tecnológica de los productores.

Enfoque metodológico

Ubicación de la zona de estudio

El municipio de Cosamaloapan, Veracruz tiene una extensión territorial de 519 km² (0.7 % de la superficie estatal). Se localiza en las coordenadas 18° 08' y 18° y 26' LN y 95° 46' y 96° 12' LO con una altitud de 10 m s.n.m.; su temperatura promedio es de 25 °C con una precipitación media anual de 1,750 mm. La superficie agrícola municipal es de poco más de 24,000 ha, siendo los más importantes la caña de azúcar (23,000 ha), el maíz (1,186 ha) y el arroz (437 ha); presenta tres problemáticas que son: los altos costos producción (por insumo y servicios), pobreza en la fertilidad de sus suelos y productores de edad avanzada (Gobierno del Estado de Veracruz, 2024).

Diseño del estudio

Se realizó un estudio observacional transversal con enfoque cuantitativo para analizar el uso de herbicidas como componente del modelo productivo cañero y, a partir de ello, identificar las limitantes para el cambio productivo mediante el análisis de patrones tecnológicos y trayectorias de adopción.

Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por beneficiarios del Programa Producción para el Bienestar (PPB) en el municipio de Cosamaloapan según el padrón oficial 2024 (Plataforma de Programas para el Bienestar, 2024). El tamaño de muestra fue de 73 productores, determinado mediante muestreo estratificado con base en la superficie cultivada reportada en el padrón oficial del programa (3,271.02 hectáreas), con un nivel de confianza del 90 % y una precisión del 6 %; esto debido al carácter exploratorio del estudio, la dispersión territorial de los productores y las condiciones operativas del levantamiento en campo. Estos parámetros permitieron obtener una muestra viable para identificar patrones tecnológicos y limitantes del cambio productivo entre los beneficiarios del PPB en el municipio de Cosamaloapan.

Se definieron cuatro estratos productivos: E I (0.01–1 ha), E II (1.01–5 ha), E III (5.01–10 ha) y E IV (10.01–20 ha) (**Cuadro 1**). La selección de los productores se realizó de manera aleatoria dentro de cada estrato. La información se recabó entre mayo y agosto de 2025 en 17 localidades del municipio.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot S^2 p}{N \cdot (\mu \cdot \delta)^2 + (Z^2 S^2 p)} \quad (1)$$

$$S^2 p = \sum_{i=j}^k P_i S_i^2$$

(2)

donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población

Z = Valor de la distribución normal estándar para una confiabilidad del 90 % = 1.64

S^2_p = Varianza Ponderada de la población

μ = Media ponderada de la variable de interés

δ = Precisión

Y la varianza por estratos:

k = Total de estratos

S_i^2 = Varianza del i -ésimo estrato

P_i = Participación porcentual del estrato

i -ésimo en la población

Cuadro 1. Cálculo del tamaño de muestra estratificado por superficie ($n=73$) con una confiabilidad del 90 % y una precisión del 6 % en el Programa Producción para el Bienestar en el municipio de Cosamaloapan, Veracruz para el año 2024.

ESTRATOS	MEDIA	N	VAR VARIANZA	PROPORCIÓN	PONDERADA	n
E I	0.48	77.22	0.035	0.024	0.0008	2
E II	3.3	1565.76	1.36	0.479	0.6510	35
E III	7.37	1135.76	2.07	0.347	0.7187	25
E IV	13.67	492.28	8.43	0.150	1.2687	11
TOTAL	6.205	3271.02		1.00	2.6393	73

E I: 0.01 a 1 hectárea; E II: 1.1 a 5 hectáreas; E III: 5.1 a 10 hectáreas; E IV: 10.1 a 20 hectáreas

Fuente: Elaboración propia.

Al determinar los estratos, se realizó una selección aleatoria de productores dentro de cada uno de ellos. La muestra correspondió a beneficiarios del Programa Producción para el Bienestar ubicados en distintas localidades del municipio de Cosamaloapan, Veracruz, cuya distribución territorial respondió a la localización de los productores dentro de cada estrato y no a un criterio de cobertura total por localidad. El levantamiento de información contó con el apoyo del personal operativo del programa en el Distrito de Desarrollo Rural 174 de Ciudad Alemán Veracruz al que pertenece el municipio de Cosamaloapan, quienes facilitaron la identificación y ubicación de los beneficiarios. La información se recabó entre mayo y agosto de 2025 y se sistematizó en una base de datos para su análisis estadístico. Los productores entrevistados pertenecen al programa y se ubican en un rango de superficie de 0.01 a 20 ha, lo que corresponde a pequeños y medianos productores dedicados principalmente a la producción de caña de azúcar (97 %) como cultivo dominante y en menor proporción maíz, lo que refleja la diversidad productiva local.

Variables e instrumento

Se utilizó un cuestionario estructurado para recopilar información de tipo socioeconómico y tecnológico. Las variables socioeconómicas incluyeron edad, escolaridad, tenencia de la tierra, superficie cultivada, antigüedad en la actividad agrícola y participación en programas de apoyo.

Las variables tecnológicas se centraron en el manejo de herbicidas, incluyendo tipo de malezas, métodos de control, número y tipo de ingredientes activos utilizados, frecuencia de aplicación, determinación de dosis, equipo empleado y medidas de protección durante la aplicación. Estas variables permitieron caracterizar el patrón de uso de herbicidas como componente del modelo productivo. La información se recabó de mayo-agosto 2025.

Estrategia de análisis

La información se sistematizó en una base de datos Excel® y se analizó mediante estadística descriptiva con el paquete Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)® para identificar patrones de manejo asociados al uso de herbicidas entre los distintos estratos productivos. Este análisis permitió caracterizar el modelo productivo en función de prácticas recurrentes, como tipo de control, frecuencia de aplicación, combinaciones de ingredientes activos y criterios de decisión técnica. Posteriormente, los estratos de productores se ubicaron en la curva de adopción de innovaciones (Rogers, 2003) como referencia analítica para interpretar las trayectorias tecnológicas del sistema productivo. Este enfoque permitió analizar las limitantes para el cambio a partir de la estabilidad de las prácticas agrícolas, considerando que la persistencia del uso de herbicidas refleja patrones tecnológicos consolidados más que decisiones individuales aisladas. Adicionalmente, se incluyeron variables de percepción relacionadas con el uso de herbicidas, evaluadas mediante una escala tipo Likert de cinco puntos (1 = totalmente en desacuerdo; 5 = totalmente de acuerdo). Las preguntas abordaron la importancia del uso de herbicidas en el sistema productivo, la existencia de condiciones para su reducción o sustitución y la percepción de seguridad en su manejo. Para cada variable, se calcularon promedios por estrato productivo (E I–E IV), así como un promedio general, con el fin de identificar tendencias en las condiciones que influyen en la persistencia o posible cambio en el uso de herbicidas.

Resultados

Aspectos socioeconómicos

En el estrato productivo I se ubicaron dos productores de las localidades de Poblado Dos y Paraíso Novillero; la edad fue similar entre ambos (63 y 67 años), sin estudios, eran de reciente ingreso al PPB, uno de ellos participó también en el Programa de Adultos Mayores (PAM) y el otro no tenía otro esquema de apoyo (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Características socioeconómicas de los beneficiarios del Programa Producción para el Bienestar del municipio de Cosamaloapan, Veracruz.

Variables/Estratos	EI (n=2)	EII (n=35)	EIII (n=25)	EIV (n=11)
Edad (años)	63±2.8	57±13	64±11	63±11
Escolaridad (años)	0	8±4	6±3	7±5
Tenencia de la tierra	1	1,2,3	1,2	1,2,3
Actividades extra finca (%)	50	40	28	27
Cultivo (tipo)	1	1,2	1,2	1,2
Superficie (ha)	0.1 a 1	1.1 a 5	5.1 a 10	10.1 a 20
Antigüedad en el PPB (años)	2.5±0.7	3.2±1.0	3.5±1.0	3.1±1.0
Participación en otros programas (%)	50	74	68	91

Escolaridad: nivel formal. Tenencia de la tierra: 1: Ejido, 2: pequeña propiedad, 3: renta. Actividades extra finca: % de productores que realizan actividades adicionales a la unidad de producción. Cultivo: 1= caña de azúcar, 2= maíz. Participación en otros programas: Porcentaje de personas que participan en otros programas. E I: 0.01 a 1 hectárea; E II: 1.1 a 5 hectáreas; E III: 5.1 a 10 hectáreas; E IV: 10.1 a 20 hectáreas.

Fuente: Elaboración propia

En el estrato II, conformado por 35 beneficiarios, el 66 % eran hombres y 34 % mujeres. En términos de escolaridad, el 62 % contaba con educación básica y media, 14 % no tenían estudios y el resto se distribuyó en otros niveles (24 %). Respecto a la tenencia de la tierra, el 80 % fue régimen ejidal, 17 % a pequeña propiedad y 3 % a renta. El 69 % de los productores tenía entre 10 y 20 años de experiencia en la actividad agrícola.

En cuanto a la actividad productiva, el 60 % de los productores se dedicaba exclusivamente a la agricultura, principalmente al cultivo de caña de azúcar (86 %) y maíz (14 %). El 40 % restante realizaba actividades extra finca; dentro de este grupo, las principales fuentes de ingreso eran pensiones (9 %), trabajo jornalero (8 %), negocio propio (8 %), empleo en empresa (6 %), autoempleo (6 %) y empleo en gobierno (3 %).

En el estrato III, conformado por 25 beneficiarios, el 64 % eran hombres y 36 % mujeres. Poco más de la mitad (52 %) tenía más de 20 años de experiencia en la actividad agrícola. El sistema productivo dominante era la caña de azúcar (84 %), seguido del maíz (16 %). En cuanto a la tenencia de la tierra, el 88 % de la superficie fue ejidal y el 12 % corresponde a pequeña propiedad. La mayoría (72 %) de los beneficiarios se dedicaban exclusivamente a la actividad agrícola, mientras que el resto complementaba sus ingresos con actividades extra finca. El 68 % participó en al menos un programa adicional y el 12 % en más de dos (**Cuadro 2**).

En el estrato IV, conformado por 11 beneficiarios, los productores presentaron mayores niveles de escolaridad, concentrándose principalmente en educación media superior. El 55 % de la superficie fue ejidal, 36 % pequeña propiedad y 9 % en renta. El 73 % dependía exclusivamente de la actividad agrícola y el 64 % tenía más de 20 años de experiencia. El sistema productivo más importante fue la caña de azúcar (73 %) y en menor medida el maíz (27 %). Además del PPB, el 64 % de los productores recibieron apoyos del Programa Fertilizantes para el Bienestar, el 18 % de Sembrando Vida y el 9 % de otros programas (**Cuadro 2**).

Aspectos tecnológicos

Entre los cuatro estratos se identificaron 24 marcas de herbicidas (**Cuadro 3**). En E I se identificaron Herbipol, Tritor, Cañex; para E II (18): Amina, Caña D, Caña Plus, Cañex, Dardo, Diurón, Dragopax, Espartaco, Ester 40, Faena, Gesapax, Glifosato, Herbipol, Hierbamina, Rey Quemante, Tritor, Velcrón 60, Velfosato; En E III (12): Ametrina, Amina, Cañex, Diurón,

Gesapax, Glifosato, Herbipol, Kator 80, Paraquat, Tritor, Velcrón, Velfosato; y para E IV (11): Amina, Cañex, Dragopax, Gesapax, Herbipol, Kator 80, Lafam, Nantli, Tritor, Velfosato. Cabe destacar que en los cuatro estratos se encontraron productores que desconocían las marcas de los productos que estaban aplicando EI (50 %), EII (14 %), EIII (6 %), EIV (9 %).

Cuadro 3. Características tecnológicas de manejo en predios de los beneficiarios del Programa Producción para el Bienestar en el municipio de Cosamaloapan, Veracruz.

Variables	E I (n=2)	E II (n=35)	E III (n=25)	E IV (n=11)
Principal tipo de maleza	Zacate y hoja ancha	Zacate y hoja ancha	Zacate y bejucos	Zacate, hoja ancha y arbustivas
Método de control	Químico	Químico / Manual-químico	Químico / Manual-químico / Mecánico-químico	Químico / Manual-químico
Número de marcas de herbicidas utilizados	3	18	12	10
Número de ingredientes activos	1	8	6	5
Ingredientes activos	Glifosato	2,4-D, Ametrina + Atrazina, Diurón, Fluazifop-p-butyl, Glifosato, Glufosinato, Paraquat	Ametrina, Ametrina + Atrazina, Diurón, Glifosato, Glufosinato, Paraquat	2,4-D, Ametrina + Atrazina, Glifosato, Glufosinato, Paraquat
Años promedio de uso de herbicidas	16	19	20	25
Principal razón de uso	Control rápido y efectivo	Control rápido, ahorro de tiempo	Control rápido, ahorro de tiempo	Control rápido, ahorro de tiempo
Tipo de equipo utilizado	Bomba manual de aspersión	Bomba manual / Bomba de motor / Asperjet	Bomba manual / Asperjet	Bomba manual / Asperjet
Principal razón para determinar	Experiencia propia	Experiencia propia /	Experiencia propia /	Experiencia propia /

la dosis		recomendación técnica	recomendación técnica	recomendación técnica
Etapa del cultivo donde se aplica	Desarrollo	Preparación, nacimiento y desarrollo	Desarrollo	Preparación y desarrollo
Indumentaria y protección	Ninguna	Protección rústica (sombrero, ropa de trabajo)	Guantes, máscara y protección rústica	Guantes, máscara y protección rústica

E I: 0.01 a 1 hectárea; E II: 1.1 a 5 hectáreas; E III: 5.1 a 10 hectáreas; E IV: 10.1 a 20 hectáreas.

Fuente: Elaboración propia.

En el estrato más pequeño (E I), el manejo de herbicidas se caracterizó por una trayectoria prolongada de uso, con decisiones técnicas basadas principalmente en la experiencia y sin uso de equipo de protección. En el E II, se observó una predominancia del control químico, en algunos casos combinado con prácticas manuales y mecánicas. El uso de herbicidas respondió principalmente a su eficacia en el control de malezas y al ahorro de tiempo y mano de obra. La determinación de la dosis se basó en la experiencia del productor y, en menor medida, en recomendaciones técnicas, mientras que el uso de equipo de protección fue limitado y heterogéneo. En el E III, se mantuvieron patrones similares, con predominio del control químico y uso complementario de otros métodos. La decisión de uso estuvo asociada a criterios de eficiencia, y la determinación de dosis se sustentó principalmente en la experiencia. Aunque se observó una ligera diversificación en el uso de equipo de protección, este continuó siendo parcial y no generalizado. Finalmente, en el E IV, los productores presentaron mayor antigüedad en el uso de herbicidas, consolidando prácticas basadas en el control rápido y la eficiencia operativa. La determinación de dosis dependió principalmente de la experiencia, y el uso de protección continuó siendo limitado, replicando patrones observados en los demás estratos.

Percepción y disposición al cambio

En los cuatro estratos evaluados se identificó una alta dependencia al uso de herbicidas; sin embargo, esta no se presentó de manera homogénea, observándose variaciones en la intensidad de uso y en las prácticas de manejo entre los distintos grupos de productores. La persistencia de estas prácticas se asoció a limitantes relacionadas con la disponibilidad de información, el acceso a alternativas y las condiciones del mercado (**Cuadro 4**).

Cuadro 4. Condiciones para el cambio en el uso de herbicidas en beneficiarios del Programa Producción para el Bienestar en el municipio de Cosamaloapan, Veracruz.

Pregunta	EI	EII	EIII	EIV	Promedio general
El uso de herbicidas es fundamental para el control de malezas en mis cultivos	3.50	4.49	4.76	4.91	4.42
Estoy dispuesto a reducir y/o sustituir el uso de herbicidas si existieran alternativas viables y factibles	4.00	4.34	4.60	4.45	4.35
Considero que el uso de herbicidas es seguro si se usan de acuerdo con las recomendaciones técnicas	4.00	4.29	4.16	4.55	4.25

E I: 0.01 a 1 hectárea; E II: 1.1 a 5 hectáreas; E III: 5.1 a 10 hectáreas; E IV: 10.1 a 20 hectáreas Nota: Valores promedio por estrato en escala Likert de 1 a 5 (1 = totalmente en desacuerdo; 5 = totalmente de acuerdo).

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran que existen limitantes asociadas a la disponibilidad de información y al acceso a alternativas para la reducción del uso de herbicidas en todos los estratos. Una proporción importante de productores señaló no haber recibido información sobre opciones diferentes, lo que

restringe la incorporación de cambios en el manejo productivo. A pesar de que algunos productores reconocieron efectos negativos en la salud humana y el medio ambiente, estos no se tradujeron en modificaciones sustantivas en las prácticas agrícolas. Asimismo, se observó una tendencia homogénea entre estratos, lo que sugiere la presencia de un modelo productivo convencional consolidado. En este contexto, la estabilidad en las prácticas puede interpretarse como resultado de trayectorias tecnológicas establecidas, más que de decisiones individuales aisladas.

Con base en los patrones identificados en el uso de herbicidas, los estratos de productores se ubicaron en la curva de adopción de innovaciones como referencia analítica para interpretar sus trayectorias tecnológicas (Figura 1).

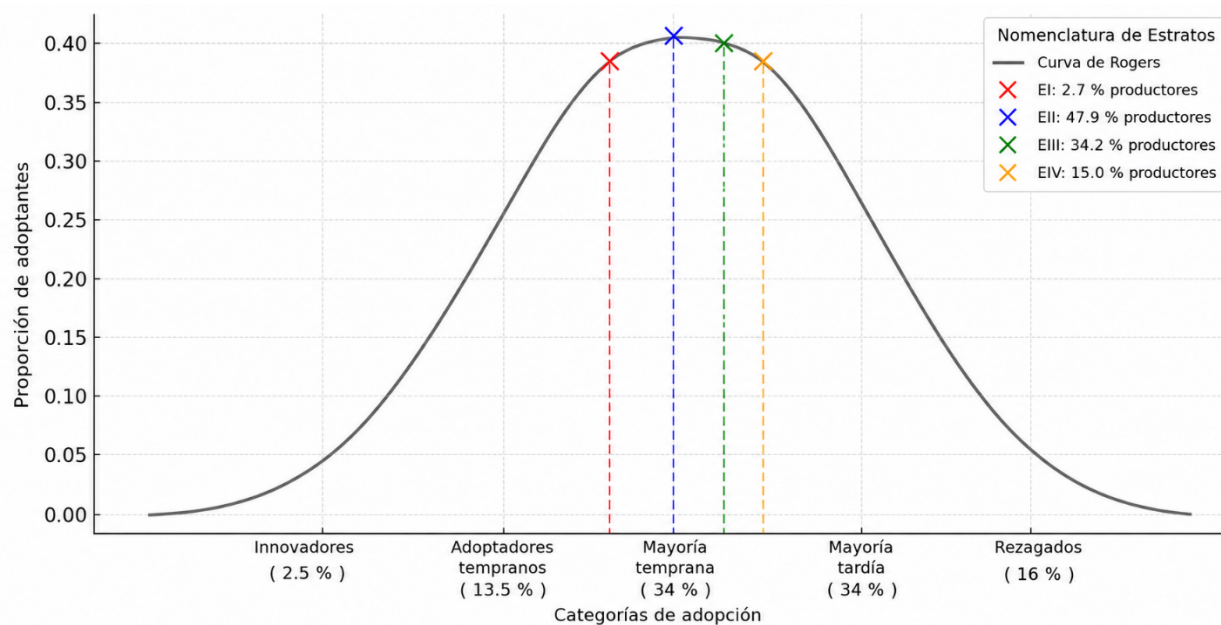


Figura 1. Ubicación de estratos de beneficiarios del Programa de Producción para el Bienestar del Municipio de Cosamaloapan, Veracruz en la escala de Rogers (2003).

Fuente: Elaboración propia.

Discusión

El modelo productivo predominante en los beneficiarios del Programa Producción para el Bienestar se caracteriza por el uso intensivo y prolongado de herbicidas, con trayectorias de uso que oscilan entre 16 y 25 años. Este patrón refleja la consolidación de un sistema agrícola convencional, donde el control químico constituye la práctica dominante para el manejo de malezas principalmente por su eficacia y la reducción en tiempo de las labores. La persistencia de estas prácticas coincide con lo documentado en la literatura respecto a los efectos negativos asociados al uso intensivo de agroquímicos (Arias-Estévez et al., 2008; Bailey, 2014; Altieri & Nicholls, 2012, 2020; Silva et al., 2019).

En este contexto, la persistencia del uso de herbicidas no responde únicamente a decisiones individuales, sino a la configuración estructural del sistema productivo. No se observan diferencias relevantes entre estratos en variables como edad o nivel de escolaridad; sin embargo, al incrementarse la superficie, los productores muestran menor diversificación de ingresos y mayor dependencia de apoyos gubernamentales. Estos factores, junto con la edad y el nivel educativo, pueden limitar la incorporación de cambios en las prácticas productivas, como señalan Wezel et al. (2020).

Uno de los principales hallazgos del estudio fue la presencia de limitantes estructurales que condicionan el cambio productivo. En primer lugar, el acceso y la disponibilidad de información representan un factor crítico, ya que una proporción importante de productores no ha recibido información sobre alternativas al uso de herbicidas (Food and Agriculture Organization “[FAO], 2021; Procuraduría Agraria, 2024; Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías [CONAHCYT], 2024). La literatura ha señalado que el acceso a la información influye en la capacidad de los productores para tomar decisiones más eficientes y adaptarse a nuevas condiciones productivas (Aker, 2011; World Bank, 2011; International Panel of Experts on Sustainable Food Systems [IPES-Food], 2016; FAO, 2017). En segundo lugar, la disponibilidad de alternativas en el mercado constituye otra limitante relevante. Aunque existen desarrollos tecnológicos orientados a la reducción del uso de herbicidas, estos no se encuentran ampliamente disponibles ni accesibles para los productores, lo que restringe su adopción.

Adicionalmente, las condiciones del mercado y el entorno institucional influyen en la persistencia del modelo productivo. La eficacia operativa de los herbicidas y su disponibilidad inmediata

generan incentivos que favorecen su uso frente a otras alternativas. En este sentido, la regulación gubernamental (Gobierno de México, 2025) puede funcionar como un mecanismo de cambio al modificar las condiciones bajo las cuales operan los productores. Sin embargo, la evidencia sugiere que las medidas regulatorias han sido limitadas en su alcance, lo que reduce su capacidad para incidir en transformaciones sustantivas del sistema productivo (CONAHCYT, 2023; Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas de América Latina [RAP-AL], 2023; CIBIOGEM, 2024; Red de Acción Sobre Plaguicidas y Alternativas en México [RAPAM], 2025).

En conjunto, los resultados muestran que el cambio en el modelo productivo no depende exclusivamente de la voluntad de los productores, sino de la interacción entre factores técnicos, económicos e institucionales. La homogeneidad observada en las prácticas de manejo entre estratos sugiere la existencia de trayectorias tecnológicas estables, lo que limita la incorporación de alternativas y refuerza la permanencia del modelo convencional en el sistema cañero.

Conclusiones

El Programa Producción para el Bienestar en el municipio de Cosamaloapan, Veracruz, se inserta en un modelo productivo convencional caracterizado por la dependencia al uso de herbicidas y por trayectorias tecnológicas estables en todos los estratos de productores.

Las principales limitantes para el cambio productivo se asocian al acceso y disponibilidad de información sobre alternativas, así como a restricciones de mercado y condiciones técnicas que dificultan la sustitución de herbicidas. En este contexto, la regulación gubernamental, junto con la disponibilidad de tecnologías alternativas en condiciones comparables de eficacia, costo y accesibilidad, constituye un elemento clave para modificar el sistema productivo. Este proceso requiere, además, de incentivos económicos, capacitación técnica y mecanismos de financiamiento orientados a facilitar la adopción de nuevas prácticas sin comprometer la viabilidad productiva de los productores.

Agradecimientos

Al Distrito de Desarrollo Rural 174 de Ciudad Alemán, Veracruz, por las facilidades otorgadas para el desarrollo de la presente investigación. Asimismo, se agradece a los productores del Programa Producción para el Bienestar por su participación en el estudio.

Financiamiento

Este trabajo fue financiado por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) a través del programa Estancias Postdoctorales por México (2025–2027).

Referencias

Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2020). *Agroecología: ciencia y política para una transición hacia sistemas alimentarios sustentables*. Icaria Editorial.

- Aker, J. C. (2011). Dial “A” for agriculture: A review of information and communication technologies for agricultural extension in developing countries. *Agricultural Economics*, 42(6), 631–647. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2011.00545.x>
- Bailey, K. L. (2014). *The bioherbicide approach to weed control using plant pathogens*. En D. Pimentel & R. Peshin (Eds.), *Integrated pest management: Pesticide problems* (pp. 245–266). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7796-5_10
- Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM). (2024). Presencia de plaguicidas en el ambiente. Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados. <https://cibiogem.secihti.mx/sistema-nacional-de-informacion/documentos-y-actividades-en-bioseguridad/presencia-de-plaguicidas-en-el-ambiente/>
- Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA). (2023). Estadísticas de la agroindustria de la caña de azúcar en México. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/conadesuca>
- Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) & Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM). (2023). Argumentos de base científica y avances para dejar atrás al glifosato y otros plaguicidas altamente peligrosos [Comunicado de prensa]. <https://www.conahcyt.mx/argumentos-de-base-cientifica-y-avances-para-dejar-atras-al-glifosato-y-otros-plaguicidas-altamente-peligrosos/>
- Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnología (CONAHCYT). (2024). Conahcyt presenta alternativas y prácticas para prescindir del glifosato. CONAHCYT. <https://conahcyt.mx/si-se-puede-conahcyt-presenta-alternativas-y-practicas-para-prescindir-del-glifosato/>
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2017). The future of food and agriculture – Trends and challenges. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/i6583e/i6583e.pdf>

- Food and Agriculture Organization (FAO). (2021). The State of Food and Agriculture 2021: Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cb4476en>
- Gobierno de México. (2025). En México se prohíben 35 plaguicidas por su daño a la salud y al medio ambiente: presidenta Claudia Sheinbaum. Comunicado de prensa. Presidencia de la República. <https://www.gob.mx/presidencia/prensa/en-mexico-se-prohiben-35-plaguicidas-por-su-dano-a-la-salud-y-al-medio-ambiente-presidenta-claudia-sheinbaum?idiom=es>
- Gobierno del Estado de Veracruz. (2024). Cuadernillos municipales edición 2024 Cosamaloapan de Carpio. Sistema de Información Estadística y Geográfica del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (SIEGVER). https://cieg.gobiernodigital.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2024/11/Cosamaloapan-de-Carpio_CM_2024_Ver.2.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2024). Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa: Veracruz. INEGI. <https://www.inegi.org.mx>
- International Agency for Research on Cancer (IARC). (2015). Some organophosphate insecticides and herbicides (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, No. 112). World Health Organization. <https://publications.iarc.fr/112>
- International Panel of Experts on Sustainable Food Systems (IPES-Food). (2016). From uniformity to diversity: A paradigm shift from industrial agriculture to diversified agroecological systems. IPES-Food. http://www.ipes-food.org/_img/upload/files/UniformityToDiversity_FULL.pdf
- Levidow, L., Pimbert, M., & Vanloqueren, G. (2014). Agroecological research: Conforming—or transforming the dominant agro-food regime? *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 38(10), 1127–1155. <https://doi.org/10.1080/21683565.2014.951459>
- Mesnage, R., & Antoniou, M. N. (2017). Facts and fallacies in the debate on glyphosate toxicity. *Frontiers in Public Health*, 5, 316. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00316>

- Mier y Terán Giménez Cacho, M., Giraldo, O. F., Aldasoro Maya, E. M., Morales, H., Ferguson, B. G., Rosset, P., Khadse, A., & Campos, C. (2022). Bringing agroecology to scale: Key drivers and emblematic cases. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(6), 637–665. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1443313>
- Plataforma de Programas para el Bienestar. (2024). Producción para el Bienestar. <https://programasparaelbienestar.gob.mx/produccion-para-el-bienestar/>
- Procuraduría Agraria. (2024). Sí es posible producir alimentos sin glifosato en México, hay alternativas y evidencia científica. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/pa/articulos/si-es-posible-producir-alimentos-sin-glifosato-en-mexico-hay-alternativas-y-evidencia-cientifica>
- Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas de América Latina (RAP-AL). (2023). México: CONAHCYT y CIBIOGEM difunden argumentos de base científica y avances para dejar atrás al glifosato y otros plaguicidas altamente peligrosos. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas de América Latina. <https://rap-al.org/mexico-conahcyt-y-cibiogem-difunden-argumentos-de-base-cientifica-y-avances-para-dejar-atras-al-glifosato-y-otros-plaguicidas-altamente-peligrosos/>
- Red de Acción Sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM). (2025). *Pronunciamiento sobre el decreto que prohíbe 35 plaguicidas en el territorio nacional*. <https://www.rapam.org/pronunciamiento-sobre-el-decreto-que-prohibe-35-plaguicidas-en-territorio-nacional/>
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2023). Acuerdo por el que se dan a conocer las Reglas de Operación del Programa Producción para el Bienestar de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural para el ejercicio fiscal 2024. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5713354&fecha=29/12/2023
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2024a). Panorama agroalimentario de la caña de azúcar en México. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura>

- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2024b). Programa Producción para el Bienestar 2024. <https://www.gob.mx/agricultura/acciones-y-programas/programa-produccion-para-el-bienestar-2024>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2024c). Datos de beneficiarios, monto y superficie del Programa Producción para el Bienestar (corte a junio). Datos.gob.mx. <https://datos.gob.mx>
- Silva, V., Mol, H. G. J., Zomer, P., Tienstra, M., Ritsema, C. J., & Geissen, V. (2019). Pesticide residues in European agricultural soils – A hidden reality unfolded. *Science of the Total Environment*, 653, 1532–1545. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.441>
- Wezel, A., Herren, B. G., Kerr, R. B., Barrios, E., Gonçalves, A. L. R., & Sinclair, F. (2020). Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(6), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-z>
- World Bank. (2011). ICT in agriculture: Connecting smallholders to knowledge, networks, and institutions. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8684-2>