AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

26

Análisis de fronteras de producción y tipología agrícola en México

Una herramienta aplicada a la caña de azúcar, el maíz blanco, la leche y los bovinos

ECONOMÍA DEL DESARROLLO AGRÍCOLA DE LA FAO | ESTUDIO TÉCNICO

26

Análisis de fronteras de producción y tipología agrícola en México

Una herramienta aplicada a la caña de azúcar, el maíz blanco, la leche y los bovinos

Por

Araceli Ortega Díaz, David Molina Montalvo, Miguel Flores Segovia y David Guzmán

Facultad de Economía y Centro de Investigaciones Económicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, México

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Roma, 2023

Cita requerida:

Ortega Díaz, A., Molina Montalvo, D., Flores Segovia, M. & Guzmán, D. 2023. *Análisis de fronteras de producción y tipología agrícola en México - Una herramienta aplicada a la caña de azúcar, el maíz blanco, la leche y los bovinos.* Economía del desarrollo agrícola de la FAO – Estudio técnico N.º 26. Roma, FAO. https://doi.org/10.4060/cc4360es

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.
La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

ISBN 978-92-5-137650-8

© FAO, 2023

Algunos derechos reservados. Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Organizaciones intergubernamentales.; https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es).

De acuerdo con las condiciones de la licencia, se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales, siempre que se cite correctamente, como se indica a continuación. En ningún uso que se haga de esta obra debe darse a entender que la FAO refrenda una organización, productos o servicios específicos. No está permitido utilizar el logotipo de la FAO. En caso de adaptación, debe concederse a la obra resultante la misma licencia o una licencia equivalente de Creative Commons. Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la referencia requerida: "La presente traducción no es obra de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). La FAO no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en español será el texto autorizado".

Toda mediación relativa a las controversias que se deriven con respecto a la licencia se llevará a cabo de conformidad con las Reglas de Mediación de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI) en vigor.

Materiales de terceros. Si se desea reutilizar material contenido en esta obra que sea propiedad de terceros, por ejemplo, cuadros, gráficos o imágenes, corresponde al usuario determinar si se necesita autorización para tal reutilización y obtener la autorización del titular del derecho de autor. El riesgo de que se deriven reclamaciones de la infracción de los derechos de uso de un elemento que sea propiedad de terceros recae exclusivamente sobre el usuario.

Ventas, derechos y licencias. Los productos informativos de la FAO están disponibles en la página web de la Organización (http://www.fao.org/publications/es) y pueden adquirirse dirigiéndose a publications-sales@fao.org. Las solicitudes de uso comercial deben enviarse a través de la siguiente página web: www.fao.org/contact-us/licence-request. Las consultas sobre derechos y licencias deben remitirse a: copyright@fao.org.

Fotografía de portada: ©FAO/Giuseppe Bizzarri

Índice

Prefacio v
Agradecimientos vi
Acrónimos vii
Resumen ejecutivo ix

1 Introducción 1

2 Contexto nacional 3
2.1 Relevancia del sector agropecuario para la reducción de la pobreza 7
2.2 Características del subsector de la caña de azúcar 9
2.3 Características del subsector del maíz blanco 10
2.4 Características del subsector bovino 11
2.5 Características del subsector lácteo 12

3 Metodología y fuentes de datos 13
3.1 Marco conceptual 13
3.2 Fuentes de datos: Encuesta Nacional Agropecuaria 2019 14
3.3 Estimación de fronteras 19
3.4 Variables nuevas en la estimación de la frontera 22

4 Resultados 25

5 Recomendaciones de política pública 31

6 Conclusiones 33

Bibliografía 35

Anexos 37
Anexo 1. Modelo econométrico 37
Anexo 2. Mapas de variables climáticas y geográficas 39
Anexo 3. Entrevistas a expertos 42

Figuras

Figura 1	Evolución de los índices macroeconómicos y la pobreza nacional	5
Figura 2	Porcentaje de la población (nacional, urbana y rural) en situación de pobreza	6
Figura 3	Clasificación de la tipología de microrregiones	14
Figura 4	Pobreza por ingresos en México (nivel municipal)	19
Figura 5	Tipología de microrregiones para la producción de caña de azúcar	26
Figura 6	Tipología de microrregiones para la producción de maíz blanco	27
Figura 7	Tipología de microrregiones para la producción de bovinos	28
Figura 8	Tipología de microrregiones para la producción de leche destinada a la venta	29
Figura A1	Precipitación a nivel nacional	39
Figura A2	Tierras con potencial agrícola en México	40
Figura A3	Tierras con potencial pecuario en México	41
Figura A4	Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas según las opiniones de los expertos	44

Cuadros

Cuadro 1	Porcentaje de personas por indicador de pobreza multidimensional a nivel nacional, urbano y rural en 2018 y 2020	4
Cuadro 2	Objetivos prioritarios de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural con base en el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024	6
Cuadro 3	Estados con mayor producción en cada subsector seleccionado	8
Cuadro 4	Causas por las que los productores de caña de azúcar y maíz blanco no sembraron sus cultivos, excluyendo el barbecho	8
Cuadro 5	Principales problemas a los que se enfrentan los productores agropecuarios	9
Cuadro 6	Variables para bovinos y leche	15
Cuadro 7	Variables adicionales para la caña de azúcar y el maíz blanco	17
Cuadro 8	Variables incluidas en la estimación de la función frontera	20
Cuadro 9	Variables incluidas en la estimación de la ineficiencia y el error aleatorio	21
Cuadro 10	Estados con municipios de prioridad alta para la inversión	30
Cuadro 11	Tipología y ejemplos de intervenciones para México	32

Prefacio

En junio de 2021, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) presentó al Ministerio de Agricultura del Gobierno de México el estudio Inversión pública productiva en la agricultura para la recuperación económica con bienestar rural: un análisis de escenarios prospectivos para México (Sánchez, Cicowiez y Ortega, 2021), en el que se identificaban cadenas productivas relevantes para la disminución de la pobreza rural en el país. Usando estos resultados, desde enero de 2022 la FAO ha trabajado en la identificación y selección de territorios de alta prioridad para la inversión, caracterizados por:

a. elevada incidencia de la pobreza rural e inseguridad alimentaria;

b. capacidad para incrementar los ingresos agrícolas;

c. alto potencial de desarrollo agrícola.

Este informe se enmarca en el contexto del trabajo desarrollado por la División de Economía Agroalimentaria (ESA) de la FAO, cuya finalidad es acelerar la transformación agrícola y el desarrollo rural sostenible con el propósito de lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular erradicar la pobreza (ODS 1) y poner fin al hambre y todas las formas de malnutrición (ODS 2). Uno de los principales instrumentos de la FAO es el análisis de tipología de microrregiones: una herramienta —basada en evidencias— para priorizar intervenciones públicas centradas en transformar el sector agroalimentario y mejorar el bienestar de los hogares marginados. Estas intervenciones son urgentes, ya que, según el último informe de medición de la pobreza del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), en 2020 el 56,8% de la población rural (16,6 millones de personas) y el 40,1% de la población urbana (39 millones de personas) de México se encontraba en situación de pobreza. A esto hay que sumar que el 22,5% de la población total (28,6 millones de personas) estaba en situación de inseguridad alimentaria y había dejado de consumir alimentos por falta de recursos.

El estudio (Sánchez, Cicowiez y Ortega, 2021) del que parte este análisis detecta subsectores agropecuarios para la inversión pública en la infraestructura, que repercute en la productividad agropecuaria debido a sus efectos positivos en el crecimiento del producto interno bruto (PIB) nacional y agroalimentario, el consumo de los hogares (bienestar) y la disminución de la pobreza rural. Dicho estudio considera 16 subsectores y elabora una clasificación con los diez subsectores en los que la inversión pública alcanzaría mayor impacto en cada una de las cuatro variables mencionadas anteriormente. El presente análisis profundiza en cuatro subsectores —caña de azúcar, maíz blanco y bovinos y leche— dada su influencia positiva estimada en el consumo privado, el PIB nacional y la pobreza rural. Derivado de lo anterior y de las prioridades del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (DOF, 2019), y del Programa Sectorial de Agricultura y Desarrollo Rural 2020 2024 de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) del Gobierno de México, este análisis contribuye a identificar aquellas microrregiones prioritarias que podrían poner fin al hambre y a todas las formas de malnutrición (ODS 2), y erradicar la pobreza (ODS 1). Para ello recurre a la experiencia y conocimientos de la FAO, la opinión de expertos sugeridos por la SADER, por los investigadores y por los mismos expertos entrevistados; y la investigación de académicos de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).

Agradecimientos

El presente estudio ha sido elaborado con el financiamiento estipulado en una carta de acuerdo entre la FAO y la UANL, en el marco del proyecto “Identificación de microrregiones con potencial agrícola para cadenas de valor prioritarias”.

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a Noé Aguilar Rivera por sus aportaciones sobre la cadena productiva de la caña de azúcar; a Inocencio Higuera y Mauricio Galeana por los datos de producción y precios proporcionados sobre las cadenas estudiadas; a Mercedes Pérez Meléndez por la información sobre la cadena de maíz; y a las personas entrevistadas en las mesas de trabajo gracias a las gestiones de la FAO y la SADER. También desean agradecer a Carlos Saldaña y J. Gerardo Durán su participación con datos agregados de precios del SIAP para cuatro productos; así como a todos los expertos —mencionados en el Anexo 3— que amablemente prestaron su tiempo para realizar las entrevistas.

Agradecemos a la Dra. Natalia Volkow, y a Lidia Hernández, por su disposición y excelente ayuda en el trabajo realizado en el laboratorio de microdatos del INEGI, tanto de manera remota como presencial.

También deseamos agradecer a los oficiales de la ESA —en particular a Cristian Morales Opazo, economista superior, y Ana María Díaz González, economista—la información y los conocimientos compartidos en diversas reuniones.

Asimismo, deseamos reconocer la gestión interinstitucional de Lina Pohl Alfaro, Representante de la FAO en México, y de Marco V. Sánchez, Director Adjunto de la ESA.

Finalmente, nos gustaría agradecer a Juan Abad su apoyo para la edición de este análisis, y a Daniela Verona la adaptación del documento al formato de esta serie.

Acrónimos

API	interfaz de programación de aplicaciones
CHIRPS	Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
COVID-19	enfermedad por coronavirus
ENA	Encuesta Nacional Agropecuaria
ESA	División de Economía Agroalimentaria
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
IGAE	Indicador Global de la Actividad Económica
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
MXN	peso mexicano
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PIB	producto interno bruto
SADER	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
SPR	sociedad de producción rural
UANL	Universidad Autónoma de Nuevo León

Resumen ejecutivo

Este análisis pretende identificar aquellas microrregiones de México con mayor potencial y eficiencia productiva y niveles altos de pobreza, a fin de aportar datos concretos para diseñar planes de inversión pública con el mayor impacto socioeconómico posible.

Se ha utilizado la metodología de la FAO que estima las fronteras de producción considerando los insumos productivos, así como factores tecnológicos que mitigan los riesgos climáticos, y otros que pueden ser ajenos al productor y se entienden como aleatorios. Con estas fronteras se ha estimado la eficiencia productiva de las regiones para determinar si son prioritarias dado su potencial, eficiencia y nivel de pobreza.

Para este análisis se han considerado cuatro subsectores agropecuarios de inversión prioritaria para la reducción de la pobreza rural en México: caña de azúcar, maíz blanco, bovinos y leche.

Los resultados muestran que hay cinco estados que contienen municipios catalogados como prioritarios: Chiapas, Durango, Michoacán, San Luis Potosí y Veracruz. Para validar este hallazgo se han realizado entrevistas a expertos.

Se han identificado un tipo de regiones que incluyen zonas de bajo potencial y alta pobreza. Estas requieren una fuente inversión a largo plazo en infraestructuras, capacitación y programas sociales, a modo de paquete de ayudas.

En contraste, existen otras regiones que no son prioritarias, pero tienen alto potencial y niveles medios de pobreza. Requieren ser expuestas a mercados internacionales por su competitividad y también necesitan inversión financiera e innovación en la comercialización de sus productos.

Las zonas prioritarias definidas como de alto potencial y alta pobreza, requieren inversiones a corto, mediano y largo plazo que ayuden a los productores con programas en distintas etapas de necesidad. Entre ellas, en investigación, desarrollo y comercialización de tecnologías que ayuden a mejorar el riego; en carreteras que permitan comunicar a los productores con los mercados de forma directa y eviten la necesidad de recurrir a intermediarios; y en la mejora del sistema de precios para hacerlo más transparente y oportuno. Adicionalmente, son regiones donde es necesario capacitar a las nuevas generaciones que están abandonando el campo, ampliar la tenencia de la tierra para hombres y mujeres, fortalecer la organización de los agricultores —dispersos y sin poder de negociación para pedir créditos, préstamos o precios justos—, invertir en beneficio de los productores y establecer con urgencia una banca de desarrollo rural competitiva e innovadora.

1 Introducción

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) desarrolla y utiliza herramientas para la toma de decisiones en materia alimentaria y agrícola que contribuyan a erradicar la pobreza (ODS 1) y poner fin al hambre y asegurar el acceso de todas las personas a una alimentación sana, nutritiva y suficiente (ODS 2). Una de las formas en las que la FAO cumple con este compromiso es mediante su Iniciativa Mano de la mano, que identifica para cada producto agropecuario las microrregiones de mayor oportunidad productiva y necesidad —es decir, aquellas en las que un porcentaje elevado de su población se encuentra en situación de pobreza (Burchinal y Siff, 1964)— y las considera áreas prioritarias.

Esta iniciativa utiliza modelos económicos que toman en cuenta insumos productivos de las unidades de producción: el trabajo (trabajadores, sueldos, horas trabajadas, sexo y educación de los trabajadores, etc.), los tipos de semillas (certificada, importada, variedad, etc.), el tipo de ganado (edad, calidad, especie, etc.), las tecnologías de riego, las fuentes de obtención de agua, los tipos de fertilizantes, el apoyo de programas (públicos o privados) al campo y la tenencia de la tierra, entre muchos otros. Estos modelos de productividad se obtienen a través de métodos econométricos que estiman las fronteras estocásticas de producción para cada producto agropecuario seleccionado, incorporando análisis geoespaciales (tipo de suelos, lluvia, necesidad de riego, distancia a mercados de venta, etc.) y considerando también problemas detectados por expertos que afectan a la producción (p. ej. corrupción, problemas de acceso al crédito, tipos de compradores). Con todo ello se estima la producción potencial y se compara con los valores observados en la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA). Esto permite calcular la diferencia entre la producción real y la que se podría llegar a lograr, y la eficiencia productiva.

Por otra parte, se identifican las zonas con mayor pobreza, de acuerdo con la medición oficial de la pobreza en los municipios del país (CONEVAL, 2021a). Las zonas de mayor potencial, eficiencia productiva y alta pobreza se consideran de alta prioridad para la inversión. Para decidir dónde y cómo invertir, se convoca a los distintos actores involucrados, a fin de tomar en cuenta necesidades —quizás no consideradas en las encuestas nacionales— de acuerdo con las características prevalentes en cada región. Esto mejora y potencia la toma de decisiones, ya que considera la perspectiva heterogénea de los actores gubernamentales, actores locales, sector público y privado, asociaciones de productores y centros de investigación especializados en los diferentes productos.

Los puntos de vista expuestos por los diversos expertos se clasifican en problemáticas comunes, obstáculos específicos, oportunidades de inversión, necesidades prioritarias y preferencias. Esta clasificación permite construir un portafolio de políticas para cada microrregión y producto, considerando el marco establecido por el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (DOF, 2019), el Programa Sectorial de Agricultura y Desarrollo Rural 2020-2024 (DOF, 2020), el Plan Anual de Financiamiento (SHCP, 2022), y los planes sectoriales por producto (DOF, 2021), entre otros instrumentos del Gobierno de México para regir sus políticas públicas de inversión y lucha contra la pobreza.

En la siguiente sección se describe el contexto socioeconómico nacional del sector agropecuario en México. En la sección 3 se presenta la metodología y fuentes de datos utilizados, mientras que la sección 4 recoge los resultados. La sección 5 incluye las recomendaciones de política pública y la sección 6 reúne las conclusiones.

2 Contexto nacional

MENSAJES CLAVE

- El PIB y el Indicador Global de la Actividad Económica (IGAE) muestran una ligera recuperación tras la pandemia ocasionada por el coronavirus (COVID-19). Sin embargo, el porcentaje de personas en situación de pobreza ha aumentado en un 8,8% en zonas urbanas y en un 4,8% a nivel nacional, mientras que ha disminuido en un 1,6% en zonas rurales.
- El 75% de los productores de caña de azúcar —el cultivo perenne con mayor superficie sembrada (873 978 ha)— afirma no tener apoyo de un programa social.
- El maíz blanco es el cultivo anual con mayor superficie cultivada (6 672 098 ha). Sin embargo, el apoyo es casi nulo, ya que el 92,5% de sus productores afirma no recibirlo.
- En cuanto a los productores ganaderos, el 20,5% no dispone de tecnología alguna, el 92,6% no pertenece a ninguna organización y el 80,6% no recibe apoyo de ningún programa social.
- En lo que respecta a los productores lácteos, el 31,2% no cuenta con tecnologías propias y el 86,9% no pastorea su ganado ni recibe asistencia técnica.

La economía de México se ha recuperado paulatinamente tras la pandemia de COVID-19. En términos macroeconómicos, tanto el PIB como el IGAE han comenzado a crecer. Si bien no han alcanzado aún los niveles previos a la pandemia de COVID-19, están experimentando una ligera recuperación (Figura 1).

Sin embargo, los datos más recientes —correspondientes al promedio de la segunda mitad del año 2020— muestran que el porcentaje de personas en situación de pobreza se ha incrementado en un 8,8% en zonas urbanas y en un 4,8% a nivel nacional con respecto a 2018, mientras que ha disminuido en un 1,6% en zonas rurales.

Esta pobreza —medida oficialmente por el CONEVAL— se denomina pobreza multidimensional, ya que tiene en cuenta seis dimensiones de carencia social además de los ingresos: carencia de acceso a servicios de salud, carencia de acceso a la seguridad social, carencia de acceso a alimentación nutritiva y de calidad, carencia de acceso a servicios básicos en la vivienda, carencia de calidad y espacios de la vivienda y rezago educativo.

Muchas de estas dimensiones se han deteriorado, en especial el acceso a los servicios de salud. Con respecto a 2018 y, como consecuencia de la desaparición del programa social "Seguro Popular" que brindaba acceso al sistema de salud a la población más pobre, el porcentaje de personas con esta carencia ha aumentado un 122,2% en zonas rurales, un 61,5% en zonas urbanas y un 73,8% a nivel nacional. En cuanto al acceso a alimentación nutritiva y de calidad, el porcentaje de personas con esta carencia se ha incrementado a nivel nacional (1,4%), en zonas urbanas (2,9%) y en zonas rurales (0,6%) con respecto a 2018. El porcentaje de personas en situación de pobreza multidimensional extrema ha aumentado en relación con el año 2018, tanto a nivel nacional (21,3%) como en zonas urbanas (49,8%)

y rurales (2,7%). En lo que respecta al porcentaje de personas con ingresos inferiores a la línea de pobreza extrema por ingresos —equivalente al valor monetario de la canasta alimentaria— y a su evolución con respecto a 2018, ha subido un 43% en zonas urbanas y un 23,2% a nivel nacional, y se ha reducido un 0,4% en zonas rurales. Por su parte, el porcentaje de población con ingresos inferiores a la línea de pobreza por ingresos —equivalente al valor monetario de la canasta alimentaria y la canasta no alimentaria— ha aumentado un 8,9% en zonas urbanas y un 5,8% a nivel nacional, disminuyendo en un 1,1% en zonas rurales. Todas estas variaciones se recogen de forma pormenorizada en el Cuadro 1. En la Figura 1 se muestra la evolución de la pobreza multidimensional nacional, urbana y rural.

CUADRO 1 Porcentaje de personas por indicador de pobreza multidimensional a nivel nacional, urbano y rural en 2018 y 2020

Indicadores de la metodología del CONEVAL para la medición multidimensional de la pobreza	Nacional		Rural		Urbano		Nacional	Rural	Urbano
	Porcentaje de personas						Porcentaje		
	2018	2020	2018	2020	2018	2020	Cambio entre 2018 y 2020		
Pobreza									
Población en situación de pobreza multidimensional	41,9	43,9	57,7	56,8	36,8	40,1	4,8	-1,6	8,8
Población en situación de pobreza moderada	34,9	35,4	41,5	40,1	32,8	34,0	1,5	-3,3	3,7
Población en situación de pobreza extrema	7,0	8,5	16,2	16,7	4,0	6,1	21,3	2,7	49,8
Población vulnerable por carencias sociales	26,4	23,7	32,4	32,3	24,5	21,1	-10,3	-0,2	-13,8
Población vulnerable por ingresos	8,0	8,9	1,9	2,1	10,0	10,9	11,1	14,0	9,4
Población no pobre y no vulnerable	23,7	23,5	8,0	8,7	28,7	28,0	-0,7	9,3	-2,7
Privación social									
Población con al menos una carencia social	68,3	67,6	90,1	89,1	61,3	61,2	-1,1	-1,1	-0,2
Población con al menos tres carencias sociales	20,2	23,0	40,3	44,2	13,6	16,7	14,1	9,5	22,0
Indicadores de carencia social									
Rezago educativo	19,0	19,2	31,2	31,5	15,1	15,6	1,3	1,0	3,4
Carencia por acceso a los servicios de salud	16,2	28,2	13,7	30,5	17,0	27,4	73,8	122,2	61,5
Carencia por acceso a la seguridad social	53,5	52,0	77,6	74,4	45,7	45,3	-2,6	-4,1	-0,8
Carencia por calidad y espacios de la vivienda	11,0	9,3	18,6	16,9	8,5	7,1	-15,3	-9,4	-17,4
Carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda	19,6	17,9	51,9	49,5	9,2	8,5	-8,5	-4,7	-7,7
Carencia por acceso a la alimentación nutritiva y de calidad	22,2	22,5	28,8	28,7	20,1	20,7	1,4	-0,4	2,9

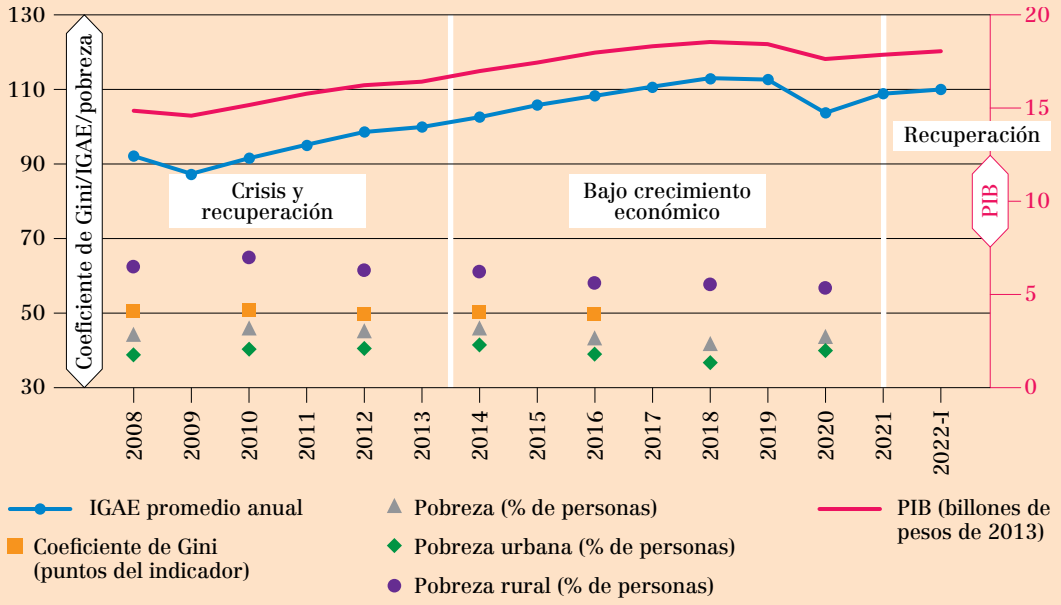
CUADRO 1 (cont.) Porcentaje de personas por indicador de pobreza multidimensional a nivel nacional, urbano y rural en 2018 y 2020

Indicadores de la metodología del CONEVAL para la medición multidimensional de la pobreza	Nacional		Rural		Urbano		Nacional	Rural	Urbano
	Porcentaje de personas						Porcentaje		
	2018	2020	2018	2020	2018	2020	Cambio entre 2018 y 2020		
Bienestar económico									
Población con ingreso inferior a la línea de pobreza extrema por ingresos	14,0	17,2	25,0	24,9	10,4	14,9	23,2	-0,4	43,0
Población con ingreso inferior a la línea de pobreza por ingresos	49,9	52,8	59,6	58,9	46,8	50,9	5,8	-1,1	8,9

Nota: En gris se resaltan los aumentos en los indicadores de la pobreza multidimensional entre 2018 y 2020

Fuente: Elaboración de los autores con datos de CONEVAL. 2021b. *Anexo estadístico de pobreza en México (2016-2020).* www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/MMP_2018_2020/AE_nacional_estatal_2016_2020.zip

FIGURA 1 Evolución de los índices macroeconómicos y la pobreza nacional

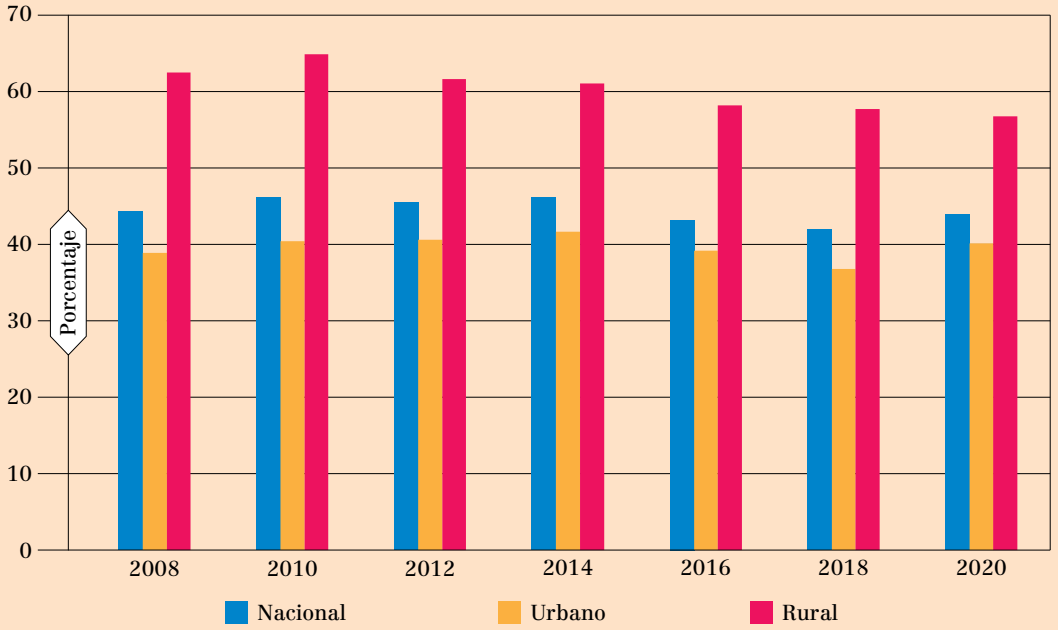


Fuente: Elaboración de los autores con datos de INEGI. 2022. *Banco de Información Económica (BIE).* Aguascalientes, Mexico. [Consultado el 2 de agosto de 2022]. www.inegi.org.mx/app/indicadores/?tm=0 y CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). 2021a. *Metodología para la medición de la pobreza en los municipios de México, 2020.* www.coneval.org.mx/Medicion/Documents/Pobreza_municipal/2020/Metodologia_pobreza_municipal_2020.pdf

Si bien estos aumentos son preocupantes, no se dispone aún de cifras de pobreza para el período posterior a la pandemia de COVID-19 (2020-2022). Sin embargo, los pronósticos no son alentadores, como tampoco lo es la evolución del porcentaje de la población rural en situación de pobreza, que no ha decrecido de los 56 puntos porcentuales en los últimos 12 años (Figura 2).

En el Cuadro 2 se incluyen los objetivos prioritarios de la SADER para el período 2019-2024.

FIGURA 2 **Porcentaje de la población (nacional, urbana y rural) en situación de pobreza**



Fuente: Elaboración de los autores con datos de CONEVAL. 2021b. *Anexo estadístico de pobreza en México (2016-2020).* www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/MMP_2018_2020/AE_nacional_estatal_2016_2020.zip

CUADRO 2 **Objetivos prioritarios de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural con base en el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024**

Parámetro de la meta	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1.1 Coeficiente de autosuficiencia alimentaria (%)		81,5	80,3	79	78,3	76,9	75	–	76,7	77,5	78,3	79,2	80
1.2 Coeficiente de autosuficiencia agrícola (%)		76	69,5	67,8	68,7	66,3	62,4	–	64,1	64,9	65,7	66,6	67,4
1.3 Coeficiente de autosuficiencia pecuaria (%)		86,4	86,5	85,1	85,1	85,2	85,8	–	87,5	88,3	89,1	90	90,8
2.1 Población rural en carencia alimentaria (%)	30,9		32,1		24,7		25,8	–	24,5		23,3		22
2.2 Presupuesto dirigido a pequeños y medianos productores y grupos vulnerables (%)							50,7	–	66,6	66,6	66,6	66,6	66,6
2.3 Productores con acceso a recursos productivos (%)						16,7		–		21,1		25,6	30

CUADRO 2 (cont.) Objetivos prioritarios de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural con base en el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024

Parámetro de la meta	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
3.1 Prácticas sustentables en la producción agropecuaria (%)						46,2		–		55,8		65,4	75
3.2 Emisiones netas de CO_2e del sector agropecuario (toneladas métricas de CO_2 equivalente)		79 021	79 572	84 111	85 845	87 087		–	86 975	86 919	86 862	86 806	86 750
3.3 Productividad física del agua en las unidades de riego (kg/m³)	2,5	2,8	2,8	2,9	2,8	2,8		–	3	3	3	3	3

Fuente: Elaboración de los autores con datos de DOF (Diario Oficial de la Federación). 2019. *Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Mexico City, Gobierno de México*. [Consultado el 2 de agosto de 2022]. www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019 y DOF. 2020. *Programa Sectorial de Agricultura y Desarrollo Rural 2020-2024*. Mexico City, Gobierno de México. [Consultado el 2 de agosto de 2022]. www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5595549&fecha=25/06/2020

2.1 Relevancia del sector agropecuario para la reducción de la pobreza

En el estudio (Sánchez, Cicowiez y Ortega, 2021) que antecede al presente análisis, se elaboró una clasificación con los diez subsectores en los que la inversión pública tendría mayor impacto en la pobreza rural: caña de azúcar, otros cereales, maíz, otros cultivos, flores, otras frutas, aves, hortalizas, bovinos y café. Esta clasificación se realizó con base en un aumento en la inversión pública de un 0,1% del PIB bajo distintos escenarios macroeconómicos.

La importancia de estos subsectores agropecuarios a nivel microeconómico es el objetivo principal del presente análisis. A fin de estudiar dichos subsectores, se buscaron fuentes oficiales de información. La ENA más reciente es de 2019. Sin embargo, el censo agropecuario se está elaborando en 2022 y estará disponible hasta 2023. La ENA 2019 proporciona datos representativos a nivel estatal para la caña de azúcar, el maíz blanco, los bovinos y la leche. Por tanto, tomando en cuenta la clasificación anterior, el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 y el Programa Sectorial de Agricultura y Desarrollo Rural 2020-2024 descritos en el Cuadro 2, y conjuntando la disponibilidad de información representativa para cada subsector, se seleccionaron para este análisis la caña de azúcar, el maíz blanco, los bovinos y la leche. Estos subsectores están presentes en diferentes estados de México. En el Cuadro 3 y, con base en los datos de la ENA 2019, se enumeran los tres estados con mayor producción en cada subsector.

Por otra parte, el Cuadro 4 enumera las razones por las cuales los productores de caña de azúcar y maíz blanco no sembraron sus cultivos, excluyendo el barbecho. Se observa que la sequía, la falta de dinero y la ausencia de apoyo son las causas más frecuentes. Estos factores se tomarán en cuenta en las entrevistas con expertos y, posteriormente, en las estimaciones.

En conjunto, los productores agropecuarios se han enfrentado a otras dificultades. Entre los problemas mencionados, los tres más frecuentes son el coste elevado de insumos y servicios (señalado por el 73,8% de los productores), las dificultades para la comercialización debido a los precios bajos que les pagan por sus productos (33,1%) y la falta de capacitación y asistencia técnica (30,8%). El Cuadro 5 presenta los problemas mencionados, el porcentaje

de productores que los identifica como tales y la evolución de este parámetro desde 2012. Estos problemas serán tomados en cuenta para las estimaciones del análisis una vez confirmados con los expertos en las entrevistas.

CUADRO 3 Estados con mayor producción en cada subsector seleccionado

Entidad federativas	Caña de azúcar	Maíz blanco	Bovinos	Leche
Chiapas			6,1%	
Coahuila				9,6%
Durango				9,9%
Jalisco	15,7%	18,9%	8,0%	20,4%
Michoacán		12,5%		
San Luis Potosí	8,7%			
Sinaloa		41,4%		
Veracruz	36,7%		13,4%	
Resto de entidades	38,9%	27,1%	72,5%	60,2%
Nacional	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración de los autores con datos de INEGI. 2020. Encuesta Nacional Agropecuaria 2019. En: *INEGI*. Aguascalientes, Mexico. [Consultado el 2 de agosto de 2022]. www.inegi.org.mx/programas/ena/2019

CUADRO 4 Causas por las que los productores de caña de azúcar y maíz blanco no sembraron sus cultivos, excluyendo el barbecho

Causa	Porcentaje
Sequía	26,0
Otra causa	25,9
Falta de dinero	20,9
Ausencia de apoyo	9,4
Problemas de acceso al agua	4,7
No es rentable	3,7
No hubo quién realizara la siembra	2,8
No les interesó sembrar el cultivo	2,5
Suelos poco fértiles	2,1
Anegación o exceso de humedad	1,2
Superficie invadida	0,4
Delincuencia	0,3
Total	100,0

Fuente: Elaboración de los autores con datos de INEGI. 2020. Encuesta Nacional Agropecuaria 2019. En: *INEGI*. Aguascalientes, Mexico. [Consultado el 2 de agosto de 2022]. www.inegi.org.mx/programas/ena/2019

CUADRO 5 Principales problemas a los que se enfrentan los productores agropecuarios

Problema y tendencia	Porcentaje de productores que señala el problema			
	ENA 2012	ENA 2014	ENA 2017	ENA 2019
Costes elevados de insumos y servicios ↓	81,4	83,4	75,7	73,8
Pérdida de la cosecha o animales por causas climáticas ↑ ↓	74,0	78,2	74,7	–
Pérdida de la cosecha o animales por causas biológicas	–	–	44,2	–
Falta de capacitación y asistencia técnica ↓	51,9	45,5	33,1	30,8
Dificultades para la comercialización debido a los precios bajos ↓ ↑	–	37,2	31,7	33,1
Pérdida de fertilidad del suelo ↓	48,6	39,4	28,4	27,9
Dificultades para vender a otro país	–	–	28,2	–
Dificultades para exportar debido a estrictos requisitos técnicos y fitosanitarios ↑	–	–	9,2	10,4
Infraestructura insuficiente para la producción ↓	45,0	34,9	24,0	20,8
Dificultades para la comercialización debido a la existencia de intermediarios ↑ ↓	26,5	37,2	22,8	24,3
Dificultades para el transporte y almacenamiento ↓	–	25,7	19,7	12,2
Productor de edad avanzada o enfermo ↓ ↑	23,3	24,6	18,9	19,5
Inseguridad ↓ ↑	–	25,3	17,0	19,6
Dificultades para exportar a precios más elevados en el mercado local ↑	–	–	9,6	12,6
Falta de información sobre los precios de los productos ↓ ↑	–	21,9	9,5	10,9

Nota: ENA – Encuesta Nacional Agropecuaria.

Fuente: Sánchez, M. V., Cicowiez, M. y Ortega, A. 2022. Prioritizing public investment in agriculture for post-COVID-19 recovery: A sectoral ranking for Mexico. *Food Policy*, 109, 102251. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2022.102251 con datos de INEGI. 2019. Encuesta Nacional Agropecuaria. En: *INEGI*. Aguascalientes, Mexico. [Consultado el 2 de agosto de 2022]. www.inegi.org.mx/programas/ena de 2012, 2014, 2017 y 2019.

2.2 Características del subsector de la caña de azúcar

Tal y como se indicó en la sección 2.1 (véase el Cuadro 3), los estados de Veracruz, Jalisco y San Luis Potosí son, en ese orden, las entidades federativas en las que se produjo mayor cantidad de caña de azúcar en 2019. Se trata del cultivo perene con mayor superficie sembrada (873 978 ha), seguido de la naranja, la alfalfa y el aguacate. El 30,7% de las parcelas en las que se cultiva tiene una superficie igual o inferior a 5 ha, mientras que el 69,3% restante son parcelas de más de 5 ha.

El 75% de los productores de caña de azúcar declaran no tener apoyo de un programa social. Únicamente un 24% afirma tener apoyo del programa Precios de Garantía, mientras que el 1% restante recibe apoyo del programa Crédito Ganadero a la Palabra.

Por otra parte, el 86,6% de los productores no forma parte de ninguna organización, el 7,2% es miembro de una organización que pertenece a un ejido, el 4,5% se organiza como una comunidad agraria, el 1,5% como unión de ejidos o comunidad, el 0,2% como sociedad de producción rural (SPR), y el 0,1% como sociedad cooperativa.

En lo que respecta al apoyo a la producción, el 86,7% afirma no contar con apoyo alguno, el 6,5% cuenta con un servicio o recibe apoyo para comprar insumos, el 3,5% para recibir asistencia técnica, el 1,4% para producir por contrato, el 0,9% para producir y transformar la producción, el 0,5% para obtener un seguro agropecuario, el 0,4% para comercializar sus productos, el 0,2% para recibir crédito o financiamiento, el 0,1% para adquirir o mantener un sistema de riego tecnificado y un porcentaje ínfimo recibe apoyo para comprar o alquilar maquinaria o equipos. Tal y como se puede observar, el apoyo recibido es mínimo.

Únicamente un 3,5% de las unidades productoras de caña de azúcar afirmaron tener una causa para no sembrar. De estas, un 52,4% alegó falta de dinero, un 14,9% mencionó la sequía, un 13,0% aludió a la ausencia de apoyo, un 12,3% mencionó la anegación o exceso de humedad y un 7,4% indicó que no tenían interés en sembrar el cultivo.

Solamente un 33,6% de las unidades de producción de caña de azúcar notificaron pérdidas en sus cosechas. Las principales causas fueron el manejo durante la cosecha (52,5%), las plagas (24,5%), la selección del producto (11,9%), el manejo durante el transporte (9,9%), el manejo durante el almacenamiento (0,7%) y el manejo durante el empaque (0,5%).

Los tres principales compradores de la caña de azúcar son las empacadoras o instituciones de uso industrial (88,3%), bajo contrato (6,4%) y los intermediarios (coyotes) (2,0%).

Además, sus productores utilizan como principal fuente de financiamiento a las mismas empresas o particulares que comprarán la producción. En su mayoría, venden sus productos a empacadoras o uso industrial a un precio promedio de 723 MXN por tonelada. La gran mayoría de unidades de producción (94,1%) son microempresas y pequeñas empresas. Los principales problemas a los que se enfrentan los productores son los elevados costes de insumos y servicios (81,3%), la falta de capacitación y asistencia técnica recibida (30,5%) y la pérdida de fertilidad en el suelo (28,6%). Asimismo, un 15,4% de las unidades de producción de caña de azúcar obtuvieron créditos (15,4%) y la mayoría (56,6%) lo logró por medio de empresas o particulares que comprarán la producción. Un 66,1% obtuvo créditos por un importe inferior a 50 000 MXN.

2.3 Características del subsector del maíz blanco

Los tres estados con mayor producción de maíz blanco en 2019 fueron Sinaloa, Jalisco y Michoacán. Se trata del cultivo anual con mayor superficie sembrada (6 672 098 ha), seguido del frijol, el maíz amarillo y el sorgo. El 44,8% de las parcelas en las que se cultiva tiene una superficie igual o inferior a 5 ha, mientras que el 55,2% restante son parcelas de más de 5 ha.

Por otra parte, el 92,5% de las unidades de producción no forma parte de ninguna organización, el 5,3% es miembro de una organización que pertenece a un ejido, el 1,5% se organiza como una comunidad agraria, el 0,5% como unión de ejidos o comunidad, el 0,1% como SPR y un porcentaje ínfimo como unión de sociedades de producción rural, sociedad cooperativa o sociedad civil.

Las unidades de producción de maíz blanco apenas reciben ayuda, ya que el 92,5% afirmó no tener apoyo alguno. Solamente el 4,8% cuenta con un servicio o recibe apoyo para comprar insumos, el 1,5% para recibir asistencia técnica, el 0,6% para producir por contrato, el 0,2% para producir y transformar la producción, el 0,2% para comercializar sus productos, el 0,1% para recibir crédito o financiamiento y un porcentaje ínfimo recibe apoyo

para obtener un seguro agropecuario, adquirir o mantener un sistema de riego tecnificado o comprar o alquilar maquinaria o equipos.

Únicamente un 5,5% de las unidades de producción afirmaron tener una razón para no sembrar maíz blanco. De estas, un 40,6% alegó falta de dinero, un 36,7% mencionó la sequía, un 17,4% aludió a la ausencia de apoyo, un 2,8% indicó que no tenían interés en sembrar el cultivo y un 2,5% mencionó la anegación o exceso de humedad.

Solamente un 29,2% de las unidades de producción de maíz blanco notificaron pérdidas en sus cosechas. Las principales causas fueron el manejo durante la cosecha (48,8%), las plagas (35,3%), la selección del producto (10,0%), el manejo durante el almacenamiento (3,9%), el manejo durante el transporte (1,4%) y el manejo durante el empaque (0,6%).

Finalmente, solo el 49% de las unidades productoras notificaron el tipo de comprador de maíz blanco. Los tres principales fueron los intermediarios o coyotes (43,0%), las bodegas, almacenes o centros de acopio (21,9%) y los consumidores (18,7%).

Por fin , el 5,5% de los productores obtuvo algún crédito. De ellos, un 19,3% lo recibió por medio de cajas de ahorro o cooperativas, el 13,7% a través empresas o particulares que proporcionan insumos y financieras nacionales de desarrollo agropecuario, rural, forestal y pesquero. Un 60,9% de los productores que obtuvieron un crédito lo hicieron por un importe inferior a 50 000 MXN. Por otro lado, las razones principales por las que los productores no solicitaron créditos fueron para evitar endeudamientos (41,4%), los intereses elevados (23,4%), o los numerosos requisitos necesarios (11,8%). Aún mayor que las unidades productivas de caña de azúcar, el subsector del maíz blanco está constituido por microempresas y pequeñas empresas (99,2%), que venden sus productos en su mayoría a intermediarios (53,7%) o directamente al mismo consumidor (26,0%), a un precio promedio de 2046 MXN por tonelada.

Entre las unidades de producción que utilizan sistemas de riego (32,7%), el método principal es el riego por gravedad o riego rodado (85,7%). No obstante, la falta de agua en forma de sequías (22,4%) es el problema principal —después de la falta de dinero (24,8%)— para no sembrar maíz blanco. Entre otros problemas, cabe destacar la pérdida de maíz blanco por manejo durante la cosecha (48,5%) y la pérdida por plagas (32,9%), que afecta a los productores que no cuentan con tecnología alguna (72,3%).

2.4 Características del subsector bovino

Los estados de Veracruz, Jalisco, y Chiapas son los tres mayores productores de ganado bovino de México. A nivel nacional, se producen vacas para cría de becerros (59,7%), vacas para producción de leche (13,3%) y vacas para cría de becerros y ordeño (27%). Según la ENA 2019, unas 1 097 930 unidades de producción se dedican a la cría y explotación de ganado bovino. Dichas unidades utilizan como tecnología principal la vacunación (74,8%) y la desparasitación interna (74,8%). La tecnología menos utilizada es el alimento balanceado (35,1%).

El 20,5% de las unidades no cuenta con tecnología alguna. El 22,2% utiliza baños garrapaticidas para el manejo de sus reses, el 21,3% utiliza salas de ordeño tecnificado, el 15,7% emplea silo forrajero, el 10,1% usa sistemas de cercas electrificadas, el 5,7% utiliza mezcladoras de alimentos y el 3,0% emplea bordos para abrevaderos.

Por otra parte, el 92,6% de las unidades no forma parte de ninguna organización, el 4,8% es miembro de una organización que pertenece a un ejido y el 1,8% se organiza como una comunidad agraria.

Se observa que 80,6% no cuentan con programas sociales que los ayuden, el 17,7% tiene apoyo del programa Precios de Garantía, el 1,6% recibe apoyo del programa Crédito Ganadero a la Palabra y el 0,1% tiene apoyo del programa Producción para el Bienestar.

En lo que respecta al apoyo para la producción, el 92,6% declara no contar con apoyo alguno, el 5,0% cuenta con un servicio o recibe apoyo obtenido para comprar insumos, el 1,5% para recibir asistencia técnica y el 0,5% para producir por contrato. Finalmente, solamente un 16,9% de las unidades productoras reportaron recibir asistencia técnica (el 74,8% para producción, el 7,1% para otros tipos de soporte técnico y el 18,1% para ambos tipos).

En cuanto a la producción y venta de bovinos, los tres tipos principales son los becerros (54%), los animales de desecho (19%) y los animales de engorde (9%). Los principales compradores son los intermediarios (coyotes) (68,8%), otros compradores (10,8%), consumidores (8,4%), rastros municipales (6,0%), el centro de acopio SEGALMEX (1,6%), otros países (1,3%), rastros privados (1,2%), centros comerciales o supermercados (0,8%), centrales de abastos (0,6%9, y rastros tipo inspección federal (0.4%).

Los intermediarios (coyotes) compran un 9,6% de las reses bovinas y los becerros (39%), los animales de engorde (17%) y los animales de desecho (14%) son los tipos principales.

El 26,5% de los productores bovinos obtuvo algún crédito. Las principales fuentes de crédito fueron las cajas de ahorro y préstamo (29,3%), una financiera nacional de desarrollo agropecuario (18,8%) y empresas que proporcionan insumos (16,1%).

2.5 Características del subsector lácteo

En 2019, los estados de Jalisco, Durango y Coahuila fueron los principales productores lácteos. A nivel nacional, se produjeron 42,4 millones de litros de leche cada día.

El 31,2% de los productores lácteos no dispone de tecnología alguna, el 23,1% utiliza baños garrapaticidas para el manejo de sus reses, el 18,9% utiliza salas de ordeño tecnificado y el 12,5% usa silo forrajero para el manejo de sus reses. El 86,9% no pastorean a sus reses ni reciben ayuda técnica, y aquellos que sí lo hacen usan pasto incluido (76,3%), pasto inducido (7,4%) y ambos tipos de pasto (16,2%).

Por otra parte, el 93,5% de las unidades de producción de leche no forma parte de ninguna organización, el 4,2% es miembro de una organización que pertenece a un ejido, el 1,6% se organiza como una comunidad agraria y el 1,6% se organiza como unión de ejidos o comunidad.

En cuanto al apoyo de programas sociales, el 80,1% de las unidades no recibe apoyo alguno, el 18,2% obtiene apoyo del programa Precios de Garantía y el 1,6% cuenta con apoyo del programa Crédito Ganadero a la Palabra.

El 83,6% de las unidades de producción de leche son microempresas. Un 7,4% recibieron algún crédito. Al igual que sucede en el resto de subsectores, una gran parte de los créditos concedidos fueron de un importe inferior a 50 000 MXN. Sin embargo, el 16,9% de los créditos recibidos oscilaron entre 180 000 MXN y 900 000 MXN.

3 Metodología y fuentes de datos

MENSAJES CLAVE

- En el caso de México, la ENA 2019 es representativa de los cuatro subsectores considerados (caña de azúcar, maíz blanco, bovinos y leche) a nivel estatal.
- Para estimar y predecir el potencial agrícola y la eficiencia técnica se ha utilizado un análisis de fronteras estocásticas.
- La fuente de datos principal es la ENA 2019, que abarca 29 productos agropecuarios, seleccionados por ser representativos y de interés para el país.
- Para clasificar las variables de potencial, eficiencia y pobreza en tres categorías (alto, medio y bajo) se ha empleado el enfoque de rupturas por tercios.

3.1 Marco conceptual

Siguiendo las directrices de la FAO que aconsejan utilizar una técnica robusta, homogénea y que pueda proporcionar ayuda clara para seleccionar microrregiones prioritarias (con alto potencial y alta pobreza) para invertir en su desarrollo agropecuario, erradicar la pobreza (ODS 1) y poner fin al hambre (ODS 2), se ha empleado la metodología de Maruyama *et al.* (2018). Esta consta de cuatro etapas:

Etapa 1. Recopilación y procesamiento de datos estadísticos y geoespaciales de encuestas de hogares o unidades de producción. En el caso de México, se recurrió a la ENA 2019, que recopila datos por unidad de producción.

Etapa 2. Estimación de una función de frontera estocástica a nivel de productor que incluya las características socioeconómicas del productor y la unidad de producción. Para ello se consideran tres componentes fundamentales:

i. La **función frontera**, que estima una función de ingresos netos del productor (o de ingresos brutos cuando no se cuenta con los impuestos o márgenes de comercialización). Como variables explicativas se usan los precios de venta del producto y los precios de los principales insumos. Según Maruyama *et al.* (2018) se deben utilizar todos los insumos que están bajo control del productor.

ii. El **componente de ineficiencia**, que incluye variables bajo control del productor que merman la eficiencia (p. ej. variables de gestión, características sociodemográficas del productor y sus trabajadores, adopción de tecnologías disponibles, programas de apoyo públicos o privados, condiciones climáticas a corto plazo).

iii. El **componente para el error aleatorio**, que incluye factores aleatorios fuera del control del productor. Para corregir la heterocedasticidad se incluyen variables de escala sobre la unidad de producción, incluidas el tamaño de la explotación y el número de cabezas de ganado.

El modelo econométrico se describe en detalle en un artículo (Maruyama *et al.*, 2018), así como en el Anexo 1.

Etapa 3. Predicción. En esta etapa se utilizan los coeficientes estimados de la frontera estocástica para predecir —a nivel de las unidades administrativas más pequeñas disponibles— el potencial agrícola, la frontera y los niveles de ineficiencia. Posteriormente, se extrapolan los potenciales agrícolas y sus niveles de eficiencia en cada región. Para ello, es necesario contar con información de un censo agrícola (representatividad municipal) o de una encuesta nacional (representatividad estatal o urbano-rural). Con estos datos se predice el potencial y la eficiencia técnica de cada área geográfica representativa. En el caso de México, la ENA 2019 es representativa de los cuatro subsectores considerados (caña de azúcar, maíz blanco, bovinos y leche) a nivel estatal[1].

Etapa 4. Elaboración de los mapas de tipología de territorios agrícolas. En esta etapa se utilizan tres criterios de clasificación: potencial productivo, eficiencia productiva y pobreza territorial. Cada criterio se etiqueta en una categoría (bajo, medio o alto). Para ello se emplea un enfoque en virtud del cual la los percentiles 33 y 67 dividen la distribución en tres tercios. La combinación de los tres criterios y las etiquetas da como resultado la clasificación tipológica descrita en la Figura 3.

FIGURA 3 Clasificación de la tipología de microrregiones

	Pobreza	Potencial	Eficiencia
Alta pobreza y bajo potencial	Alta	Bajo	Alta/media/baja
Pobreza media y bajo potencial	Media	Bajo	Alta/media/baja
Baja pobreza y bajo potencial	Baja	Bajo	Alta/media/baja
Alta pobreza, alto potencial y baja eficiencia	Alta	Medio/alto	Media/baja
Pobreza media, alto potencial y baja eficiencia	Media	Medio/alto	Media/baja
Baja pobreza, alto potencial y baja eficiencia	Baja	Medio/alto	Media/baja
Baja pobreza, alto potencial y alta eficiencia	Baja	Medio/alto	Alta

Fuente: Elaboración de los autores con base en Maruyama, E., Torero, M., Scollard, P., Elias, M., Mulangu, F. y Seck, A. 2018. *Frontier analysis and agricultural typologies.* ZEF-Discussion Papers on Development Policy N.º 251. Bonn, Alemania, ZEF (Center for Development Research).

3.2 Fuentes de datos: Encuesta Nacional Agropecuaria 2019

La fuente de datos principal es la ENA 2019, que abarca 29 productos agropecuarios (24 productos agrícolas y 5 productos pecuarios), seleccionados por ser representativos y de interés para el país. Según la nota técnica sobre esta encuesta (INEGI y SADER, 2020), "la ENA 2019 ofrece información estadística que contribuye a definir y evaluar las políticas públicas sobre los programas prioritarios y estratégicos que ha establecido el Gobierno Federal".

[1] Aún con las estimaciones municipales, se ha realizado una agregación estatal y se han utilizado las siguientes combinaciones de estimaciones para analizar la estabilidad de los parámetros: 1) nivel municipal con varianza conglomerada a nivel municipal, 2) nivel municipal con varianza conglomerada a nivel estatal, 3) nivel estatal con varianza conglomerada a nivel municipal, 4) nivel estatal con varianza conglomerada a nivel estatal. Pero en todos los casos, el resultado final de la tipología se agrupó por estados para su representatividad de acuerdo a la ENA 2019.

Asimismo, la nota indica que el "53,1% de las unidades de producción de granos comercializan con intermediarios y el 25,1% directamente con el consumidor". También señala que "el 8,4% de las unidades de producción obtuvieron algún crédito o préstamo", y que "la principal problemática, reportada por los propios productores es el alto costo de insumos y servicios como son: combustible, energía eléctrica, semillas, fertilizantes y mano de obra".

Variables de producción, precios, tecnologías y características socioeconómicas

En el Cuadro 6 se muestran las variables probadas en distintos modelos de frontera eficiente para bovinos y leche. Dada la colinealidad de muchas de ellas, no siempre se han podido utilizar de forma conjunta. Por ejemplo, la variable "si_apoyo" y la variable "beneficiario" describen el mismo fenómeno, por lo que en este caso solamente se ha utilizado la segunda ("beneficiario").

Para la caña de azúcar y el maíz blanco, las variables adicionales se presentan en el Cuadro 7.

CUADRO 6 Variables para bovinos y leche

	Variable	Descriptor
1	apoyos	Número de apoyos que recibe la unidad de producción
2	organiza	Número de organizaciones a las que pertenece la unidad de producción
3	terreno	Unidad de producción con terrenos manejados por el productor
4	si_apoyo	Tiene apoyo (1 sí, 0 no)
5	apo_prog	Número de programas de apoyo que reciben
6	beneficiario	Beneficiario de programas sociales agrícolas
7	ter_num	Número de terrenos o parcelas manejadas por el productor
8	ter	Superficie total de la unidad de producción
9	sup	Superficie con cultivos anuales
10	sup_ns_des	sup_ns_des
11	sup_ns_dif	sup_ns_dif
12	sagr_t	Superficie agrícola de temporal
13	sagr_t_j	Superficie agrícola de temporal de jugo o humedad
14	sagr_riego	Superficie agrícola de riego
15	riego	Unidad de producción donde los terrenos pertenecen a un distrito de riego
16	agua_negra	1 sí, 0 no
17	agua_tratada	1 sí, 0 no
18	agua_potable	1 sí, 0 no
19	agua_salubre	1 sí, 0 no
20	riego_bordo	Bordo, hoya de agua o jagüey
21	riego_pozo	Pozo profundo
22	riego_cielo	Pozo a cielo abierto
23	riego_rio	Río
24	riego_manatial	Manantial

CUADRO 6 (cont.) Variables para bovinos y leche

	Variable	Descriptor
25	riego_presa	Presa o represa
26	riego_otro	Otra fuente
27	ambiental	ambiental
28	resestotal	Existencias de reses totales
29	desparasitar	desparasitar
30	pastorear	pastorear
31	genética	Unidad de producción que aplicó...
32	cb_asist	Unidad de producción que para las actividades agrícolas recibe...
33	fuego	Unidad de producción que usó fuego...
34	id_animal	identificador de tipo de bovino
35	cb_v_tipo	cb_v_tipo
36	animal	Tipo de animal vendido
37	Q_bovino	Cantidad vendida
38	cb_v_tc	Tipo de comprador al que vendió
39	P_bovino	Precio de la última venta *
40	ing_bovino	Ingreso por venta de bovinos
41	valor	Número depreciado de los tractores del productor
42	maq_tuso	Años promedio de uso de su maquinaria
43	num_maq	Número de tipos de maquina
44	capacidad	Capacidad de carga por el total de camiones y camionetas
45	sueldos	Suma de sueldos y jornales del año
46	num_trab	Número de trabajadores pagados y no pagados
47	escalón	Escalones de sueldos pagados al año
48	cred_monto	cred_monto
49	num_uso	Número de usos del estiércol
50	num_IT	Número de tecnologías de la información que tiene la unidad de producción (ordenador, internet, celular, GPS, etc.)
51	hombre	Sexo del productor
52	edad	Edad del productor
53	ap_adult	Unidades de producción que recibe algún apoyo por ser adulto mayor
54	años_experie	Tiempo realizando actividades agrícolas, ganaderas o forestales
55	prom_agf	Promedio de horas dedicadas a esta actividad al día
56	dialecto	Unidad de producción donde el productor habla algún dialecto o lengua indígena
57	indígena	Unidad de producción donde el productor se considera indígena
58	edu_ultniv	Último nivel de estudios alcanzado
59	edu_grado	Grado del último nivel de estudios
60	dependientes	Total de dependientes económicos que habitan en la vivienda

CUADRO 6 (cont.) Variables para bovinos y leche

	Variable	Descriptor
61	num_instala	Número de instalaciones que tiene la unidad de producción (desfibra, granero, congelador, etc.)
62	num_ins_bov	Número de instalaciones bovinas (garrapata, ordeña, silo, mezcladora, etc.)

Fuente: Elaboración de los autores con datos de INEGI. 2020. Encuesta Nacional Agropecuaria 2019. En: *INEGI*. Aguascalientes, Mexico. [Consultado el 2 de agosto de 2022]. www.inegi.org.mx/programas/ena/2019

CUADRO 7 Variables adicionales para la caña de azúcar y el maíz blanco

	Variable	Descriptor
1	ca_cultivo	Nombre del cultivo o plantación
2	ca_mod	Modalidad del cultivo
3	ca_sup	Superficie de riego sembrada o plantada
4	ca_supt	Superficie de temporal sembrada o plantada
5	tipo_sem	Tipo de semilla, sólo para maíz pero no para caña
6	ca_cesp	Cantidad que cosechó o espera cosechar
7	ca_vesp	Volumen que obtuvo o espera obtener
8	Qsemill_kg	Cantidad de la producción que destina para semilla para siembra
9	QFam_kg	Cantidad de la producción que destina para consumo familiar
10	QAnimal_tn	Cantidad de la producción que destina para consumo animal
11	Qventa_tn	Cantidad de la producción vendida
12	Qexpo	Cantidad de producción destinada directamente a otro país
13	ca_cper	Unidad que considera que tuvo perdidas
14	Qperdida_tn	Cantidad de toneladas perdidas
15	causa_perd	Causa principal de la perdida
16	ca_tcom	Tipo de comprador al que espera vender o vendió
17	P	Precio por tonelada de la última venta
18	id_cultivo	group(ca_cultivo)
19	ca_certificado	Unidad de producción que cuenta con...
20	abofer	Unidad de producción que utiliza...
21	perdida	Unidad de producción que considera tuvo pérdidas
22	ventaT	Ingresos totales de lo que vende o espera vender
23	venta2	Ingresos de la parte que vende o espera vender a otro país
24	ca_herbicida	Tipos de herbicidas
25	ca_insecticida	Tipos de insecticida
26	ca_fungicida	Tipos de fungicidas
27	sensor	Tipo de sensores
28	ca_asist	Tipo de asistencia agrícola que recibe
29	ambiental	Acciones contra cambio ambiental
30	tecno	Numero de tecnologías usadas

CUADRO 7 (cont.) Variables adicionales para la caña de azúcar y el maíz blanco

	Variable	Descriptor
31	num_metod	numero de métodos usados de fertilizantes
32	f_cant	(sum) f_cant
33	num_a_metod	Numero de métodos usados de abonos
34	abo_cant	(sum) abo_cant
35	valor	Número depreciado de los tractores del productor
36	maq_tuso	Años promedio de uso de su maquinaria
37	num_maq	Número de tipos de maquina
38	capacidad	Capacidad de carga por el total de camiones y camionetas

Fuente: Elaboración de los autores con datos de INEGI. 2020. Encuesta Nacional Agropecuaria 2019. En: *INEGI*. Aguascalientes, Mexico. [Consultado el 2 de agosto de 2022]. www.inegi.org.mx/programas/ena/2019

Los datos de precios provienen de la ENA 2019 y son reportados por el productor. Cuando utilizan el producto para autoconsumo, no reportan el precio.[2] En estos casos, se ha imputado el precio venta. Suelen ser habituales en la venta y autoconsumo de leche. Es por ello que para el subsector lácteo se han estimado dos fronteras: el subsector de la venta de leche y el de la venta más autoconsumo. Al final, para los cálculos de la tipología prioritaria se ha considerado únicamente el subsector de la venta de leche.

Datos climáticos, geográficos y de pobreza

Para la construcción de las variables de condiciones climáticas a corto y largo plazo, se utilizó información procedente de la versión 2.0 de la base de datos pluviométrica Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS, por sus siglas en inglés), desarrollada por el Climate Hazard Center de la Universidad de California en Santa Bárbara y el Servicio Geológico de los Estados Unidos[3] (USGS, por sus siglas en inglés). La información sobre las condiciones climáticas a largo plazo corresponde al promedio histórico diario de la variable precipitación para el periodo 2000 2019, mientras que a corto plazo corresponde a la desviación de ese largo plazo (véase el Anexo 2). Ambas variables se calculan mediante estadísticas zonales para la extensión territorial total de las unidades productoras (unidades geográficas) de México.

En términos de las variables geográficas que se incluyen en la estimación del modelo econométrico, una se relaciona con la accesibilidad a los mercados. Para esta variable se ha utilizado la interfaz de programación de aplicaciones (API, por sus siglas en inglés) de matriz de distancia de Google, a fin de obtener la distancia y el tiempo de viaje para una matriz de orígenes y destinos. La API devuelve información basada en la ruta recomendada entre un origen y un destino, calculada por la API de Google Maps, y consta de filas que contienen valores de duración y distancia para cada par, considerando las condiciones de la red viaria y del tráfico. En particular, para la estimación de los modelos econométricos se han utilizado las horas registradas entre el origen (el centroide de cada municipio) y el destino (la localidad más próxima con 100 000 o más habitantes)[4].

[2] Los datos provenientes del SIAP no se utilizaron para las estimaciones ya que están agrupados a nivel municipal, y en las estimaciones de microrregiones se usaron precios a nivel productor provenientes de la ENA 2019.

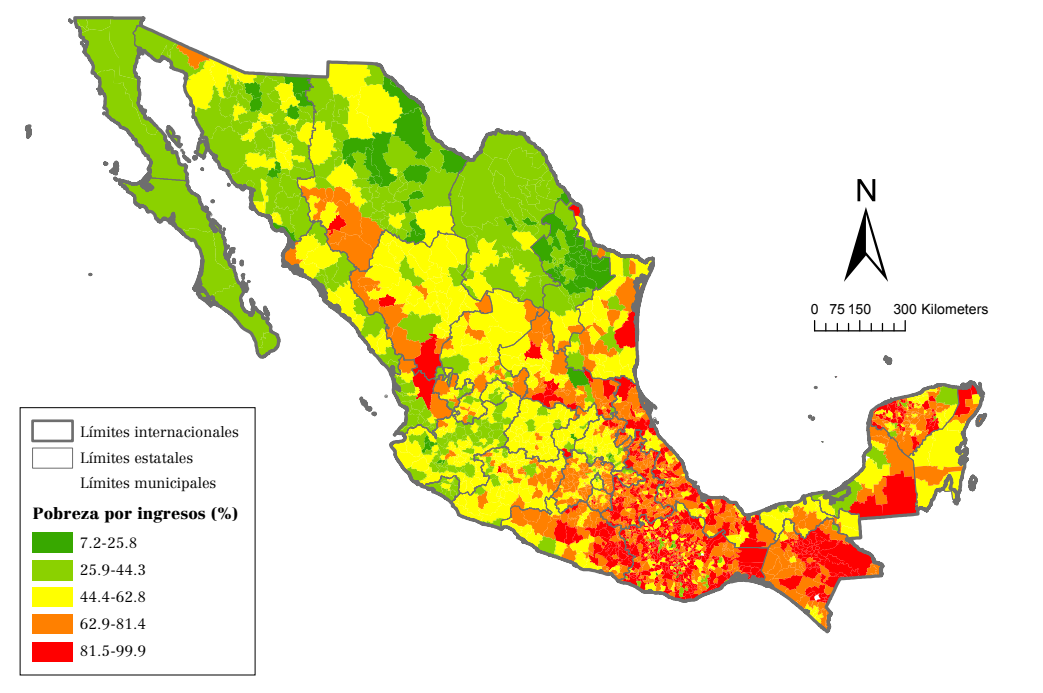
[3] Para más información, véase www.chc.ucsb.edu/data/chirps

[4] Para más información, véase https://developers.google.com/maps/documentation/distance-matrix/overview

El segundo conjunto de variables geográficas corresponde a la cobertura de la tierra por tipo de aptitud agrícola a nivel de unidad productora, el cual se mide como porcentaje del área total del segmento muestral. Como fuente de información se ha utilizado el mapa de uso de suelo y vegetación de 2018 (INEGI, 2018), el mapa de uso potencial de suelo de 2012 (INEGI, 2012) y un diccionario de datos de uso potencial agrícola, pecuario y forestal (INEGI, 2016). Con toda la información, se han caracterizado los suelos del territorio nacional (véase la Figura A3).

Asimismo, en el cuarto paso de la metodología se hace uso de los datos de pobreza por ingresos del año 2020 (CONEVAL, 2021b), que tiene en cuenta una canasta alimentaria y una canasta no alimentaria (que incluye, entre otros, prendas de vestir, cuidados de salud, educación, vivienda y trasporte). Aquellos hogares que no tienen ingresos suficientes para adquirir las canastas se consideran en situación de pobreza por ingresos. Tal y como se aprecia en la Figura 4, el sur del país es el que exhibe en promedio los mayores niveles de pobreza, a diferencia del norte, en tanto que la parte central del país presenta en su mayoría niveles medios de pobreza.

FIGURA 4 Pobreza por ingresos en México (nivel municipal)



Fuente: Elaboración de los autores con datos de CONEVAL. 2021b. *Anexo estadístico de pobreza en México (2016-2020).* www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/MMP_2018_2020/AE_nacional_estatal_2016_2020.zip; INEGI. 2022. Mexico [Marco Geoestadístico]. Mexico, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

3.3 Estimación de fronteras

Finalmente, las fronteras estocásticas se han estimado tomando en cuenta las variables descritas anteriormente[5]. Para ello, se ha seguido la metodología de Maruyama *et al.* (2018) y

[5] Las estadísticas descriptivas de todas las variables incluidas en la estimación de la frontera eficiente, así como los resultados de las estimaciones, se pueden solicitar a los autores por escrito.

se ha empleado el modelo econométrico descrito en el Anexo 1. En virtud de este, los ingresos brutos del productor han tenido en cuenta el precio del producto, así como factores que controla directamente (fertilizantes, tipo de semilla, etc.), otros que no (características de sus trabajadores o apoyos que puede recibir) y factores aleatorios. Los Cuadros 8 y 9 describen las variables incluidas en la estimación de cada frontera estocástica.

CUADRO 8 Variables incluidas en la estimación de la función frontera

Variable	Producción	Maíz blanco	Bovinos	Leche
Ingresos brutos	Ingresos anuales por la venta de maíz blanco	Ingresos trimestrales por la venta de caña de azúcar	Ingresos anuales por la venta de bovinos	Ingresos trimestrales por la venta de leche
Precios a nivel productor	Precio por tonelada de la última venta de maíz blanco	Precio por tonelada de la última venta de caña de azúcar	Precio de la última venta de bovinos	Precio por litro de leche vendido
Pecios por ciudades/estado	Precio medio de herbicidas, fungicidas, insecticidas y fertilizantes durante el año	Precio medio de herbicidas, fungicidas, insecticidas y fertilizantes durante el año		
Zonas agroecológicas	Proporción de tierra en bosque, pastizal, cultivo estacional o continuo o sin uso agrario	Proporción de tierra en bosque, pastizal, cultivo estacional o continuo o sin uso agrario	Proporción de tierra en bosque, pastizal, cultivo estacional o continuo o sin uso agrario	Proporción de tierra en bosque, pastizal, cultivo estacional o continuo o sin uso agrario
	Proporción de tierra apta en agricultura estacional o continua con labranza mecanizada, tracción animal o manual	Proporción de tierra apta en agricultura estacional o continua con labranza mecanizada, tracción animal o manual	Proporción de tierra apta en agricultura estacional o continua con labranza mecanizada, tracción animal o manual	Proporción de tierra apta en agricultura estacional o continua con labranza mecanizada, tracción animal o manual
	Requerimiento de riego acorde a tipo medio	Requerimiento de riego acorde a tipo medio	Requerimiento de riego acorde a tipo medio	Requerimiento de riego acorde a tipo medio
Condiciones climáticas	Medición de altitud, latitud y longitud	Medición de altitud, latitud y longitud	Medición de altitud, latitud y longitud	Medición de altitud, latitud y longitud
	Promedio mensual pluviométrico del período 2000-2020	Promedio mensual pluviométrico del período 2000-2020	Promedio mensual pluviométrico del período 2000-2020	Promedio mensual pluviométrico del período 2000-2020
Distancia-tiempo de traslado	Distancia y tiempo mínimo a localidades, aeropuertos, fronteras y puertos marítimos	Distancia y tiempo mínimo a localidades, aeropuertos, fronteras y puertos marítimos	Distancia y tiempo mínimo a localidades, aeropuertos, fronteras y puertos marítimos	Distancia y tiempo mínimo a localidades, aeropuertos, fronteras y puertos marítimos

Fuente: Elaboración de los autores.

CUADRO 9 Variables incluidas en la estimación de la ineficiencia y el error aleatorio

Producción de maíz blanco	Producción de caña de azúcar	Producción de bovinos	Producción de leche
Ineficiencia			
Organización: número de organizaciones a las que pertenece	**Organización:** número de organizaciones a las que pertenece	**Organización:** número de organizaciones a las que pertenece	**Organización:** número de organizaciones a las que pertenece
Propiedad y activos: número de instalaciones, tecnologías de la información, tipo de semilla utilizada, uso de estiércol y tipo de agua	**Propiedad y activos:** número de instalaciones, tecnologías de la información, tipo de semilla utilizada, uso de estiércol y tipo de agua	**Propiedad y activos:** número de instalaciones, tecnologías de la información, tipo de semilla utilizada, tipo de agua utilizada, manejo de terreno, número de instalaciones de uso bovino, tipo de res	**Propiedad y activos:** número de instalaciones, tecnologías de la información, tipo de semilla utilizada, tipo de agua, número de instalaciones de uso bovino
Maquinaria: número depreciado de tractores, número de máquinas y años promedio utilizadas	**Maquinaria:** número depreciado de tractores, número de máquinas y años promedio utilizadas	**Maquinaria:** número depreciado de tractores, número de máquinas y años promedio utilizadas	**Maquinaria:** número depreciado de tractores, número de máquinas y años promedio utilizadas
Manejo agrícola: superficie agrícola en cultivo, división de riego o en temporal y terrenos en distancia de riego	**Manejo agrícola:** superficie agrícola en cultivo, división de riego o en temporal, descanso, terrenos en distancia de riego, fuente de agua para riego y causa de pérdida de cosecha	**Manejo agrícola:** superficie agrícola en temporal y riego	**Manejo agrícola:** superficie agrícola en riego
Adopción de tecnologías: clasificador de sensores, asistencia técnica, pesticidas y fertilizantes	**Adopción de tecnologías:** clasificador de sensores, asistencia técnica, pesticidas y fertilizantes	**Adopción de tecnologías:** cuidado a desparasitar, pastoreo, tratamiento genético, asistencia técnica y uso de fuego	**Adopción de tecnologías:** cuidado a desparasitar, pastoreo, tratamiento genético, asistencia técnica y uso de fuego
Características del trabajador: número de trabajadores, sueldo recibido	**Características del trabajador:** número de trabajadores, sueldo recibido	**Características del trabajador:** número de trabajadores, sueldo recibido	**Características del trabajador:** número de trabajadores, sueldo recibido
Características del productor: sexo, edad, experiencia, capacidad de dialecto, tiempo dedicado y dependientes en la vivienda	**Características del productor:** sexo, edad, experiencia, capacidad de dialecto, tiempo dedicado y dependientes en la vivienda	**Características del productor:** sexo, edad, experiencia, etnia indígena, capacidad de dialecto, tiempo dedicado y dependientes en la vivienda	**Características del productor:** sexo, edad, experiencia, etnia indígena, tiempo dedicado y dependientes en la vivienda
Apoyos: beneficiario de programas sociales, tipo de programa de apoyo recibido y apoyo en adultos mayores	**Apoyos:** beneficiario de programas sociales, tipo de programa de apoyo recibido y apoyo en adultos mayores	**Apoyos:** beneficiario de programas sociales, tipo de programa de apoyo recibido y apoyo en adultos mayores	**Apoyos:** beneficiario de programas sociales, tipo de programa de apoyo recibido y apoyo en adultos mayores
Problemática: número de problemáticas a las que se enfrenta el productor	**Problemática:** número de problemáticas a las que se enfrenta el productor	**Problemática:** número de problemáticas a las que se enfrenta el productor	**Problemática:** número de problemáticas a las que se enfrenta el productor

CUADRO 9 (cont.) Variables incluidas en la estimación de la ineficiencia y el error aleatorio

Producción de maíz blanco	Producción de caña de azúcar	Producción de bovinos	Producción de leche
Financiamiento: importe de crédito aceptado	**Financiamiento:** importe de crédito aceptado	**Financiamiento:** importe de crédito aceptado	**Financiamiento:** importe de crédito aceptado
Corrupción: gasto gubernamental no autorizado y clasificador de corrupción gubernamental del 2015	**Corrupción:** gasto gubernamental no autorizado y clasificador de corrupción gubernamental del 2015	**Corrupción:** gasto gubernamental no autorizado y clasificador de corrupción gubernamental del 2015	**Corrupción:** gasto gubernamental no autorizado y clasificador de corrupción gubernamental del 2015
Accesibilidad: tipo de comprador	**Accesibilidad:** tipo de comprador	**Accesibilidad:** tipo de comprador	
Cuidado y preparación: certificados de producción agrícola, acciones contra el cambio ambiental	**Cuidado y preparación:** certificados de producción agrícola, acciones contra el cambio ambiental		
Error aleatorio			
Número de terrenos manejados	Número de terrenos manejados	Número de terrenos manejados	Número de terrenos manejados
Superficie del predio en m^2	Superficie del predio en m^2	Superficie del predio en m^2	Superficie del predio en m^2
Desviación estándar de las precipitaciones mensuales durante el período 2000-2020	Desviación estándar de las precipitaciones mensuales durante el período 2000-2020	Desviación estándar de las precipitaciones mensuales durante el período 2000-2020	Desviación estándar de las precipitaciones mensuales durante el período 2000-2020
		Número total de reses	Número total de reses

Fuente: Elaboración de los autores.

3.4 Variables nuevas en la estimación de la frontera

El objetivo principal de las entrevistas es validar los hallazgos del modelo tipológico, obtenidos a través de la metodología de la FAO, usando la estimación de la frontera productiva con los microdatos de la ENA de 2019. Los resultados se presentan a los expertos entrevistados y estos los validan o rechazan. De esta manera se retroalimenta el estudio de los subsectores y se consigue incorporar variables que no hayan sido tomadas en cuenta en las estimaciones de la frontera productiva. El Anexo 3 describe la metodología utilizada para llevar a cabo estas entrevistas y detalla los resultados obtenidos.

En términos generales, los expertos sugirieron nuevas variables para incluir en la estimación de la frontera eficiente: corrupción, precios de los insumos, tipo de tierra y requerimiento de riego y problemáticas principales. Las entrevistas a expertos en alimentación de la población vulnerable y en los subsectores analizados —caña de azúcar, maíz blanco, bovinos y leche— se realizaron de forma grupal e individual. Los resultados de las sesiones grupales evidenciaron un consenso generalizado en que los obstáculos a los que se enfrentan los productores son la falta de financiamiento, los precios bajos a que se compran sus productos, la ausencia de capacitación, la carencia de agua y la tenencia de la tierra.

Corrupción

Los expertos mencionaron esta variable constantemente como uno de los frenos a la inversión y productividad de las unidades. En el presente análisis se han utilizado datos municipales del trabajo de Ajzenman (2021) para determinar la corrupción gubernamental y el uso de fondos municipales analizados por auditorías. En ellos se incluyen variables que definen si el municipio contó con corrupción gubernamental y el monto promedio no autorizado en base al análisis de auditorías.

Precios de los insumos

Para determinar el impacto de los insumos en la productividad de los cultivos se han utilizado los datos del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM) sobre precios promedios del año 2019. Sobre la base de 29 ciudades y 61 productos distintos, se agrupó cada uno de ellos de acuerdo con el tipo de insumo que representan, resultando en un solo precio promedio estatal para cada producto: herbicidas, fungicidas, insecticidas y fertilizantes. En aquellos estados para los cuales no se dispone de precios, se ha optado por asignar los precios promedio de los estados colindantes, considerando en cualquier caso la distribución de los precios para controlar cualquier valor atípico.

Tipo de tierra y requerimiento de riego

Añadiendo variantes no observadas a las condiciones climáticas y geográficas de las unidades de producción, se han incluido datos proporcionales sobre el tipo de tierra agrícola (continua o estacional) y clasificación sobre el requerimiento de riego de acuerdo con proporciones altas, medias y bajas.

Problemáticas principales

Otra fuente que cubre las dificultades para mejorar la productividad es la sección de problemáticas principales de la ENA 2019. Con ello se incluyen respuestas de las unidades de producción sobre diferentes problemas: climáticos, biológicos, falta de asistencia técnica, comercialización a precios bajos o existencia de intermediarios, inseguridad, infraestructura o falta de organización, documentación e información del precio de mercado.

4 Resultados

MENSAJES CLAVE

- Los seis estados clasificados como prioritados por su alto potencial, alta pobreza, y eficiencia son Chiapas, Durango, Michoacán, San Luis Potosí, Veracruz y —como estado de contraste con volúmenes elevados de producción— Jalisco.
- Para la producción de caña de azúcar, la mayor parte de las zonas prioritarias para la inversión corresponden a microrregiones del golfo de México, así como algunas del Pacífico mexicano.
- En lo que respecta a la producción de maíz blanco, el sureste y centro sur de México son zonas prioritarias para la inversión.
- En cuanto a la producción de bovinos, las zonas prioritarias son las microrregiones colindantes al golfo de México, así como algunas situadas al noroeste del país. En lo que respecta a la producción de leche para la venta, se puede distinguir un número menor de microrregiones prioritarias.
- Al incluir la nueva variable de la corrupción, algunos estados — Chihuahua y Querétaro (leche) y Nayarit (bovinos)— dejan de ser prioritarios para la inversión. En el caso de la caña de azúcar y el maíz blanco, los estados son los mismos, aunque el número de municipios prioritarios cambia.

Las estimaciones de la tipología a nivel municipal se calcularon utilizando distintas variables hasta obtener resultados cuyas estimaciones ya no cambiaban, por lo que se eligió el modelo más parsimonioso[6]. Esta tipología se ha representado en cuatro mapas (Figuras 5, 6, 7 y 8), a fin de visualizar mejor las zonas prioritarias para cada subsector[7].

Las nuevas fronteras eficientes incluyen las nuevas variables, pero siguen compartiendo diversas variables comunes como las características sociodemográficas de los propietarios de la unidad de producción, los apoyos que reciben, el tipo de tenencia de la tierra, etc.

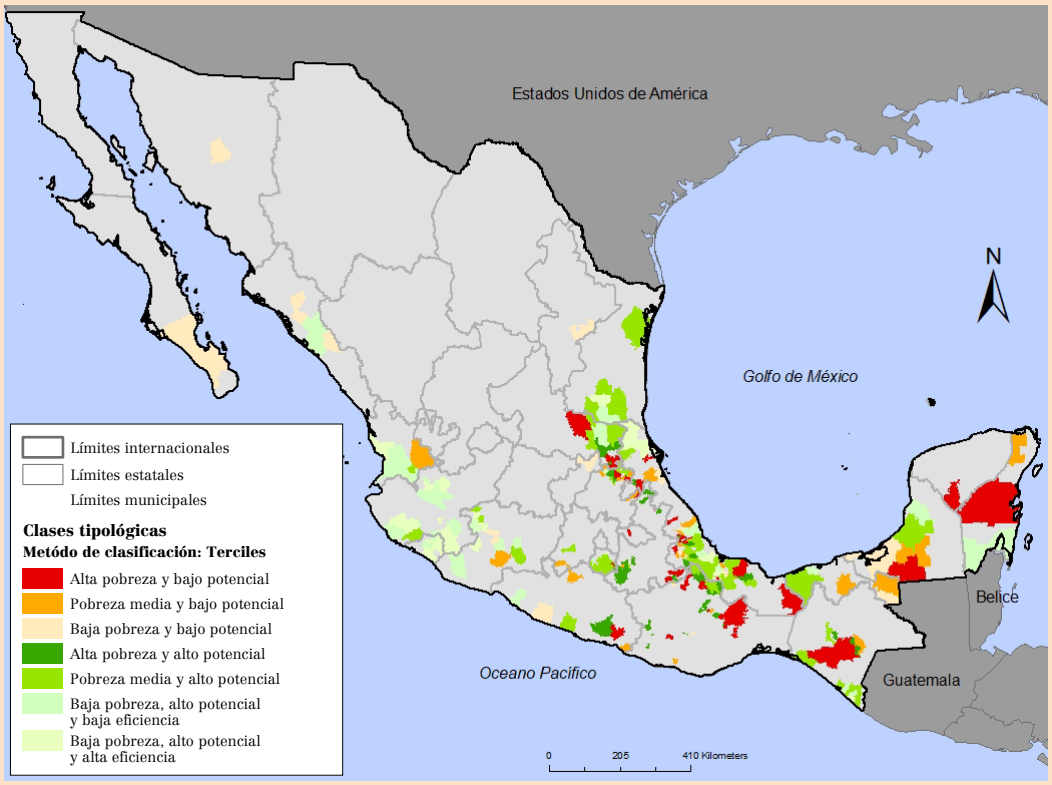
Las estimaciones se han realizado tanto presencial con vía remota, usando la ENA 2019 en el laboratorio de microdatos de Ciudad de México del INEGI. Si bien se pueden utilizar las bases de datos de los microdatos, los resultados obtenidos solamente se pueden exportar tras ser supervisados por el INEGI. Cabe señalar que también se pueden obtener algunas bases de datos agregados, aunque con limitaciones ya que no incluyen identificación alguna de las unidades de producción ni información sensible.

La tipología de microrregiones para la producción de caña de azúcar (Figura 5) muestra en color verde las zonas prioritarias para la inversión (alta pobreza, alto potencial, eficiencia media). Se observa que la mayoría corresponden a microrregiones del golfo de México, así como algunas del Pacífico mexicano.

[6] Los coeficientes de las variables seleccionadas para realizar la estimación tipológica —variables continuas, dicotómicas y categóricas— se pueden solicitar a los autores por escrito.

[7] Los mapas de eficiencia y potencial productivo para cada subsector se pueden solicitar a los autores por escrito.

FIGURA 5 **Tipología de microrregiones para la producción de caña de azúcar**



Fuente: INEGI. 2022. Mexico [Marco Geoestadístico]. Mexico, Instituto Nacional de Estadística y Geografía elaborado de los autores.

Resultados principales:

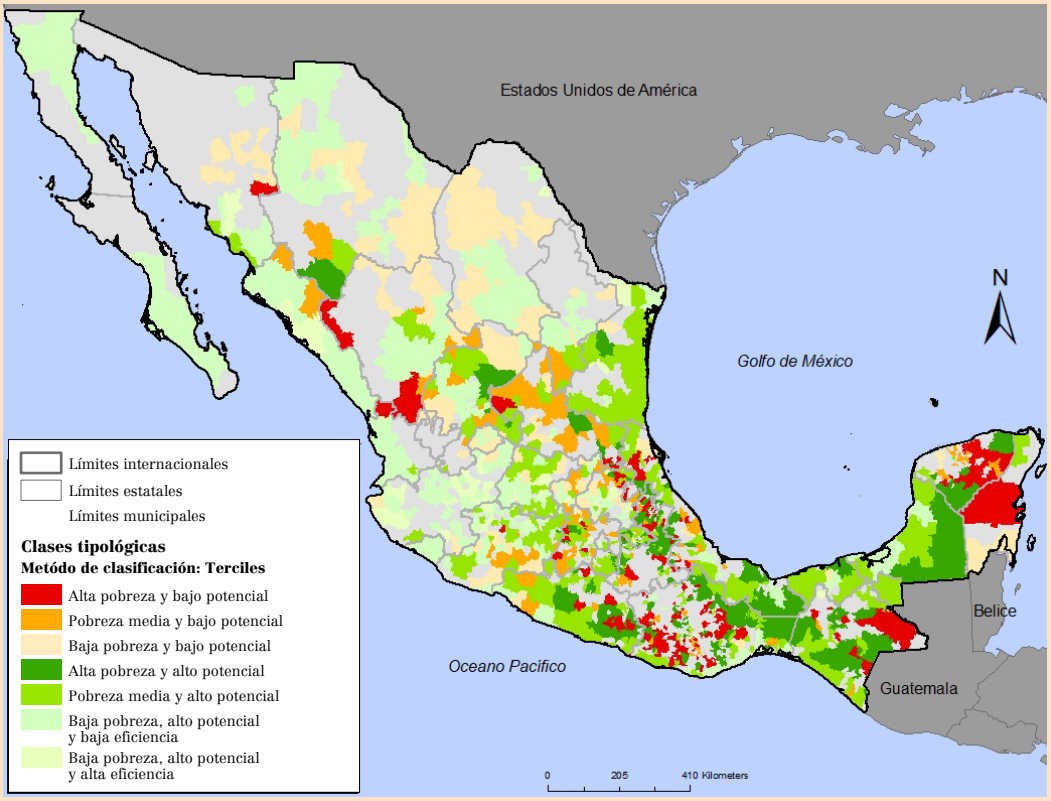
- Se observa una concentración espacial de municipios con alta pobreza y alto potencial, particularmente en los municipios colindantes al golfo de México pertenecientes a las entidades federativas de Tamaulipas y Veracruz.
- Si bien no se observan concentraciones de municipios con alta pobreza y bajo potencial, existen algunos dispersos al sur del país, en particular en los estados de Chiapas, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán.

Diferencias principales:

- Las diferencias entre la tipología derivada de la estimación de la frontera estocástica y la tipología resultante de la estimación con las variables adicionales son mínimas. Únicamente cabe señalar el caso del estado de Campeche que presenta una concentración de municipios bajo la tipología de pobreza media y bajo potencial como resultado de la estimación de la nueva frontera estocástica.

En el caso de la producción de maíz blanco, la Figura 6 muestra que las zonas prioritarias para la inversión se encuentran al este, al sureste y en el centro sur del país. Son zonas de alta pobreza, que además requieren inversión en capacitación para poder utilizar tecnologías más sostenibles, sistemas de regadío, siembra protegida y organizar a los productores con sus posibles compradores.

FIGURA 6 Tipología de microrregiones para la producción de maíz blanco



Fuente: INEGI. 2022. Mexico [Marco Geoestadístico]. Mexico, Instituto Nacional de Estadística y Geografía elaborado de los autores.

Resultados principales:

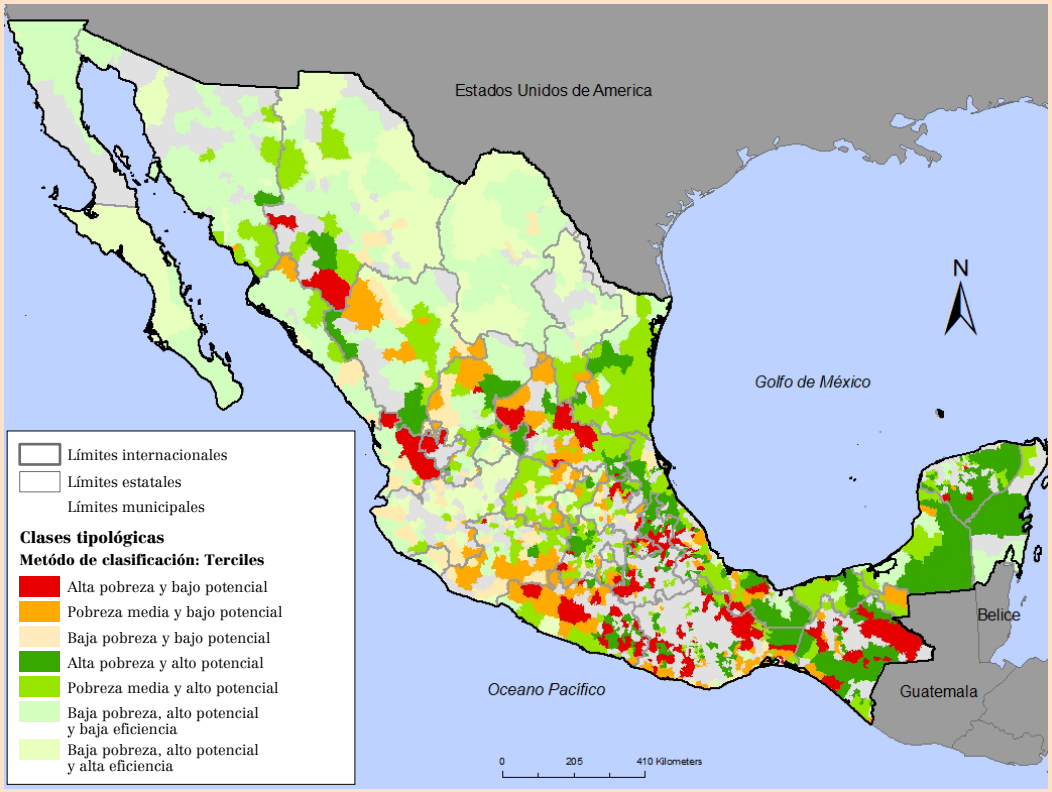
- Se observa una alta concentración espacial de municipios con alta pobreza y alto potencial en entidades federativas del sur del país, en especial en los estados de Campeche y Chiapas, así como al oeste, en los estados de Jalisco y Michoacán.
- Además, se aprecia una concentración de municipios de pobreza media y alto potencial, principalmente en los estados de Nayarit y Sinaloa.
- Si bien no se observan concentraciones de municipios con alta pobreza y bajo potencial, existen algunos dispersos al sur del país, en particular en los estados de Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo y Yucatán.

Diferencias principales:

- Las diferencias entre la tipología derivada de la estimación de la frontera estocástica y la tipología resultante de la estimación con las variables adicionales, sugeridas por los expertos entrevistados, son mínimas.

En el caso de la producción de bovinos, las zonas prioritarias se muestran en color verde en la Figura 7. Corresponden a microrregiones colindantes al golfo de México, así como algunas al noroeste del país. Tal y como se indicará más adelante, es necesario facilitar el acceso al crédito y proporcionar apoyo para la inversión en tecnología bovina (maquinaria, vacunas, desparasitación, refrigeración), así como precios justos para la venta de carne. El 80,6% de los productores no recibe apoyo de programas sociales. Solamente un 17,7% se beneficia del programa Precios de Garantía y apenas un 1,6% obtiene apoyo del programa Crédito Ganadero a la Palabra.

FIGURA 7 Tipología de microrregiones para la producción de bovinos



Fuente: INEGI. 2022. Mexico [Marco Geoestadístico]. Mexico, Instituto Nacional de Estadística y Geografía elaborado de los autores.

En lo que respecta a la leche, se observa un número menor de microrregiones prioritarias. Esto se debe a que el número de productores que venden leche es reducido: la mayoría la utilizan para autoconsumo. En el caso de la tipología mostrada en la Figura 8, únicamente corresponde a la producción de leche destinada a la venta.

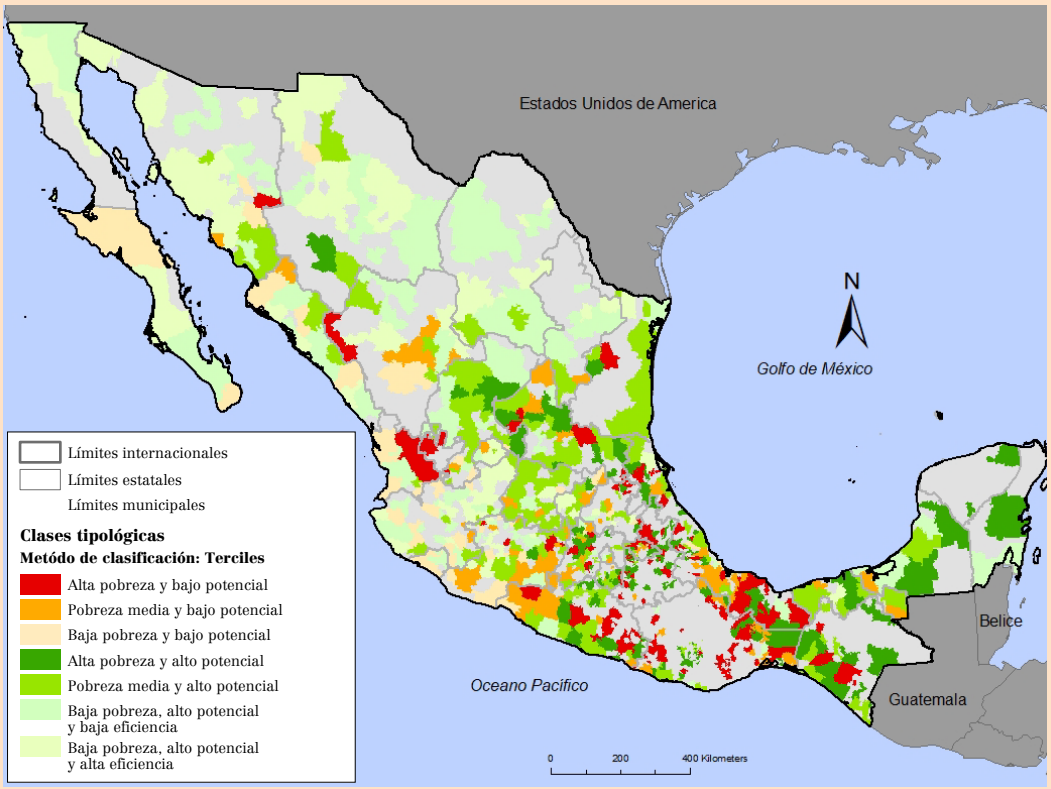
Resultados principales:

- Se observa una concentración espacial de municipios con alta pobreza y alto potencial particularmente en el estado de Chiapas.
- Si bien no se observan concentraciones de municipios de alta pobreza y bajo potencial, se identifican algunos dispersos, principalmente en los estados de Chihuahua, Durango, Guerrero y Michoacán.

Diferencias principales:

- Las diferencias entre la tipología derivada de la estimación de la frontera estocástica y la tipología resultante de la estimación con las variables adicionales son mínimas.

FIGURA 8 **Tipología de microrregiones para la producción de leche destinada a la venta**



Fuente: INEGI. 2022. Mexico [Marco Geoestadístico]. Mexico, Instituto Nacional de Estadística y Geografía elaborado de los autores.

Con el fin de detallar los resultados de manera más eficiente, el Cuadro 10 enumera los estados con municipios prioritarios para la inversión (es decir, con alta pobreza, alto potencial, y eficiencia media). En rosa aparecen subrayados aquellos estados con volúmenes elevados de producción.

Resultados principales:

- Destaca la concentración espacial de municipios con alta pobreza y alto potencial en el estado sur de Chiapas, seguido de municipios dispersos en los estados de México, Morelos, Puebla y Oaxaca.
- Además, se aprecia una concentración de municipios de pobreza media y alto potencial en una zona geográfica conocida como la comarca lagunera, conformada por municipios colindantes entre las entidades federativas de Coahuila y Durango.
- Si bien no se observan concentraciones de municipios de alta pobreza y bajo potencial, existen algunos dispersos, particularmente localizados en la región sureste del país, en los estados de Campeche, Tabasco y Veracruz.

Diferencias principales:

- Contrastando la tipología resultante de la estimación de la frontera estocástica con las variables originales y la estimación de la frontera con las variables adicionales previamente mencionadas, se observa una reducción en el número de municipios identificados en un principio con alta pobreza y bajo potencial.

En resumen, las zonas prioritarias para la inversión coincidieron antes y después de considerar las variables resultantes de las entrevistas. Se encuentran resumidas en el Cuadro 10.

CUADRO 10 Estados con municipios de prioridad alta para la inversión

Bovinos	Leche	Cazúcar	Maíz
Campeche	Campeche		Campeche
Chiapas	Chiapas	Chiapas	Chiapas
Chihuahua			Chihuahua
Durango			
Guerrero	Guerrero	Guerrero	Guerrero
Hidalgo	Hidalgo	Hidalgo	Hidalgo
Jalisco			
Michoacán de Ocampo	Michoacán de Ocampo		Michoacán de Ocampo
Morelos	Morelos	Morelos	Morelos
México	México		México
Nayarit	Nayarit		
Oaxaca	Oaxaca	Oaxaca	Oaxaca
Puebla	Puebla	Puebla	Puebla
Querétaro			
Quintana Roo	Quintana Roo		
San Luis Potosí	San Luis Potosí	San Luis Potosí	San Luis Potosí
Sonora			
Tabasco	Tabasco		Tabasco
Tamaulipas	Tamaulipas		Tamaulipas
Tlaxcala	Tlaxcala		Tlaxcala
Veracruz de Ignacio de la Llave	Veracruz de Ignacio de la Llave	Veracruz de Ignacio de la Llave	Veracruz de Ignacio de la Llave
Yucatán	Yucatán		Yucatán
Zacatecas	Zacatecas		Zacatecas

Nota: Los estados con volúmenes elevados de producción figuran subrayados en rosa.

Fuente: Elaboración de los autores con datos de INEGI. 2020. Encuesta Nacional Agropecuaria 2019. En: *INEGI*. Aguascalientes, Mexico. [Consultado el 2 de agosto de 2022]. www.inegi.org.mx/programas/ena/2019

5 Recomendaciones de política pública

MENSAJES CLAVE

- Las recomendaciones de este informe están dirigidas a los cuatro subsectores agropecuarios analizados: caña de azúcar, maíz blanco, leche y bovinos.
- Para zonas con alta pobreza y bajo potencial se recomiendan paquetes de ayuda e intervenciones en materia de capacitación y tenencia de la tierra.
- Para zonas con alta/media/baja pobreza, alto potencial y baja eficiencia se recomiendan intervenciones en materia de costes, precios, acceso al crédito, organización, tecnificación y capacitación.
- Para zonas con baja pobreza, alto potencial y alta eficiencia se recomiendan intervenciones en materia de exportación, certificación y producción orgánica, inclusión financiera y mercados innovadores.

Las recomendaciones del presente análisis están dirigidas a cuatro subsectores agropecuarios de México —caña de azúcar, maíz blanco, bovinos y leche— que se seleccionaron entre los diez más importantes para reducir la pobreza rural en México. Muchas de estas recomendaciones han surgido de la lectura de una de las referencias bibliográficas (Maruyama *et al.*, 2018) y de las entrevistas con expertos del sector privado, de agentes de Institutos Oficiales y del mundo académico.

- Existen varios obstáculos para mejorar la eficiencia productiva. Entre ellos, la ausencia de una banca rural; las condiciones crediticias actuales, con tipos elevados de interés; o la elevada burocracia, que desincentiva la solicitud de apoyo gubernamental. En el caso concreto de la caña de azúcar, la escasa biodiversificación de los productos derivados y la fijación de los precios en el mercado internacional impiden aumentar la producción; esta se puede incrementar si la caña de azúcar se emplear para obtener derivados como etanol, biocombustibles y fertilizantes. Otros problemas graves son los bajos precios pagados por los intermediarios, el aumento de la inseguridad y la violencia por la presencia de grupos armados, la falta de caminos que conecten las unidades de producción con los mercados y la escasa utilización del riego tecnificado, en particular en el sur del país, donde abunda el agua, pero no hay infraestructura para almacenarla y dispensarla con medida.
- Los apoyos necesarios para aumentar el potencial y la eficiencia son la capacitación técnica a los productores jóvenes, la inversión en riego tecnificado, la diversificación de los productos de la caña de azúcar, el aprovechamiento de los avances científicos para la siembra de maíz, la certidumbre para la venta de las cosechas y el apoyo con las coberturas de los seguros agrícolas.
- Entre los riesgos identificados se incluyen la falta de tenencia de la tierra para las mujeres, la ausencia de inversión en sistemas de regadío y el abandono del campo y la migración de hijos jóvenes de agricultores a zonas urbanas debido a la falta de incentivos.

Estas recomendaciones se pueden desglosar de acuerdo con la tipología estimada. Se resumen en el Cuadro 11 que se incluye a continuación.

CUADRO 11 Tipología y ejemplos de intervenciones para México

Tipología	Ejemplos de intervenciones según entrevistas y FODA
Alta pobreza y bajo potencial	**Paquete de ayudas:** Incremento de las inversiones a corto, mediano y largo plazo en agricultura, como la financiación de actividades de I+D para generar cambios tecnológicos e inversiones importantes en infraestructura. **Capacitación:** Programas urgentes de asistencia focalizada a corto plazo, como transferencias de efectivo condicionadas que incentiven las inversiones en capital humano. **Tenencia de la tierra:** Títulos de propiedad de la tierra que permitan invertir y tener garantías o avales, sobre todo para campesinas y ganaderas.
Alta pobreza, alto potencial y baja eficiencia	**Costes:** Reducción de los costes de acceso a los mercados mediante la mejora de carreteras, alumbrado, transporte y seguridad. **Precios:** Sistema de información de precios de insumos como plaguicidas, herbicidas, vacunas, desparasitación y tecnologías de bovinos. **Crédito:** Instrumentos financieros inclusivos y sin burocracia para permitir inversiones en la producción, créditos para capital de trabajo y seguros para mitigar el riesgo de pérdida de cosechas por el cambio climático. **Organización:** Fortalecimiento de las instituciones de integración horizontal y vertical que brinden poder de mercado a los pequeños productores y que garanticen su seguridad social y la venta de sus productos a precios competitivos. **Tecnificación:** Inversiones en infraestructura productiva de mediana y pequeña escala, tales como proyectos de riego y proyectos de gestión de tierras. **Capacitación:** Conocimiento del negocio agropecuario para evitar que las nuevas generaciones abandonen el campo.
Pobreza media, alto potencial y baja eficiencia	
Baja pobreza, alto potencial y baja eficiencia	
Baja pobreza, alto potencial y alta eficiencia	**Exportaciones:** Orientación a mercados de exportación, leyes que avalen precios competitivos y diversificación de la gama de productos (p. ej. Bioetanol). **Certificación** y producción orgánica para obtener mayores ingresos de la producción agrícola. **Inclusión financiera** para permitir mayores rendimientos sobre los ahorros en las ganancias, facilitar el acceso al crédito para comprar tierras adicionales y expandir negocios agrícolas y no agrícolas. **Mercados innovadores** que no sólo se basen en centrales de abastos, si no que acerquen la experiencia *gourmet* para compradores de productos agrícolas de alto potencial.

Fuente: Elaboración de los autores con base en Maruyama, E., Torero, M., Scollard, P., Elias, M., Mulangu, F. y Seck, A. 2018. *Frontier analysis and agricultural typologies.* ZEF-Discussion Papers on Development Policy, No. 251. https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3156944 y en las entrevistas a expertos.

6 Conclusiones

Los resultados muestran que hay cinco estados que contienen municipios catalogados como prioritarios: Chiapas, Durango, Michoacán, San Luis Potosí y Veracruz. Las entrevistas realizadas con expertos en los cuatro subsectores analizados —caña de azúcar, maíz blanco, bovinos y leche— y en alimentación de la población vulnerable validaron los resultados obtenidos. Adicionalmente, las entrevistas han proporcionado información de variables adicionales que se deben considerar: corrupción, inseguridad, programas de apoyo, precios de los insumos, acceso al crédito y capacitación, entre otras. La reestimación de las fronteras con la inclusión de estas nuevas variables dio lugar a hallazgos similares.

La tipología de microrregiones de México identificada para los cuatro subsectores analizados permite a actores del sector agropecuario, diseñar planes de inversión pública con el mayor impacto socioeconómico posible. Se han identificado regiones en las que la inversión pública resulta prioritaria. Incluyen zonas de bajo potencial y alta pobreza. Estas requieren una fuente inversión a largo plazo en infraestructuras, capacitación y programas sociales, a modo de paquete de ayudas.

En contraste, existen otras regiones que no son prioritarias, pero tienen alto potencial y niveles medios de pobreza. Requieren ser expuestas a mercados internacionales por su competitividad y también necesitan inversión financiera e innovación en la comercialización de sus productos.

Las zonas prioritarias requieren inversiones a corto, mediano y largo plazo que ayuden a los productores con programas en distintas etapas de necesidad. Entre ellas, en investigación, desarrollo y comercialización de tecnologías que ayuden a mejorar el riego; en carreteras que permitan comunicar a los productores con los mercados de forma directa y eviten la necesidad de recurrir a intermediarios; y en la mejora del sistema de precios para hacerlo más transparente y oportuno. Adicionalmente, es necesario capacitar a las nuevas generaciones que están abandonando el campo, ampliar la tenencia de la tierra para hombres y mujeres, fortalecer la organización de los agricultores —dispersos y sin poder de negociación para pedir créditos, préstamos o precios justos—, invertir en beneficio de los productores y establecer con urgencia una banca de desarrollo rural competitiva e innovadora.

Bibliografía

Ajzenman, N. 2021. The Power of Example: Corruption Spurs Corruption. *American Economic Journal: Applied Economics*, 13(2): 230-257. https://doi.org/10.1257/app.20180612

Burchinal, L.G. y Siff, H. 1964. Rural Poverty. *Journal of Marriage and Family*, 26(4): 399-405. https://doi.org/10.2307/349343

CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). 2021a. *Metodología para la medición de la pobreza en los municipios de México, 2020*. www.coneval.org.mx/Medicion/Documents/Pobreza_municipal/2020/Metodologia_pobreza_municipal_2020.pdf

CONEVAL. 2021b. *Anexo estadístico de pobreza en México (2016-2020).* www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/MMP_2018_2020/AE_nacional_estatal_2016_2020.zip

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2019. *Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024.* Mexico City, Gobierno de México. [Consultado el 2 de agosto de 2022]. www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019

DOF. 2020. *Programa Sectorial de Agricultura y Desarrollo Rural 2020-2024.* Mexico City, Gobierno de México. [Consultado el 2 de agosto de 2022]. www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5595549&fecha=25/06/2020

DOF. 2021. Programa *Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2021-2024.* Mexico City, Gobierno de México. [Consultado el 2 de agosto de 2022]. www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5639624&fecha=29/12/2021

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2012. *Mapa de uso potencial de suelo 2012 (en formato shapefile).* Aguascalientes, Mexico. [Consultado el 2 de agosto de 2022]. www.inegi.org.mx/temas/usopsuelo

INEGI. 2016. *Diccionario de datos de uso potencial de la tierra: escala 1:250 000: versión 2.* Aguascalientes, Mexico. [Consultado el 2 de agosto de 2022]. www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825224004

INEGI. 2018. *Mapa de uso de suelo y vegetación 2018 (en formato shapefile).* Aguascalientes, Mexico. [Consultado el 2 de agosto de 2022]. www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/#Mapa

INEGI y SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2020. *Nota Técnica Encuesta Nacional Agropecuaria 2019.* www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/ENA/Ena2019.pdf

Maruyama, E., Torero, M., Scollard, P., Elias, M., Mulangu, F. y Seck, A. 2018. *Frontier analysis and agricultural typologies.* ZEF-Discussion Papers on Development Policy, No. 251. https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3156944

Sánchez, M.V., Cicowiez, M. y Ortega, A. 2021. *Inversión pública productiva en la agricultura para la recuperación económica con bienestar rural: un análisis de escenarios prospectivos para México.* Economía del desarrollo agrícola de la FAO – Estudio técnico 11. Roma, FAO. https://doi.org/10.4060/cb4562es

Sánchez, M. V., Cicowiez, M. y Ortega, A. 2022. Prioritizing public investment in agriculture for post-COVID-19 recovery: A sectoral ranking for Mexico. *Food Policy*, 109, 102251. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2022.102251

SHCP (Secretaría de Hacienda y Crédito Público). 2022. *Plan Anual de Financiamiento 2022*. [Consultado el 2 de agosto de 2022]. www.finanzaspublicas.hacienda.gob.mx/work/models/Finanzas_Publicas/docs/paquete_economico/paf/paf_2022.pdf

Anexos

Anexo 1. Modelo econométrico

En el caso de México, se ha seguido el modelo de acuerdo con la metodología de la FAO, adecuando la programación que aporta para la estimación de la frontera productiva que define el potencial y la eficiencia agropecuarias usando los ingresos brutos del productor. Las variables utilizadas se han definido en los Cuadros 8 y 9 utilizando datos de la ENA 2019 a nivel de productor. Por tanto, se dispone de información sobre precios de venta, cantidad vendida, características socioeconómicas del productor y sus trabajadores, tecnología utilizada, apoyos gubernamentales y privados, entre otras variables incluidas en los cuadros mencionados.

La función frontera estocástica de ingresos por ventas se define como:

$$y_i = f(p_i;\beta)\ exp(v_i\text{-}u_i) \tag{1}$$

donde:

y_i representa los ingresos por ventas para el productor i,

$f(p_i;\beta)$ es una función de precios de productos p_i y parámetros β,

v_i es un error aleatorio con media cero, asociado con factores aleatorios que no están bajo el control del productor, y

u_i es una variable aleatoria no negativa asociada a factores que impiden que el productor sea eficiente.

Se consideran factores de las zonas geográficas como precipitaciones, altitud, latitud o tipo de suelo. Estas variables se introducen en la porción determinista de la frontera, de modo que la ecuación (1) se convierte en:

$$y_i = f(p_i,\ ZAE_i, CC_i;\beta)\ exp(v_i\text{-}u_i) \tag{2}$$

Suponiendo una función de producción Cobb-Douglas, la función de frontera de ingresos brutos normalizada estimada mediante máxima verosimilitud es:

$$\ln\left(\frac{y_i}{p}\right) = \delta_o + \Sigma_n\delta_n\left(\frac{p_n}{p}\right) + \Sigma_q\delta_q ZAE_q + \Sigma_q\delta_q CC_q + v_i - u_i \tag{3}$$

donde:

$\frac{y_i}{p}$ son los ingresos brutos normalizados,

δ_o es una constante,

$\frac{p_n}{p}$ son los precios unitarios normalizados de los productos,

ZAE_q es la proporción de tierra en una unidad administrativa determinada cubierta por un uso de la tierra determinado,

CC_q es una variable que captura las condiciones climáticas a largo plazo,

u_i es el término de ineficiencia, y

v_i es el error idiosincrático.

Siguiendo la metodología propuesta por Maruyama *et al.* (2018) el modelo descrito en la ecuación (3) se estima utilizando únicamente la submuestra de agricultores que participan en el mercado. Se estiman fronteras separadas para cada subsector analizado: caña de azúcar, maíz blanco, bovinos y leche. Asimismo, se utiliza la transformación de seno hiperbólico inverso a la variable dependiente en lugar del logaritmo natural, con objeto de evitar distorsiones en valores cercanos a 0 (el logaritmo natural de 0 es indefinido).

De igual forma, se ha mantenido el marco de referencia para las variables incluidas en los componentes u_i y v_i. Por un lado, en el componente u_i es recomendable incluir factores determinantes que se espera afecten la distancia a la frontera de un hogar determinado. Por lo general, se incluye la accesibilidad al mercado, la propiedad de equipos agrícolas, la disponibilidad de mano de obra (representada por el tamaño del hogar), una variable climática que capture las condiciones a corto plazo, la adopción de tecnologías o el acceso a programas de extensión e información sobre la edad, la educación y el género del productor. Por otro lado, en el componente v_i se deben incluir variables que capturen el tamaño de la finca para dar cuenta de la heterocedasticidad (p. ej. Superficie sembrada, número total de animales o área total del predio).

Anexo 2. Mapas de variables climáticas y geográficas

En la Figura A1 se observa que el sureste del país es la región que acumula mayor volumen de precipitaciones, seguida del oeste y el centro. Las regiones más desérticas son la altiplanicie mexicana y gran parte de los estados que comparten el mar de Cortés.

Por otra parte, también se observa que las zonas con una mayor desviación estándar de largo plazo están muy correlacionadas con la cantidad de precipitaciones acumuladas en las regiones. Es por ello que ambos mapas resultan muy similares. Las únicas diferencias que se pueden destacar son los niveles de variación en Coahuila y Zacatecas, poco significativos en cualquier caso ya que las precipitaciones medias son reducidas. Finalmente, se aprecia como algunas zonas de Quintana Roo pueden llegar a ser muy variables.

En la Figura A2 se observa que las zonas no aptas para la agricultura se encuentran en su mayoría en cadenas montañosas, en particular en las Sierras Madre Oriental, Occidental y Sur, así como en la Sierra Californiana. Además, estas zonas tienen más presencia en las zonas áridas del país.

Por otra parte, es notorio como todo el litoral del golfo de México y la península de Yucatán albergan una gran cantidad de suelos con potencial agrícola. Algo similar sucede en El Bajío, aunque en menor medida.

FIGURA A1 Precipitación a nivel nacional

A. PROMEDIO HISTÓRICO DIARIO (2000-2010)

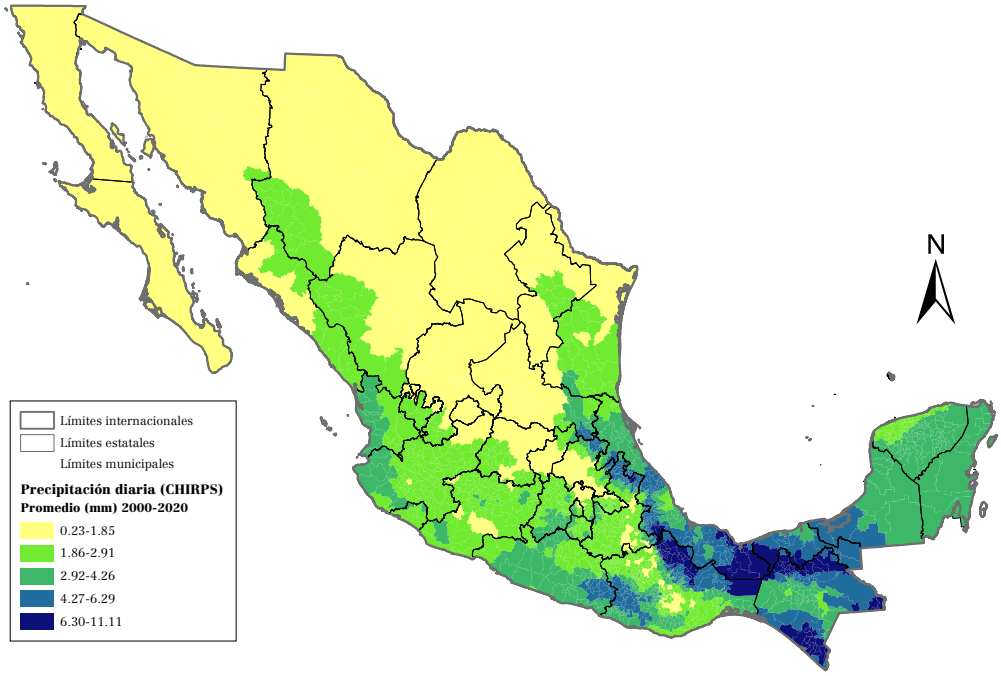
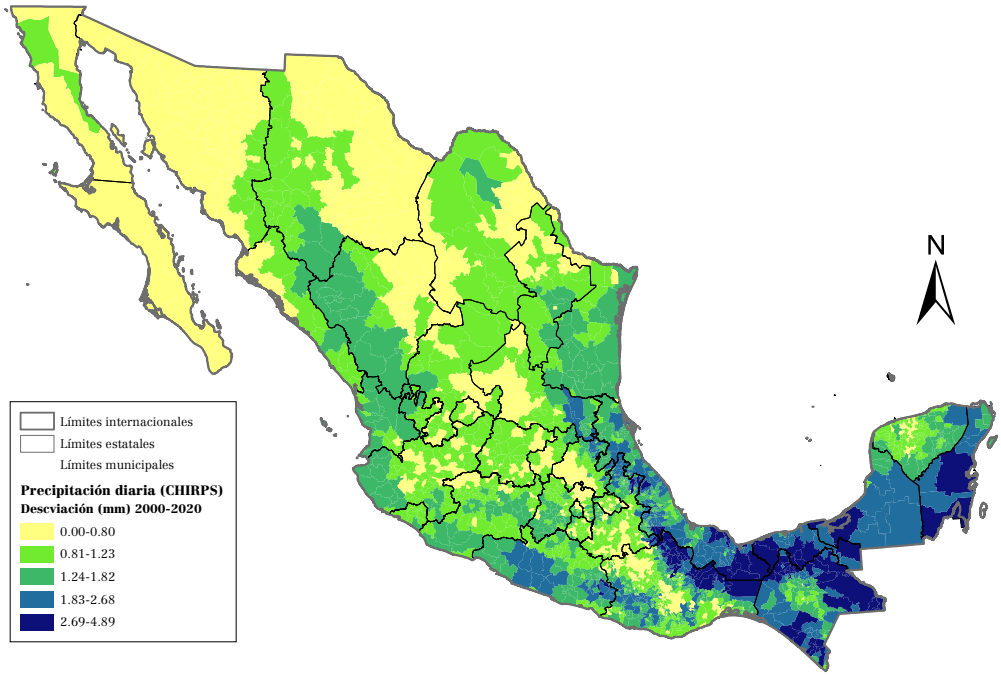


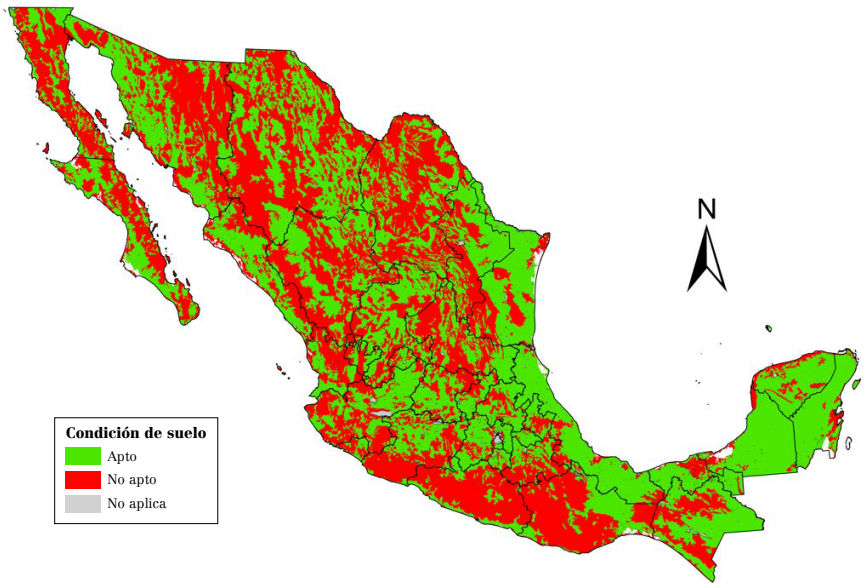
FIGURA A1 (cont.) Precipitación a nivel nacional

B. DESVIACIÓN DE LARGO PLAZO



Fuente: Elaboración de los autores con datos del Climate Hazards Center. 2023. *CHIRPS: Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satellite Observations*. Santa Barbara, USA. [Consultado el 2 de agosto de 2022]. www.chc.ucsb.edu/data/chirps; INEGI. 2022. Mexico [Marco Geoestadístico]. Mexico, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

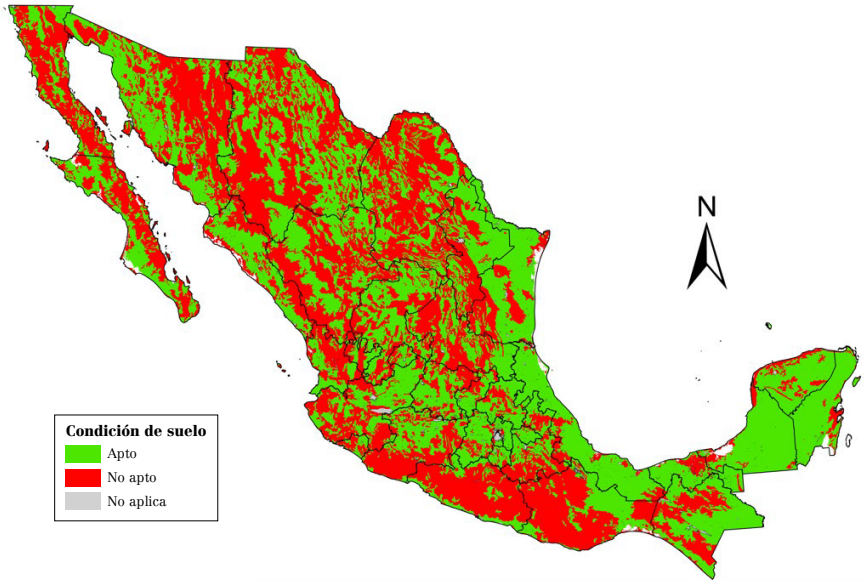
FIGURA A2 Tierras con potencial agrícola en México



Fuente: Elaboración de los autores con datos del Climate Hazards Center. 2023. *CHIRPS: Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satellite Observations*. Santa Barbara, USA. [Consultado el 2 de agosto de 2022]. www.chc.ucsb.edu/data/chirps; INEGI. 2022. Mexico [Marco Geoestadístico]. Mexico, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

En la Figura A3 destaca la fuerte presencia de tierras aptas para actividades pecuarias a lo largo del país, con las excepciones de sistemas montañosos como la Sierra Madre Occidental, la Sierra de Chiapas y de Baja California Sur. Se aprecian además otras zonas aisladas no aptas para actividades pecuarias como en Oaxaca, Guerrero, Tabasco, el delta del río Colorado y pequeñas áreas a lo largo de la Sierra Madre Oriental.

FIGURA A3 Tierras con potencial pecuario en México



Fuente: Elaboración de los autores con datos del Climate Hazards Center. 2023. *CHIRPS: Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satellite Observations*. Santa Barbara, USA. [Consultado el 2 de agosto de 2022]. www.chc.ucsb.edu/data/chirps; INEGI. 2022. Mexico [Marco Geoestadístico]. Mexico, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Anexo 3. Entrevistas a expertos

Las entrevistas a expertos en alimentación de la población vulnerable y en los subsectores analizados —caña de azúcar, maíz blanco, bovino y leche— se llevaron a cabo en el mes de junio de 2022 y se realizaron de forma grupal e individual. Se realizaron dos sesiones grupales: una con los miembros del grupo de Hambre Cero-Pacto Global, otra con los miembros de Cadenas Productiva-Red ODS. Por otra parte, las entrevistas individuales se llevaron a cabo con expertos que pertenecían a alguna entidad federativa seleccionada como prioritaria según la tipología de la FAO, o con expertos que ocupan un cargo directivo en organizaciones relacionadas con los subsectores estudiados, como el Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la Asociación Nacional de Usuarios de Riego (ANUR), el Banco de Alimentos de México (BAMX) y la Universidad Veracruzana.

La dinámica de participación fue a través de la plataforma Zoom. En las sesiones individuales se presentaron a los participantes los hallazgos tipológicos. Posteriormente se les formularon dos preguntas en la sesión grupal, usando la aplicación de Menti.com:

1. ¿Qué obstáculos ven en la producción?
2. ¿Qué factores promoverían el potencial de los productores?

Si bien los grupos estuvieron formados por 6 y 20 participantes, únicamente contestaron 4 y 7 participantes respectivamente.

En las entrevistas individuales, se formularon las siguientes preguntas en un periodo de unos 30-35 minutos:

1. De acuerdo con la presentación realizada, ¿considera apropiado (válido) el ejercicio de selección de las variables incluidas en el modelo econométrico? Nota: las variables fueron seleccionadas en función de la disponibilidad de información en la ENA y la bibliografía de este tipo de modelos, que se han probado ya en países como Ecuador y Costa Rica.
2. De acuerdo con la presentación realizada, ¿considera apropiada (válida) la identificación de áreas geográficas identificadas en el(los) mapa(s) de acuerdo con el tipo de producto/cultivo señalado?
3. Dada su experiencia, ¿considera que hay factores de riesgo que no se han incluido en el análisis?
4. Si la respuesta anterior es afirmativa, ¿cuál(es) serían esos factores de riesgo y por qué?
5. Además de los factores de riesgo, a su juicio de experto(a), ¿existen algunos otros factores o variables que podrían ser un obstáculo para la inversión en estos productos/cultivos agrícolas?
6. ¿Considera que existen otras variables no incluidas en el ejercicio empírico que son difíciles de medir y que pueden tener influencia en la productividad agrícola? Si su respuesta es afirmativa, ¿cuál(es) serían?
7. De acuerdo con su juicio de experto(a), ¿identifica otras áreas con alto potencial para cada cultivo y/o producto? Si su respuesta es afirmativa, ¿qué área(s) geográfica(s) sería(n)?
8. ¿De acuerdo con su juicio de experto(a), qué escenario vislumbra en los próximos 10 años si todo sigue igual?
9. Comentarios adicionales
10. ¿Puede sugerirnos a un experto(a) que pueda contribuir a este proyecto con sus comentarios?

Los resultados de las sesiones grupales evidencian un consenso generalizado en que los obstáculos a los que se enfrentan los productores son la falta de financiamiento, los precios bajos a que se compran sus productos, la ausencia de capacitación, la carencia de agua y la tenencia de la tierra. Por otra parte, los expertos están de acuerdo en que los apoyos necesarios para promover el campo están relacionados con el valor añadido del producto y una mejora del subsector. Asimismo, se mencionaron la cooperación, la asistencia técnica y las escuelas de campo como medidas para fomentar la producción.

En cuanto a las entrevistas individuales se pudieron recopilar una amplia variedad de opiniones y perspectivas que contribuyen a que esta investigación sea lo más relevante y apegada a la realidad posible. Debido a que cada experto compartió sus puntos de vista de acuerdo con su experiencia en algún estado o subsector específico, se elaboró una matriz que resume los criterios. Se comenzó por una matriz extendida. Después se elaboró un resumen de los principales puntos para poder detectar las variables (medibles, existentes y oficiales) de la frontera productiva. Finalmente, se elaboró una matriz de resumen más versátil para que el lector pueda consultar rápidamente los factores que obstaculizan la producción, las áreas de riesgo, las oportunidades y amenazas[8].

Todos los expertos estuvieron de acuerdo con las zonas geográficas identificadas como prioritarias. Sus puntos de vista se resumen en la Figura A4. De este se desprende que en la siguiente investigación se estimará la frontera productiva con la incorporación de variables adicionales: organización a la que pertenecen los empresarios, ya que hasta ahora solamente se describe si están organizados o no; organización de la que se reciben los créditos, ya que hasta ahora solamente se especifica el importe del crédito; precios de los fertilizantes; precios de otros insumos de producción; inseguridad de la zona; y necesidad de riego, ya que hasta ahora solo se incluyen las precipitaciones diarias.

Existen varios obstáculos para mejorar la eficiencia productiva. Entre ellos, la ausencia de una banca rural; las condiciones crediticias actuales, con tipos elevados de interés; o la elevada burocracia, que desincentiva la solicitud de apoyo gubernamental. En el caso concreto de la caña de azúcar, la escasa biodiversificación de los productos derivados y la fijación de los precios en el mercado internacional impiden aumentar la producción; esta se puede incrementar si la caña de azúcar se emplear para obtener derivados como etanol, biocombustibles y fertilizantes. Otros problemas graves son los bajos precios pagados por los intermediarios, el aumento de la inseguridad y la violencia por la presencia de grupos armados, la falta de caminos que conecten las unidades de producción con los mercados y la escasa utilización del riego tecnificado.

Los apoyos necesarios para aumentar el potencial y la eficiencia son la capacitación técnica a los productores jóvenes, la inversión en riego tecnificado, la diversificación de los productos de la caña de azúcar, el aprovechamiento de los avances científicos para la siembra de maíz, la certidumbre para la venta de las cosechas y el apoyo con las coberturas de los seguros agrícolas.

Entre los riesgos identificados se incluyen la falta de tenencia de la tierra para las mujeres, la ausencia de inversión en sistemas de regadío y el abandono del campo y la migración de hijos jóvenes de agricultores a zonas urbanas debido a la falta de incentivos.

[8] Las matrices se pueden solicitar a los autores por escrito.

FIGURA A4 Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas según las opiniones de los expertos

FORTALEZAS

- Fertilidad del suelo en Jalisco y Chiapas
- Considerar la Ley de Desarrollo Sustentable como fuente de estabilidad dentro del mercado cañero
- Los trabajadores de la caña de azúcar sí tienen seguridad social
- Niveles freáticos de algunos estados
- Excelentes niveles de precipitación en algunos estados
- Predisposición de los agricultores a utilizar aguas tratadas para riego
- Alto potencial en frutas y verduras
- Sacar adelante la no autosuficiencia del maíz
- Predisposición a la transferencia de tecnologías
- Biodiversificación de usos de la caña de azúcar dado el gran número de derivados
- Reducción de cantidad de agroquímicos
- México tiene la capacidad y el conocimiento para realizar la infraestructura agrícola, solo le falta inversión
- Uso de residuos de cultivos como alimento de bovinos
- Mayor uso de tecnología, abonos, variedades y cultivos intercalados
- Tomar en cuenta que mercado del azúcar está regulado y protegido por aranceles
- Cualquier inversión debe tomar en cuenta la Ley de Desarrollo Sustentable
- Información de tecnificación presente en Asociación Nacional de Usuarios de Riego ANUR para su uso
- Necesidad de ser más eficientes con el manejo de agua agrícola para poder liberar

OPORTUNIDADES

- Capacitar a las nuevas generaciones para hacerles atractiva la vida del campo
- Seguros agrícolas con coberturas de cosechas
- Comercialización de los productos en un ambiente más seguro para las familias
- Ayudar a organizarse para trabajar juntos
- Seguimiento de investigación de mejores insumos productivos (semilla mejorada)
- Empresas que aportan la semilla a los minifundios
- Invertir en infraestructura de drenes
- La presencia de empresas que pagan precio justo debilita la influencia de intermediarios que pagan barato
- Difusión de información de inversión y capacitación
- Diversificar los productos de caña de azúcar
- Oportunidad de potenciar cualquier producto en mente
- Existencia de instituto que promueva tecnologías del campo
- Orientación de la caña de azúcar hacia la biorrefinería y la producción de energía
- Importante hacer a las mujeres terratenientes porque ellas invierten en la tierra
- El futuro del maíz en Michoacán dependerá del precio
- Se tiene que explotar las zonas productivas con buena infraestructura
- Necesidad de hacer inclusivos los sistemas agroalimentarios
- Necesidad de abordar la seguridad alimentaria (ganadería)
- Necesidad de asesoría, tecnología y métodos educativos para cambiar comportamientos
- Empresas que provean insumos y a la vez compren cultivos darán un gran impulso (ejemplo: Driscoll's)
- Usar este proyecto como instrumento para aminorar problemas económicos de productores
- Expandir la información de piloncillos (derivado de caña)
- Cultivo de caña exclusivamente en terrenos apropiados para cada producto

POSITIVO

INTERNO — EXTERNO

NEGATIVO

DEBILIDADES

- Falta de Seguro Social de trabajador
- Mano de obra barata
- Falta de capacitación a productores
- Poca tecnología y conocimientos limitados en esta materia
- Infertilidad del suelo en Veracruz por topografía
- Desconocimiento de créditos
- Minifundios que no ayudan a introducir maquinaria
- Resistencia para lotificar
- Disponibilidad de agua
- Migración de los jóvenes a las ciudades
- Futuro desalentador por falta de infraestructura y apoyo
- Falta de acompañamiento a productores para mejorar los precios de mercado
- Necesidad de brindar herramientas que impulsen las capacidades
- Riego muy rudimentario, la capacitación también es vital
- Posible desinterés de las nuevas generaciones por las actividades agrícolas

AMENAZAS

- Cambio climático
- Desconexión del sector público
- Cambios administrativos en el sector público
- Precio de los fertilizantes
- Falta de crédito de avío mercantil
- Sequías
- Bajo precio de venta
- Falta de acceso a mercados por mala infraestructura de carreteras y caminos
- Inseguridad y corrupción
- Disminución de demanda de azúcar y sustitución por edulcorantes
- Tipos de interés muy altas para pedir un crédito
- Exceso de burocracia para pedir un crédito
- Gran impacto negativo del coyotaje
- Mayor responsabilidad de usuarios y menos inversión pública
- Dificultad para ponerse de acuerdo con líderes ejidales

Fuente: Elaboración de los autores.

Las cadenas productivas de la caña de azúcar, el maíz blanco, la leche y la carne de bovinos son aquellas cuya inversión tiene un mayor efecto en la reducción de la pobreza rural, el crecimiento del producto interno agrícola y el consumo privado en México; por lo que es de suma importancia detectar aquellas microrregiones que resultan estratégicas para potencializar su efecto.

Tomando en cuenta los insumos productivos, las características de los recursos humanos, el ecosistema del medio ambiente, las tecnologías productivas disponibles para las pequeñas y medianas empresas de los productos mencionados, así como aquellas variables fuera del control de los productores, se estima su eficiencia y potencial productivo, y se clasifican como prioritarias aquellas zonas donde este potencial es máximo, y los niveles de pobreza altos. Los resultados proponen a 4 de los 32 Estados como estratégicos, por la cantidad de microrregiones prioritarias: Chiapas, Michoacán, San Luis Potosí, y Veracruz. Estos resultados, corroborados con expertos, destacan que las necesidades urgentes son inversión en capacitación tecnológica, facilitar el acceso a recursos públicos, legalización de la tenencia de la tierra, sobre todo para mujeres, transparencia en precios de insumos y productos, y caminos seguros para el transporte.

La serie de estudios técnicos sobre economía del desarrollo agrícola de la FAO recopila documentos técnicos que abordan evaluaciones orientadas a las políticas de los aspectos económicos y sociales de la seguridad alimentaria y la nutrición, la agricultura sostenible y el desarrollo rural.

La serie está disponible en
www.fao.org/agrifood-economics/publications/technical-studies/es

PARA MAYOR INFORMACIÓN

División de Economía Agroalimentaria - Línea de desarrollo económico y social

- ESA-Director@fao.org
- www.fao.org/economic/esa/es

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Roma, Italia

ISBN 978-92-5-137650-8

9 789251 376508

CC4360ES/1/02.23