

Reporte Técnico Final del Proyecto TEEBAgriFood Maíz-Milpa

Resumen en extenso para el Comité Directivo del proyecto¹

Introducción. El proyecto TEEBAgriFood Maíz y Milpa es un esfuerzo participativo liderado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en colaboración con la Agencia de Cooperación y Desarrollo de Alemania (GIZ) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). La ejecución de este estudio estuvo a cargo de la Universidad Iberoamericana (Ibero), quien coordinó un consorcio en el que también participaron: la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), la Universidad de Lincoln (UOL) en el Reino Unido, y los dos centros del *Consultative Group for International Agricultural Research* (CGIAR)—el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en Texcoco y el *International Food Policy Research Institute* (IFPRI) en Washington, D.C.

El alcance y objetivo general del proyecto fue acordado por un comité directivo (CD) formado por representantes de diez agencias federales en su sesión plenaria del 9 de diciembre de 2020. Este objetivo es contribuir al desarrollo de la política productiva, ambiental y social en México, en torno al sistema de producción de maíz (comercial y autoconsumo), realizando para ello la proyección del comportamiento de este sector agroalimentario a mediano y largo plazo, en el contexto del cambio climático, además de ejecutar y analizar dos escenarios de política pública.

El estudio desarrollado por el consorcio incluye i) la modelación del sector maíz y milpa en México como un sistema socio-ambiental integrado, donde se distinguen diversas modalidades de producción y consumo, y ii) la utilización de dicho modelo para generar la proyección *business-as-usual* (BAU) del sector y ejecutar dos escenarios de política pública a mediano y largo plazo, definidos con la participación del CD.

El análisis se enfocó en las tendencias y proyecciones en torno a: 1) la principal estadística agronómica y económica del sector maíz, que incluye su precio, superficie, rendimientos, volumen y valor de producción (capital producido); 2) los servicios de nutrición derivados del sector y sus implicaciones sobre el capital humano; y 3) los servicios de conservación que salvaguardan la diversidad de razas del maíz; es decir, el capital natural del que depende la reproducción de dichos agro-ecosistemas. Adicionalmente, se estudió 4) el capital social de los distintos tipos de productores de maíz, específicamente lo relativo a las redes de innovación, que idealmente determinan la respuesta y capacidad de adaptación al cambio en el sector maicero, en particular al cambio climático. La propuesta metodológica del proyecto fue validada por el CD en la sesión plenaria del 23 de abril de 2021.

¹ *Forma de citar este documento:* Hernández Solano, A., Dyer, G.A., T.C. Camacho Villa, T. Sulser, J. Becerril García, S.I. Burrola Méndez, K. Sonder, P. Meza Pale, A. Zepeda Villareal, M.M. Ancira Moreno, C.I. Ramírez Silva, R. Rendón Medel y J.A. Serratos Hernández (2021) Reporte Técnico Final del Proyecto TEEBAgriFood Maíz-Milpa. Resumen en extenso para el Comité Directivo del proyecto. Ciudad de México, México

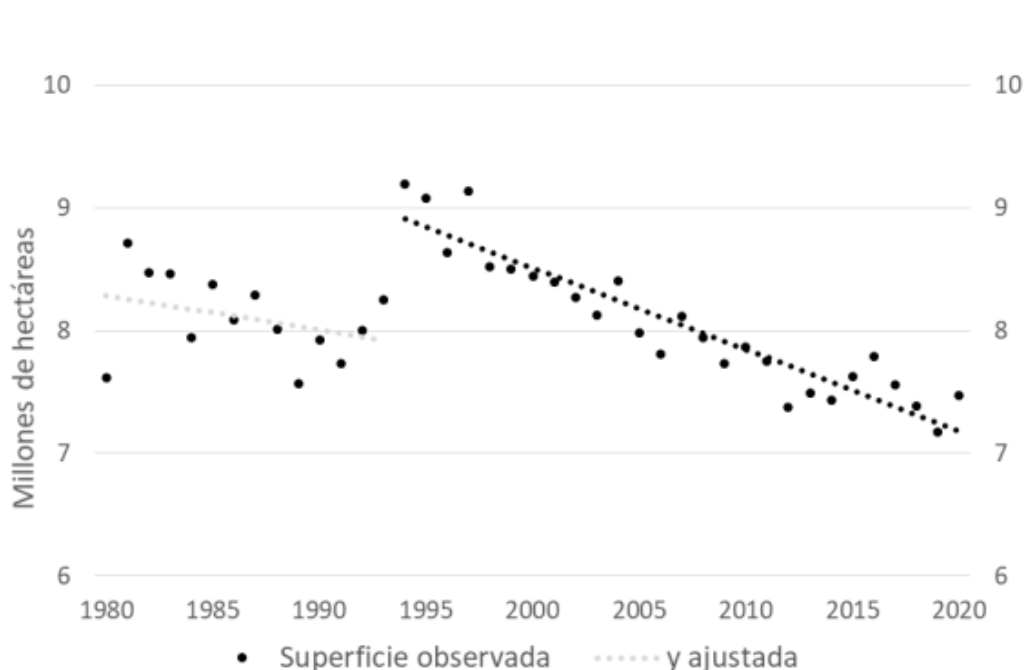
Los escenarios de política pública analizan las implicaciones—en los distintos capitales—debidas a i) posibles modificaciones a la política federal de autosuficiencia alimentaria y ii) la implementación de una política alternativa identificada como agroecológica, que consiste en el pago por servicios que hacen posible la reproducción de los muy diversos agro-ecosistemas asociados al sector, que aquí se denominan servicios de conservación.

Definiciones. Aquí se denominan variedades ‘mejoradas’ de maíz a las que han sido sujetas al mejoramiento formal o moderno; en contraste, las variedades ‘criollas’ se definen como poblaciones carentes de mejoramiento formal, no obstante que han sido sujetas al denominado mejoramiento autóctono². El uso del término ‘maíz criollo’ se justifica en sus antecedentes históricos y prácticos, de los que carecen términos alternativos, como ‘maíz nativo’. La semilla del maíz criollo comúnmente se conserva al interior del hogar productor, como un acervo de capital; por el contrario, la semilla del maíz mejorado es mayormente comprada cada ciclo, como un insumo productivo. Sin embargo, algunos hogares conservan variedades mejoradas por varios ciclos o, incluso, indefinidamente, sometiéndolas a un proceso de acriollamiento. No obstante que la Ley Federal para el Fomento y Protección del Maíz Nativo no define el objeto de protección, se entiende que esta se refiere a las variedades criollas del cultivo, no a las mejoradas.

Tendencias históricas. En las últimas cuatro décadas, el cultivo del maíz en México experimentó una expansión repentina en 1981 y, nuevamente, en 1994, con aumentos de 14 y 11% en la superficie sembrada, respectivamente (Gráfica 1). Fuera de estas fechas, la superficie total cultivada se ha reducido de forma continua, a una tasa promedio de 66 kha (miles de hectáreas) anuales a partir de 1994, contrayéndose la cobertura del cultivo de 9.2 a 7.5 Mha (millones de hectáreas) entre 1994 y 2020. Los dos episodios de extensificación han ocurrido en mayor medida en zonas de temporal, cuya superficie aumentó 19% en 1981 y 12% en 1994, y se atribuyen a iniciativas federales para el sector. Fuera de estas fechas se observó una pérdida anual de 52 kha hasta 1994, acelerándose a 78 kha desde entonces. Por su parte, la superficie irrigada ha registrado períodos intermitentes de expansión y contracción. Estos últimos procedieron a razón de 17 kha/año en los años ochenta y de 39 kha/año entre 1995 y 2003. De 1989 a 1994, por el contrario, el cultivo bajo riego se expandió a un ritmo de 203 kha/año, en promedio, y de 16 kha/año desde 2004 y a la fecha.

² Camacho Villa et al., 2006; Turrent et al., 2009; Ewing et al., 2019.

Gráfica 1. Superficie sembrada con maíz en México, 1980-2020



Fuente: Estimación propia con datos del SIAP.

Por su parte, la producción nacional de maíz se ha caracterizado por su tendencia constante al alza en las últimas tres décadas, con incrementos anuales de 390 kTon (miles de toneladas) en promedio (Gráfica 2). A nivel nacional, la oferta del grano aumentó 87% en este lapso, pasando de 14.6 a 27.4 Mton anuales, mientras que en términos per cápita, creció un 22%, pasando de .17 a .21 Ton anuales por persona. Su crecimiento se ha asociado, primordialmente, a la elevación del rendimiento del cultivo bajo riego. En general, a nivel nacional, desde hace tres décadas, el maíz rinde cada año un promedio de 63 kg/ha más que el ciclo precedente. El rendimiento bajo riego ha mostrado dos tendencias. La primera corresponde a los años ochenta, en que la variable no exhibió un patrón claro. La segunda comprende de 1989 a 2020, cuando el rendimiento del cultivo ha crecido a una tasa anual de 166 kg/ha. Su crecimiento acumulado, en los últimos cuarenta años, fue de 232%, pasando de 2.6 a 8.7 Ton/ha. Por su parte, en zonas de temporal, el rendimiento del maíz ha crecido a razón de 28 kg/ha/año, no obstante, la gran variación debida a siniestros persistentes. Aun así, entre 1980 y 2020, el rendimiento en temporal aumentó de 1.4 a 2.3 Ton/ha—un aumento acumulado de 62% en cuatro décadas.

En resumen, desde 1980, la extensificación del maíz ha estado ligada, principalmente, a zonas de temporal; la evolución de su producción, por el contrario, ha estado asociada, más claramente, a la expansión del cultivo bajo riego. Ambas causales pueden asociarse, a su vez, a las más ambiciosas

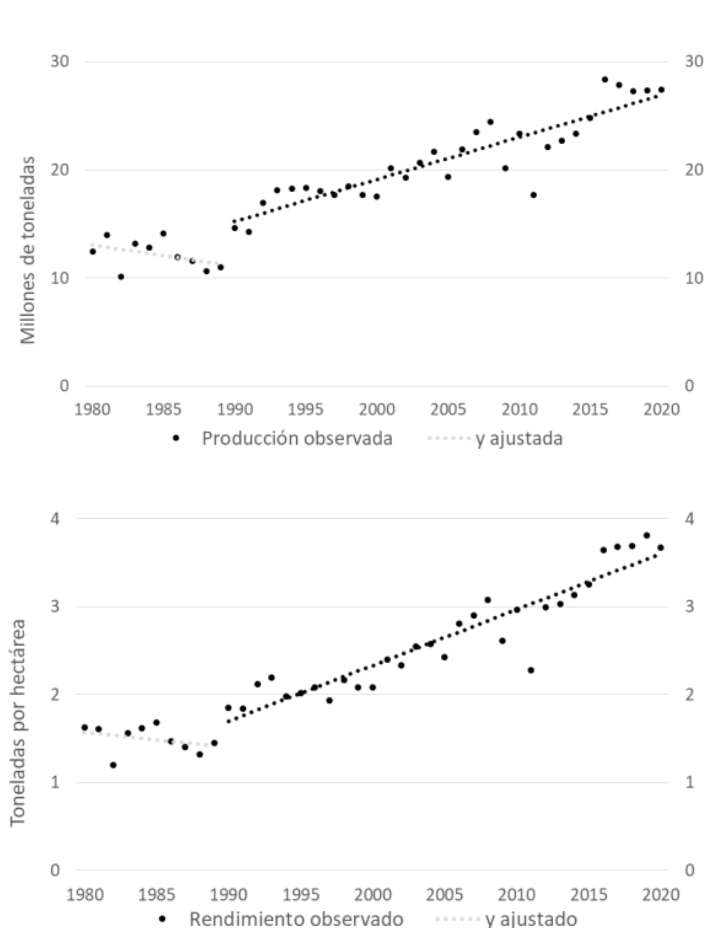
iniciativas federales para el sector en el último medio siglo. Más específicamente, la rápida expansión del cultivo en 1981 se atribuye, comúnmente, a la puesta en marcha del Sistema Alimentario Mexicano, cuyo principal instrumento consistió en un alza sustancial de los precios de garantía, operados entonces por la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO)³. Tras abandonarse esta iniciativa, dos años después, y reducirse gradualmente el precio real pagado por CONASUPO, anticipando su desaparición, el cultivo del maíz se contrajo irremisiblemente. Ultimadamente, el sector fue rescatado con la creación del Programa de Apoyos al Campo (Procampo), que empadronó una superficie creciente de maíz entre 1993 y 1997⁴. Aun así, el declive del cultivo en temporal se resumió sin dilación, conforme la cobertura del programa y el monto de su apoyo menguaron. No hay evidencia de que su tendencia a la baja fuera matizada por repetidas reformas administrativas al programa, incluyendo su conversión en el Proagro Productivo, en 2014, y en Producción para el Bienestar a partir de 2019⁵. Tampoco la reintroducción de los precios de garantía, en 2019, ha reactivado notablemente la siembra y cosecha de maíz en temporal— su superficie permanece por debajo de la sembrada antes de 2018. En contraste, en zonas irrigadas, la primera expansión del grano coincidió con el desmantelamiento gradual de la CONASUPO, a partir de 1989, cuando los precios de garantía cubrieron sólo al maíz y al frijol, reduciendo el atractivo de otros cultivos básicos. La ventaja del maíz disminuyó rápidamente, sin embargo, tras suspender CONASUPO la compra del grano en 1995. Pero el cultivo se expandió, nuevamente, a partir de 2001, cuando la agencia Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA) instituyó un nuevo esquema de subsidios al precio, al que llamó Ingreso Objetivo. No hay evidencia clara de que los subsidios federales hayan tenido un efecto en el rendimiento del maíz.

³ Durston, 1981; Luiselli, 1982; Spalding, 1983; Appendini, 1985; Arteaga, 1985.

⁴ Dyer, 2010.

⁵ ASF, 2017; López Sierra, 2019.

Gráfica 2. Volumen y rendimiento de la producción de maíz en México, 1980-2020



Fuente: Estimación propia con datos del SIAP

Debido a la creciente importancia del agua y disponibilidad del riego en la producción agrícola, se definieron 4 regiones de análisis: i) las cuencas endorreicas del altiplano central y las que de ahí escurren a ambas costas por los ríos Pánuco, Lerma-Santiago y Balsas; ii) las cuencas del sur y sureste del país; iii) las cuencas del noroeste de México, y iv) la Cuenca del Río Bravo (Gráfica 3). En términos del área sembrada en maíz, en 2019, destacan el altiplano central y el sur-sureste mexicano, con 3.2 y 2.9 Mha del cultivo, esto es, 44 y 41% de la superficie total cultivada, respectivamente. En contraste, las cuencas del noreste y del Río Bravo albergaron 0.9 y 0.2 Mha. Al mismo tiempo, los mayores rendimientos del cultivo fueron registrados en estas últimas, con 9.7 y 5.3 Ton/ha, respectivamente, mientras que las primeras vieron rendimientos muy inferiores, de 3.7 y 1.8 Ton/ha. El altiplano y el noroeste fueron responsables del mayor volumen cosechado del grano, produciendo 11.6 y 8.9 Mton. Siguieron a estas la del sur-sureste, con 5.4 millones, y la del Río Bravo, con 0.8 millones.

Gráfica 3. Regionalización del estudio



La heterogeneidad del sector maíz mexicano se aprecia, más plenamente, al considerar la frecuencia de los distintos sistemas de producción en cada una de las regiones anteriores. Ya sea en términos de la superficie del cultivo o el volumen de su producción, las diferencias reflejan un gradiente continuo, de sur a norte, entre las cuatro regiones. Más específicamente, en 2019, la proporción de la superficie irrigada de maíz fue de 5% en el sur-sureste a 95% en la Cuenca del Río Bravo; la fracción dedicada a la venta de 58 a 95%, la sembrada con materiales mejorados, de 37 a 92%. Este gradiente geográfico se expresó, al mismo tiempo, en la diversidad de los sistemas coexistiendo en el sur-sureste y el altiplano, que contrasta con la preponderancia del cultivo de materiales mejorados en los mercados del norte irrigado del país.

En efecto, este caso extremo de la agricultura industrial cubrió 2.1% de la superficie maicera en el sur-sureste, pero 90% de su área en la región del Río Bravo. La preeminencia de la agricultura industrial fue aún más pronunciada en lo que se refiere al volumen de la producción. En 2019, el volumen cosechado bajo riego fue de 10% en el sur sureste y 98% en la Cuenca del Río Bravo; la fracción destinada a la venta, de 77 y 99%, respectivamente; la sembrada con materiales mejorados, de 59 y 97%. En un extremo, las unidades que cultivan materiales mejorados bajo riego con fines comerciales fueron responsables de sólo 6% de la oferta del grano en el sur-sureste, pero 95% de la del Río Bravo. En el otro extremo, las unidades que producen y consumen variedades criollas de temporal produjeron 14% del grano en el sur-sureste y 0.3% en el Río Bravo.

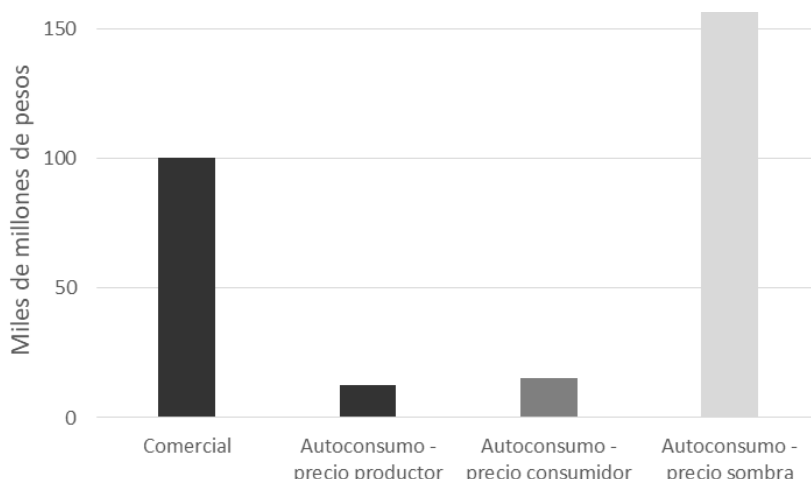
Como se mostró previamente, el crecimiento de los rendimientos en México provocó un aumento en el volumen de la producción, y al mismo tiempo, una contracción de la superficie sembrada, lo cual podría

considerarse como un ahorro neto del capital natural. Sin embargo, esto ha coincidido con un incremento en el uso de agua para riego y, posiblemente, en una intensificación de la demanda de nutrientes del suelo. En este sentido, el aumento de la producción podría reflejar un *trade-off* entre acervos de capital natural y capital producido. Desafortunadamente, con la información y el análisis con el que se cuenta no se puede aseverar en qué medida ocurre dicho *trade-off* en México. Se necesita un análisis más detallado para hacer afirmaciones precisas al respecto.

Sobre el valor de la producción, el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) calcula esta variable como el producto del volumen cosechado y el precio promedio al productor, que en 2019 fue de \$4,130/Ton. Según dicho procedimiento, ese año, el valor bruto del maíz, en México, alcanzó \$113 mil millones, a precios de entonces (Gráfica 4). La distribución de valor entre los distintos sistemas productivos obedece fielmente a su producción. Estas cifras dependen, sin embargo, de ciertos supuestos sobre el funcionamiento de los mercados. A saber, cuando los mercados no funcionan cabalmente, como es el caso del maíz en México, el precio del mercado no corresponde al valor que el propio productor otorga y deriva de sus actividades, es decir, su *precio sombra*—valor revelado por las decisiones de producción del productor.

A partir de modelos teóricos sobre el comportamiento de hogares agrícolas, se encontraron las ecuaciones que definen los precios sombra y mediante modelos econométricos se estimaron para los productores rurales de maíz en México. Una innovación en las estimaciones es que se consideraron los efectos del subempleo en zonas rurales del país, al utilizar el costo de oportunidad de la mano de obra. Se encontró que, en 2007, el precio sombra de los productores comerciales no difirió significativamente del precio en el mercado, es decir \$3.20. Considerando el tiempo laboral que los productores de autoconsumo dedican a la producción de maíz, el precio sombra fue diez veces superior al precio del grano en el mercado—esto es, \$32.4/kg, en promedio, a precios de 2007. Según estas cifras, en 2019, el valor de la producción nacional alcanzó \$257 miles de millones de pesos: \$100 mil millones la comercial y \$157 mil millones la de autoconsumo, lo cual tiene implicaciones sobre la valorización de distintos sistemas productivos. Por ejemplo, la producción de maíz en temporal fue 232% más valiosa que lo previsto, al revalorarse de 53 a 177 miles de millones de pesos.

Gráfica 4. Valor de la producción de maíz en México, 2019, según su destino



Fuente: Estimación propia con datos del SIAP y la Encuesta Nacional Agropecuaria 2019

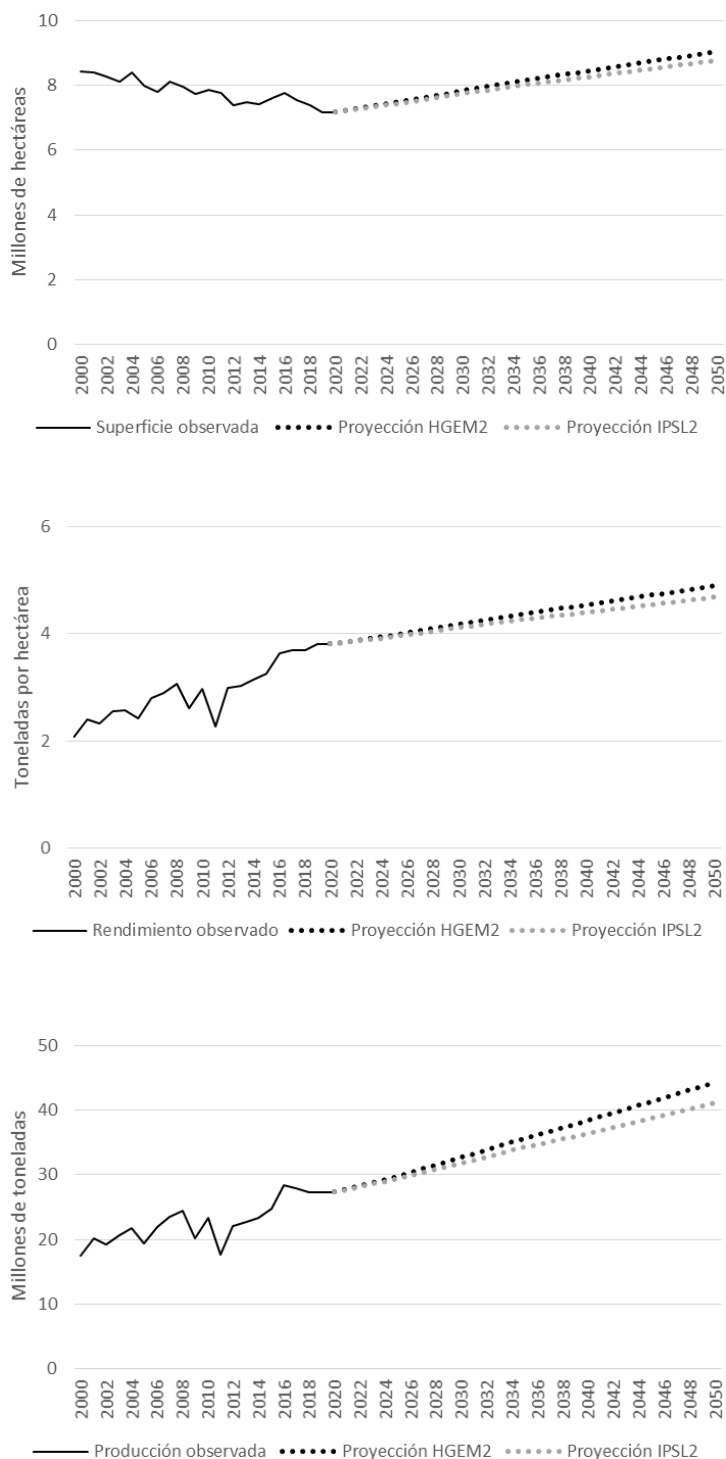
Proyecciones. La proyección *business-as-usual* (BAU) del sector, derivada del modelo IMPACT v.3, responde a muy diversos factores demográficos, económicos y climáticos, que se incorporan al modelo a través de un escenario socio-económico mundial—las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas 2 (SSP2, por sus siglas en inglés)—combinado con una trayectoria sobre las emisiones de gases de efecto invernadero y el forzamiento radioactivo—la Trayectoria de Concentración Representativa 8.5 (RCP 8.5 por sus siglas en inglés). Adicionalmente, se consideran dos distintas proyecciones climáticas globales la del Hadley Center's Global Environment Model, versión 2 (HGEM2) y la del Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL2)⁶. Independientemente de cuál de estas últimas se considere, la expectativa es que, en México, el producto interno bruto (PIB) per cápita crezca 89% entre 2020 y 2050, lo que tendría implicaciones importantes en la oferta y demanda de productos agrícolas, incluyendo en toda la cadena de producción del maíz.

Dependiendo del escenario climático de que se trate, entre 2020 y 2050, la superficie total del cultivo podría expandirse entre 22 y 26%, pasando de 7.2 hasta 9.0 Mha (Gráfica 5). Al tiempo, su rendimiento se elevaría entre 23 y 29%, de 3.8 hasta 4.9 Ton/ha. Simultáneamente, se esperaría que el volumen cosechado aumente entre 50 y 62%, de 27.3 hasta 44.3 Mton. Ultimadamente, el valor real de la cosecha podría crecer entre 145 y 180%—es decir, de \$113 hasta \$316 mil millones, a precios de 2019 al productor. Necesariamente, los cambios dependerían del régimen hídrico y región de que se trate (Gráfica 6). La redistribución geográfica del maíz sería desfavorable a la región sur-sureste; entre 2020 y 2050, su participación en la superficie total dedicada al grano pasaría de 41 a 37%. En el lado opuesto, el altiplano vería la mayor extensión del cultivo en términos absolutos; en los relativos, el cultivo se extendería más en la Cuenca del Río Bravo. Más drástica sería la redistribución del volumen de la producción. En este caso, la contribución del altiplano a la oferta nacional pasaría de 43 a 50%, la de Cuenca del Río Bravo de 3 a 5%. Afectada adversamente por el estancamiento de sus rendimientos, la de la región sur-sureste pasaría de 20 a 15%.

Un factor determinante de la proyección BAU es el precio del maíz en los Estados Unidos, que se espera aumente entre 63 y 72% en los próximos 30 años debido, entre otros factores, a la expectativa de impactos climáticos sustantivos en el denominado 'cinturón de maíz' norteamericano. Al mismo tiempo, el modelo da por cierto que el comercio de maíz en Norte América permanecerá indefinidamente libre de aranceles y tarifas no arancelarias. Por lo que el precio interno al productor se moverá en concierto con el norteamericano, como ha sido el caso desde los años ochenta, con implicaciones importantes en el futuro del cultivo en el país. Más específicamente, la proyección del modelo es que, para 2050, el precio interno real al productor recupere su nivel de fines de los años ochenta, es decir, entre \$6,734 y \$7,121/Ton, a precios de 2019 (Gráfica 7). Sin duda, la sensibilidad de los resultados aquí presentados a cambios en el precio del maíz debe ser explorada, así como la incertidumbre generada por el reciente decreto de sustitución gradual del glifosato, que supone la prohibición total, en 2024, de las importaciones del grano genéticamente modificado proveniente de los Estados Unidos. Por su parte, el consumo aparente de maíz, en México, pasaría de 43.9 hasta 50.9 Mton/año, entre 2020 y 2050, observando un crecimiento acumulado de entre 16 y 20%, desacelerándose notoriamente debido, entre otros, al precio del cultivo. Con lo anterior, la fracción de la demanda pecuaria aumentaría de 46 a 51% del consumo total, mientras que el consumo humano e industrial se estancarían. El consumo por persona se reduciría entre 9.4 y 10.4% durante el periodo de la proyección. Debido a las preferencias en el consumo pecuario y humano, el consumo del maíz amarillo se elevaría entre 23 y 29%, según el escenario, el del maíz blanco entre 10 y 13% (Gráfica 8). Como resultado, la importación del grano amarillo caería entre 36 y 74%, pasando de 16 hasta 4.2 Mton/año en las tres siguientes décadas. Al mismo tiempo, el país seguiría siendo autosuficiente en maíz blanco.

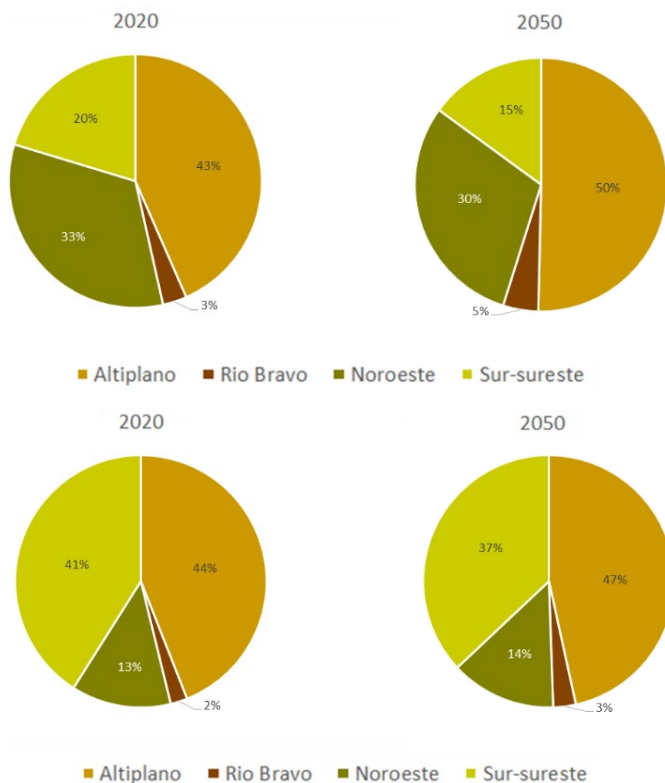
⁶ La trayectoria SSP y el escenario IPSL2 son considerados intermedios ('middle-of-the-road'), mientras que el escenario HGEM es el más extremo. No se reportan aquí proyecciones basadas en otros escenarios.

Gráfica 5. Superficie, rendimiento y producción de maíz en México, 2000-2050



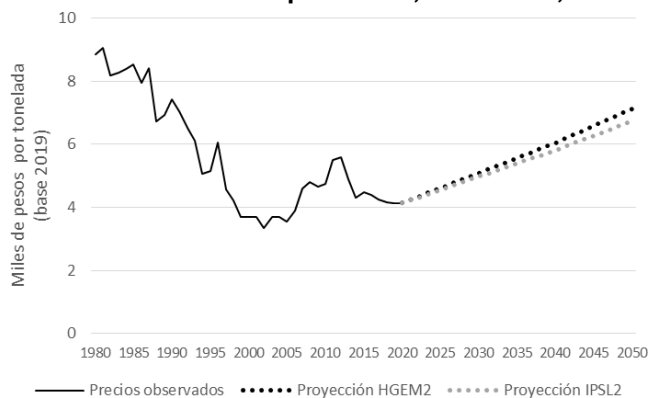
Fuente: Estimación propia con datos del SIAP (2000-2020) y tasas de crecimiento del modelo IMPACT (2020-2050) aplicadas a la serie histórica.

Gráfica 6. Cambios proyectados en la distribución de la superficie y producción de maíz en México, 2020-2050, por región (porcentaje)



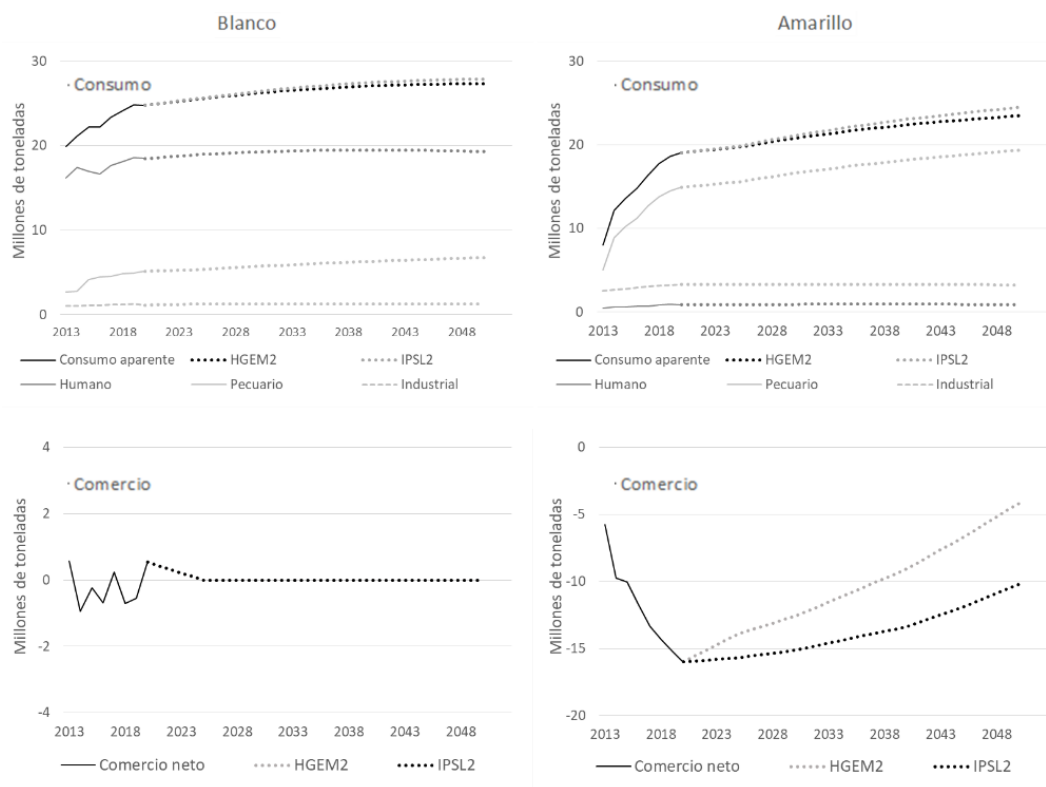
Fuente: Estimación propia con datos del SIAP y proyecciones del modelo IMPACT ajustadas a la serie histórica

Gráfica 7. Precios de maíz al productor, en México, 1980-2050



Fuente: Estimación propia con datos del SIAP (1980-2020) y tasas de crecimiento del modelo IMPACT (2020-2050) aplicadas a la serie histórica.

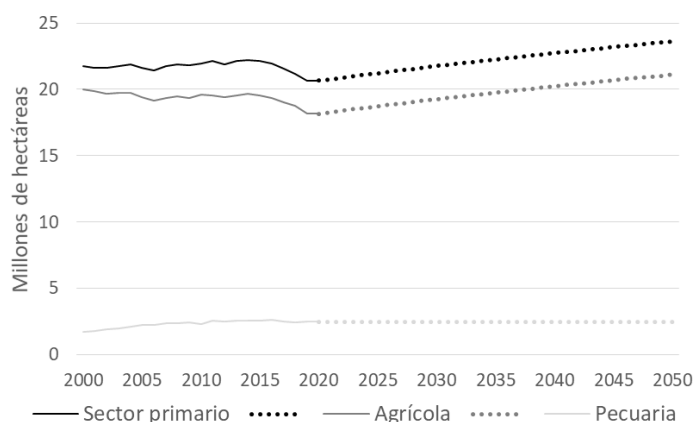
Gráfica 8. Consumo aparente y balance comercial del maíz en México, 2013 – 2050



Fuente: Estimación propia con datos del SIAP (2013-2020) y tasas de crecimiento del modelo IMPACT (2020-2050) aplicadas a la serie histórica.

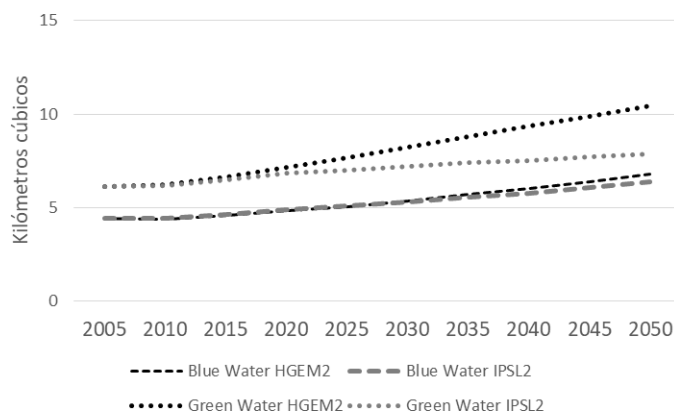
El crecimiento del sector tendría implicaciones en el uso de insumos y recursos naturales. La demanda de tierra agrícola aumentaría a una tasa de 0.44 a 0.50% anual, expandiendo el uso agrícola del suelo (i.e., la frontera agrícola) entre 14 y 16% entre 2020 y 2050 (Gráfica 9). Al mismo tiempo, la expectativa es que, en este período, la demanda de agua de riego (*blue water*) para el cultivo aumentaría entre 31 y 40%, pasando de 4.8 hasta 6.8 kilómetros cúbicos anuales en el mismo período (Gráfica 10). Aun así, el consumo de agua de lluvia (*green water*) en zonas irrigadas aumentaría entre 15 y 46%; en zonas de temporal este consumo podría aumentar 19% o, bien, disminuir 2.6%, dependiendo del escenario climático considerado. No obstante, la importancia de estos resultados, para los objetivos del proyecto, las implicaciones más relevantes son las asociadas a la conservación de la diversidad del maíz mexicano.

Gráfica 9. Uso del suelo en el sector agrícola, pecuario y primario en México, 2000 - 2050



Fuente: Estimación propia con datos del SIAP (2000-2020) y tasas de crecimiento del modelo IMPACT (2020-2050) aplicadas a la serie histórica.

Gráfica 10. Consumo estimado de agua en el cultivo de maíz en México, 2005-2050, bajo riego



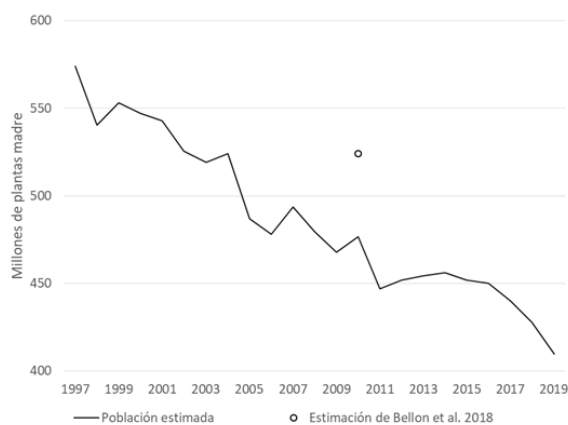
Fuente: Modelo IMPACT

Agro-biodiversidad. Se estima que, entre 1997 y 2019, el número de subpoblaciones manejadas pudo haberse reducido en 50%, mientras que la población reproductiva del cultivo disminuyó de 574 a 410 millones de plantas madre—una pérdida acumulada de 29%—durante el mismo lapso (Gráfica 11). Un aumento de 44% en el tamaño promedio de las subpoblaciones sobrevivientes sugiere que el abandono del germoplasma afectó a las variedades secundarias, más que a las primarias, implicando la homogeneización del cultivo y la consecuente reducción de la diversidad mantenida propositivamente

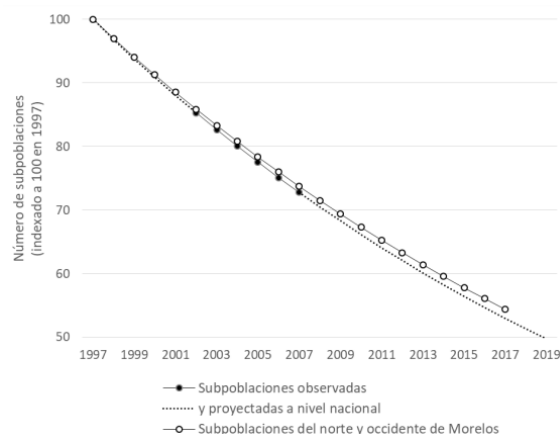
por los productores mexicanos⁷. Se detectó un aumento significativo, entre 2002 y 2007, en la incorporación de germoplasma de dudosa identidad y procedencia—obtenido como grano en los mercados—a los acervos conservados entre ciclos. Se observó también cierta sustitución del intercambio gradual y continuo del germoplasma local—es decir, maíces criollos—por la difusión célere de germoplasma adquirido como grano y la generación F2 de variedades comerciales a través de canales informales—esto es, el intercambio entre productores de variedades mejoradas recicladas. Debido a la libre circulación, al interior del país, de maíz genéticamente modificado procedente de los Estados Unidos, los cambios registrados implican un riesgo considerable a la bioseguridad del cultivo en México, su centro de origen y uno de sus principales centros de diversidad.

La proyección BAU sugiere que, entre 2020 y 2050, la población reproductiva del maíz criollo se reducirá adicionalmente, entre 36 y 49%, sustituida gradualmente por semillas mejoradas (Gráfica 12). El proceso haría posible un aumento en rendimientos, pero, al mismo tiempo, exacerbaría las pérdidas del acervo de agrobiodiversidad—un elemento de capital natural—observadas en las dos décadas anteriores, con una caída acumulada de entre 55 y 64% durante la primera mitad del siglo XXI. Por su parte, el número de subpoblaciones se podría reducir 61% en los próximos 30 años, con una pérdida acumulada de 81% desde el inicio del siglo. Al mismo tiempo, el estudio de dos comunidades mayas en Yucatán evidencia la transformación gradual del patrimonio biocultural en torno al maíz—proceso que incluye la sustitución de maíces criollos por mejorados, la pérdida de especies y variedades cultivadas, de alimentos y comidas típicas, así como la modificación de las creencias locales.

Gráfica 11. Población reproductiva y número de subpoblaciones del maíz criollo en México, 1997-2019



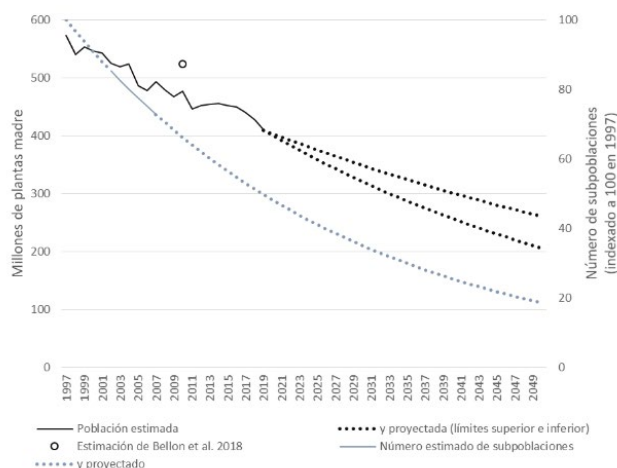
Fuente: Estimación propia con datos del SIAP y Bellon et al. 2018



Fuente: Estimación propia con datos de Dyer et al. 2014 y McLean-Rodríguez et al. 2019.

⁷ Se consideran variedades primarias las que constituyen la principal fuente de calorías en el hogar; las secundarias, por el contrario, tienen otros fines específicos, frecuentemente culinarios.

Gráfica 12. Población reproductiva y número de subpoblaciones del maíz criollo en México, 1997-2050



Fuente: Estimación propia con datos del SIAP, Dyer et al., 2014 y Bellon et al., 2018

Política pública. Siendo que la protección del maíz criollo es un objetivo del estado mexicano para garantizar el derecho humano a la alimentación⁸, la expectativa de una pérdida sustancial del patrimonio biocultural asociado al cultivo, en los próximos treinta años, hace imprescindible el diseño y la promoción de políticas federales encaminadas a cumplir dicho objetivo. Aquí se identifican posibles medidas, asequibles, con el potencial de contribuir a ambos objetivos, simultáneamente, en el corto plazo—esto es: i) conservar los maíces criollos mexicanos; y ii) contribuir a la reducción de la pobreza y al aumento de la seguridad alimentaria de los sectores más vulnerables de la población nacional, como son los pequeños productores agropecuarios, particularmente los productores de maíz para el autoconsumo. Las medidas propuestas están en línea con recientes declaraciones del secretario general de la Organización de las Naciones Unidas sobre la imperiosa necesidad y presente oportunidad para transformar el gasto público en el sistema alimentario mundial, a fin de lograr tanto los objetivos nacionales para el sector primario como los compromisos internacionales en materia ambiental.

Más específicamente, una transferencia de recursos monetarios equivalente al costo de la canasta básica alimentaria rural, permitiría a la población de pequeños productores en pobreza, que históricamente han mantenido los acervos de semilla de maíz criollo, rebasar la línea de pobreza alimentaria. Condicionada al mantenimiento de tales acervos, esta transferencia permitiría a la población beneficiaria alimentarse con los recursos fito-genéticos a su alcance, deteniendo el abandono documentado de variedades de maíz. Más aún, los resultados del modelo MARCEG señalan que esta intervención fomentaría la producción de maíz de autoconsumo y de milpa, promoviendo la seguridad alimentaria de los beneficiarios sin menoscabo de otra producción agrícola.

⁸ Véase la reciente Ley Federal para el Fomento y Protección del Maíz Nativo, Diario Oficial de la Federación, 13 de abril, 2020.

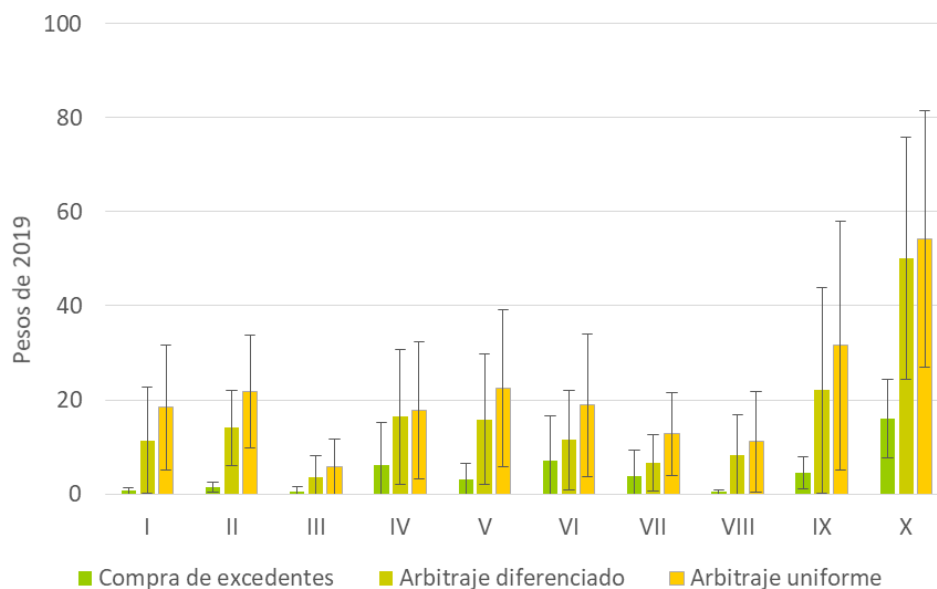
En términos ambientales, la iniciativa no consumiría más agua de riego, ni tierra. El costo fiscal de este pago por servicios de conservación sería de \$2,900 millones anuales. Extender dicho pago a toda la población rural en pobreza que cultiva maíz, independientemente de su historia de conservación, tendría un costo de \$6,540 millones anuales. Estas medidas provisionales permitirían el diseño de una estrategia integral de conservación de la agrobiodiversidad asociada al cultivo del maíz y la milpa. Dicha estrategia deberá considerar la necesidad de transformar el mejoramiento genético autóctono de estos recursos para afrontar los retos derivados del cambio climático. Su mejoramiento deberá lograr los aumentos en los rendimientos agrícolas necesarios para i) evitar la sustitución del germoplasma criollo por materiales mejorados y, a la vez, ii) satisfacer cabalmente la demanda de autoconsumo de alimentos básicos de la población rural.

Aun así, si esta iniciativa ha de ser viable, debe salvar los grandes obstáculos inherentes a la política agrícola federal de los últimos 25 años, que incluyen a i) la escasa correspondencia entre la normatividad y la operación de sus programas, ii) la brecha que invariablemente separa a los instrumentos financiados de sus objetivos nominales, iii) la ausencia de recursos fiscales suficientes para atender a su población objetivo, iv) la incapacidad para focalizar los recursos disponibles en la población marginada, y iv) las deficiencias en materia de transparencia y rendición de cuentas. Análisis realizados por instituciones federales, así como durante el proyecto, sugieren que los criterios de elegibilidad de los principales programas para el sector primario excluyen, en gran medida, a su población objetivo—es decir, los pequeños productores, particularmente los que destinan su producción al autoconsumo y los que siembran milpa, que han sido históricamente excluidos de los beneficios de la comercialización. Tal es el caso del programa de Precios de Garantía, basado en la compra de excedentes de maíz a precios subsidiados (Gráficas 13 y 14). Mismo que, según el análisis realizado para la zona rural mexicana, sólo beneficia a los productores comerciales (cuadro 1) y tiene impactos negativos en el capital natural: aumenta la superficie de tierra cultivada y el consumo de agua.

Simultáneamente, los instrumentos de política de dichos programas prioritarios soslayan la promoción de bienes y servicios públicos a favor de los privados. La solución a estos obstáculos incluye la sustitución de los subsidios actuales a estos últimos por el justo pago a los primeros. Si este hecho es bien conocido, la necesidad inminente de afrontar el cambio climático vuelve urgente su aplicación en la práctica. En este sentido, cualquier reasignación de recursos fiscales actualmente invertidos en la agricultura industrial de maíz a la agricultura sostenible, enfocada en los pequeños productores y guardianes del maíz criollo y de la cultura alrededor de mismo, representará un avance en el combate a la pobreza e inseguridad alimentaria en el país, además de un incentivo a conservar la agrobiodiversidad y la cultura mexicana.

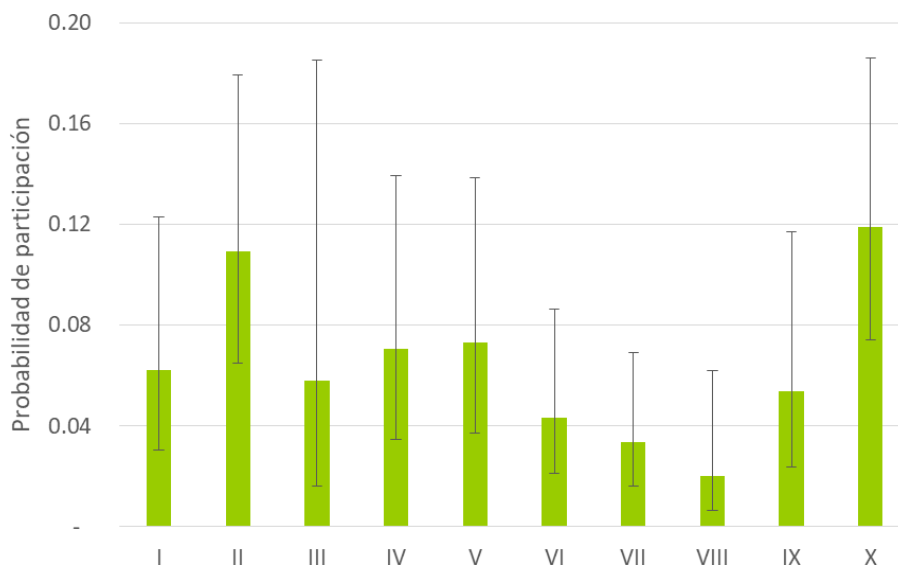
A partir de lo anterior, se recomienda a) que el gobierno considere el desarrollo de un programa para la conservación de los maíces criollos mexicanos vía la promoción de la autosuficiencia basada en la producción del maíz y la milpa; b) que el desarrollo de este programa se apegue de forma estricta a los preceptos fundamentales de la gestión pública basada en evidencia, particularmente su diseño y evaluación crítica; c) que la misma iniciativa se sustente en la participación de especialistas nacionales de reconocido prestigio en el tema y probada independencia, d) que se apoye, igualmente, en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) para la generación de la información necesaria para su diseño y evaluación.

Gráfica 13. Expectativa mensual de ingresos per cápita, entre la población rural, asociada a los esquemas de compra de excedentes, arbitraje diferenciado y uniforme, por decil



Fuente: Estimación propia con datos de la Encuesta Nacional de Hogares Rurales 2007
 Nota: Las barras de error muestran un intervalo de confianza de 90%.

Gráfica 14. Probabilidad de participación en la venta de excedentes de maíz, por decil de la población rural



Fuente: Estimación propia con datos de la Encuesta Nacional de Hogares Rurales 2007.
 Nota: Las barras de error muestran un intervalo de confianza de 90%. Los deciles están descritos por ingresos mensuales por persona (pesos de 2019): decil I: 0 - 105; II: 105 - 256; III: 257 - 387; IV: 387 - 558; V: 561 - 752; VI: 755 - 1,013; VII: 1,017 - 1,343; VIII: 1,344 - 1,823; IX: 1,824 - 2,708; X: 2,713 - 60,081.

Cuadro 1. Cambios en el ingreso de la población rural tras de un subsidio de 10% al precio al productor

Ingresos	Productores de maíz			Otra población rural
	comerciales	autoconsumo	milpa	
Por actividades propias	9.4%	-1.4%	-0.1%	-1.0%
Por factores productivos	1.8%	0.7%	0.8%	0.6%
Totales	3.7%	0.3%	0.6%	0.4%

Fuente: Elaboración propia a partir del Modelo MARCEG

Referencias

- Appendini, K. (1985) Reflexiones sobre la política de precios de garantía. *Problemas del Desarrollo*, 16(61), 133-150.
- Arteaga, J. (1985) El Sistema Alimentario Mexicano (SAM): una perspectiva política. *Estudios Sociológicos*, 297-313.
- ASF (2017) Evaluación núm. 1785-de "Política Pública de PROAGRO Productivo." Auditoría Superior de la Federación, Cámara de Diputados.
- Bellon, M.R. et al. (2018) Evolutionary and food supply implications of ongoing maize domestication by Mexican campesinos. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 285: 20181049.
- Camacho Villa T.C., et al. (2005) Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources* 3(3): 373-384.
- Durston, J. (1981). El Sistema Alimentario Mexicano (SAM): ¿Un nuevo estilo de desarrollo rural? Comisión Económica para América Latina, CEPAL, Santiago, Chile.
- Dyer, G.A. (2010) Uso del suelo en México: ¿conservación o desarrollo? En: Yúnez Naude, A., Proyecto México 2010. Volumen Economía. El Colegio de México, México.
- Dyer, G.A. et al. (2014) Genetic erosion in maize's center of origin. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111: 14094-14099.
- Ewing, P.M. et al (2019) The home field advantage of modern plant breeding. *PLoS ONE* 14(12): e0227079.
- López Sierra, P. (2019) De Procampo a Proagro: Transformaciones de la principal política pública para el campo mexicano a partir del libre comercio. Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano.
- Luiselli, C. (1982) The Mexican Food System: Elements of a program of accelerated production of basic foodstuffs in Mexico. *Research Report Series*, 22. Center for U.S.-Mexican Studies, University of California, San Diego.
- McLean-Rodríguez, F.D. et al. (2019). The abandonment of maize landraces over the last 50 years in Morelos, Mexico: a tracing study using a multi-level perspective. *Agric Hum Values*, <https://doi.org/10.1007/s10460-019-09932-3>.
- Spalding, R. (1983) El Sistema Alimentario Mexicano (SAM): Ascenso y decadencia. *Latin American Studies Association*, 315-349.
- Turrent, F.A. et al. (2009) Liberación comercial de maíz transgénico y acumulación de transgenes en razas de maíz mexicano. *Revista de Fitotecnia Mexicana*. 32(4): 257-263.