

# Suelo agrícola en México: Retrospección y Prospectiva para la Seguridad Alimentaria

## *Agricultural Soil in Mexico: Retrospection and Prospective for Food Security*

Felipe Torres Torres\* y Agustín Rojas Martínez\*\*

\* Instituto de Investigaciones Económicas (IIEc), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), felipet@unam.mx

\*\* IIEc, UNAM, arojas@iiec.unam.mx

Farmer harvesting sugar canes in a field, Tamasopo, San Luis Potosi, Mexico/Glow Images/Getty Images



El objetivo es mostrar la prospectiva de la seguridad alimentaria en México hacia el 2030 considerando la disponibilidad requerida de alimentos para satisfacer el consumo interno. El supuesto es que el suelo agrícola es un recurso natural limitado, con tendencia al deterioro y baja en fertilidad debido a sobreexplotación y disponibilidad de superficie, que inhibe sus capacidades productivas y compromete la seguridad alimentaria interna. Para ello, aplicamos la metodología de Vectores Autorregresivos con datos de variables seleccionadas que tienen representatividad para explicar esas posibilidades. Los resultados muestran que este recurso natural en México tiene las capacidades para alcanzar la seguridad alimentaria interna mediante el incremento sustancial de los rendimientos por hectárea, o bien, a través de la ampliación de la frontera agrícola.

**Palabras clave:** suelo agrícola; frontera agrícola; demanda alimentaria; producción alimentaria; seguridad alimentaria.

The objective is to show the prospect of food security in Mexico by 2030, considering the required availability of food to meet domestic consumption. It is generally assumed that agricultural soil is a limited natural resource, prone to deterioration and low fertility due to overexploitation and surface availability, which inhibits its productive capacities and compromises internal food security. For this, we apply an Autoregressive Vectors methodology with selected-variables data that are representative to explain these possibilities. The results show that agricultural soil in Mexico has the capacity to achieve internal food security through a substantial yields increase per hectare, or through the expansion of the agricultural frontier.

**Key words:** agricultural soil; agricultural frontier; food demand; food production; food security.

Recibido: 18 de marzo de 2018.  
Aceptado: 7 de agosto de 2018.

## Introducción

Hoy en día, la mayoría de los alimentos que se consumen en el mundo se producen directa o indirectamente en el suelo. Si bien se cuenta con el volumen suficiente para alimentar a toda la población —incluso se desperdicia alrededor de la tercera parte del total— con el crecimiento demográfico se prevé que la producción deberá duplicarse en los próximos 30 años. En consecuencia, el hambre y la inseguridad alimentaria se presentan por problemas de acceso económico ante las restricciones de ingreso de las personas u hogares y no por baja disponibilidad de alimentos. Sin embargo, no hay más superficie disponible y constantemente se pierden tierras agrícolas para otros usos, el suelo fértil está disminuyendo y el cambio climático ya afecta la producción.

Estos factores dificultarán garantizar la seguridad alimentaria de las naciones en el futuro. Por lo tanto, el suelo agrícola, además de un medio de producción, constituye un factor estratégico para la seguridad alimentaria interna desde la dimensión de la disponibilidad. La suficiencia de este recurso y su capacidad en función de la fertilidad natural de la tierra o de la incorporación de tecnología determinan el volumen de alimentos. Una estrategia de seguridad alimentaria que busque atender la disponibilidad interna debe reconocer la importancia que tienen las capacidades del sustrato agrícola.

Las condiciones físicas imperantes en México lo hacen complejo. Pese a ello, durante la vigencia del modelo de industrialización por sustitución de importaciones se alcanzó la autosuficiencia y logró un balance favorable en la relación producción-consumo de los bienes básicos (Fujigaki, 2004). Desde la década de los 80 del siglo XX, en contraste, en el contexto del modelo de economía abierta, el país perdió esa condición y pasó de exportador a importador. Esto se explica, entre otros factores, por la nula expansión de la frontera agrícola, el deterioro de las tierras ya empleadas en la producción y un menor rendimiento por hectárea cultivada (Luiselli, 2017).

Para México, de esta manera, la pertinencia de conformar una oferta alimentaria que responda al crecimiento demográfico y permita reducir la dependencia del exterior se convierte en un imperativo para la seguridad alimentaria y la nacional. Aun cuando el suelo agrícola enfrenta amenazas por restricciones en las capacidades de los recursos naturales —que se expresan sobre todo en la inestabilidad de rendimiento de los cultivos, la dotación de agua y los límites para su expansión, entre otros—, la suficiencia de este recurso y su rendimiento establecen el volumen de producción, la capacidad exportadora y los niveles adecuados de aseguramiento de la oferta interna.

El objetivo de este trabajo consiste en establecer, con base en la metodología de Vectores Autorregresivos (VAR), la capacidad real y potencial del espacio agrícola en México para mantener un nivel suficiente de producción, ya sea mediante la expansión de la superficie, o bien, con el incremento en el rendimiento que permita cubrir el nivel de consumo por lo menos hacia las próximas dos décadas, garantizar la seguridad alimentaria interna y reducir la dependencia, considerando que el suelo es un recurso limitado, presenta un alto grado de deterioro regional y pudiera no responder a las expectativas de la demanda de alimentos futura debido a problemas como la salinización o pérdida de capa arable.

Partimos de la hipótesis de que con el crecimiento demográfico en México, al margen de las transformaciones del patrón alimentario interno, aumentará la demanda de productos básicos. Se requiere, así, la expansión de la superficie agrícola, la incorporación de tecnologías sustentables para el incremento de la productividad, la restauración gradual del suelo, la adición de cultivos acorde con las modificaciones que ya presenta el consumo debido a cambios en la estructura social y territorial, de hábitos y de las presiones urbanas. De lo contrario, la estabilidad como garante de la seguridad alimentaria no podrá lograrse, comprometiendo con ello la seguridad nacional.

## **Breve caracterización sobre el suelo y el espacio agrícola**

El suelo es un recurso esencial para la reproducción de la vida en el planeta, pues proporciona nutrientes, agua y minerales para el desarrollo de plantas y árboles, almacena carbono y es hogar de miles de animales; más aún, es el asiento natural para la producción de alimentos y materias primas de los cuales depende la sociedad y el espacio donde se desarrollan actividades socioeconómicas (FAO, 2009b, 2010; Porta *et al.*, 2015). Debido a que su formación toma cientos de miles de años, se considera un recurso finito y no renovable (Bautista *et al.*, 2004).

Como resultado del proceso de formación, los suelos se diferencian por sus características físicas, químicas y biológicas. Las primeras determinan el uso que se les da (textura, estructura y porosidad), las segundas describen el comportamiento de los componentes que lo integran (materia

orgánica y nutrientes) y las terceras condicionan la presencia de materia orgánica y de formas de vida animal que constituyen la microfauna. Las características de cada suelo dependen, a su vez, de varios factores, entre los cuales destacan el tipo de roca que los originó, su antigüedad, el relieve, el clima, la vegetación y los animales que viven en él, además de las modificaciones causadas por la actividad humana, las cuales pueden afectar su calidad y fertilidad (FAO, 2009b).

Esta última es prioridad para los ecosistemas y sistemas agroecológicos porque lo que ofrece potencialidad no es solo su contenido de nutrientes, sino todas aquellas características físicas, químicas y biológicas que hacen posible la disponibilidad y accesibilidad de la planta a éstos. El uso eficiente del agua, la energía y otros recursos disponibles, además del buen balance de nutrientes, son condiciones importantes para garantizar la fertilidad del suelo, y sostenerla implica protegerlo de fenómenos como la degradación (FAO, 2009b), la cual refiere los procesos que disminuyen su productividad, así como su capacidad actual o futura para sostener la vida humana; resulta de la interacción de factores ambientales —como el tipo de suelo, la topografía y el clima— y humanos —como la deforestación, el sobrepastoreo y el uso excesivo de recursos naturales— (Bautista *et al.*, 2004).

En el caso de la alimentación, la degradación del suelo es considerada el mayor problema ambiental que amenaza la producción mundial de alimentos debido a que la tierra agrícola es el medio y objeto de trabajo del sector agropecuario, además de proveedor de la riqueza material, elemento constitutivo de las fuerzas productivas y espacio estratégico que define la localización de empresas, sobre todo agroindustriales, y actividades económicas.

Como principal medio de producción del sector agrícola, el suelo presenta una serie de particularidades. A diferencia de otros sustratos para producir que pueden moverse en el espacio, el suelo agrícola únicamente puede ser utilizado donde está localizado. Este aspecto de ubicación provoca disparidades en calidad y rendimientos que se manifiestan en el volumen de cosecha por unidad de superficie sembrada, pero que también se ve influenciado por el grado de fertilidad de la tierra y el nivel de desarrollo de la agricultura y la tecnología aplicada.

Si bien el suelo es un medio de producción no reproducible, ya que en la Naturaleza está limitado espacialmente y no puede ser ampliado, en la agricultura se puede intensificar su uso mediante la adhesión de tierras hasta donde la frontera agrícola lo permite, el incremento de rendimientos en suelos ya dedicados a la producción a partir de la incorporación de tecnología o su restauración, así como el aumento de su productividad con la aplicación eficiente de fertilizantes, métodos biológicos y mecanización de procesos, regulando los regímenes de agua-aire y nutrición, entre otros.

Por todos esos atributos mencionados, los cuales definen sus ventajas competitivas para la atracción de inversión, de población, para la formación de mercados y que, al mismo tiempo, determinan su precio y posición estratégica dentro de las actividades productivas, el suelo agrícola es considerado uno de los recursos naturales más importantes para el proceso de desarrollo económico y la acumulación de capital, pues constituye el factor fundamental para la producción de alimentos y, además, para alcanzar la seguridad alimentaria.

## Suelo agrícola y seguridad alimentaria

La definición generalmente aceptada de seguridad alimentaria refiere el acceso de todas las personas a una alimentación inocua y nutritiva que les permita llevar en todo momento una vida sana; además, se integra por cuatro dimensiones: acceso, disponibilidad, estabilidad del suministro y óptima utilización biológica (FAO, 2009a).

En el contexto actual de economías abiertas, sin embargo, la seguridad alimentaria de cada país presenta nuevas especificidades que tienen relación con los cambios en el consumo, la estructura demográfica, la distribución y concentración de la población, la organización territorial o las especializaciones del trabajo agrícola, las relaciones comerciales o el deterioro y la restricción de capacidades productivas sustentables de recursos naturales.

Debido a ello, el entorno agrícola se encuentra cada vez más limitado para garantizar niveles de oferta que permitan atender el consumo futuro de la población mundial tomando como base el criterio de la disponibilidad, el cual exige contar con alimentos en cantidades suficientes y de calidad adecuada, con fácil acceso y de manera estable, lo que obliga a que la oferta de éstos, suministrada a través de producción interna o de importaciones, supere la demanda.

Producir alimentos depende del uso que se les dé a las tierras. Se estima que, en la actualidad, 95% de los que se consumen a nivel mundial se generan directa o indirectamente en el suelo. Para garantizar la seguridad alimentaria, la producción agrícola debe provenir de sustratos sanos, que son aquellos que no tienen limitaciones físicas, químicas o biológicas con una productividad sostenible y con un mínimo de deterioro ambiental (Burbano-Orjuela, 2016; FAO, 2015).

Cerca de la tercera parte de la superficie terrestre se dedica a la agricultura; no obstante, el crecimiento demográfico, que se espera llegue a 9 mil millones de personas en el 2050, ejerce una presión cada vez mayor sobre los suelos. Éstos deberán producir suficientes alimentos para una población que hoy reside en mayor medida en ciudades, y que en el 2015 pasó a ocupar dos terceras partes de los centros urbanos, con el agravante de que debe comprar casi todos los alimentos que requiere. Así, un tercio de los habitantes en el mundo, dedicados a la agricultura, deberá responder por la producción y abastecimiento mundial (Burbano-Orjuela, 2016).

Por otra parte, en los últimos 50 años, los avances en la tecnología agrícola, derivados de la Revolución Verde, llevaron a un salto cualitativo en la producción de alimentos e impulsaron la seguridad alimentaria mundial. Hoy en día se produce suficiente para todos, incluso, se desperdicia aproximadamente 30% del total. El hambre y la inseguridad alimentaria se presentan sobre todo por problemas de acceso a los alimentos, pero con el aumento de la población y su creciente demanda se espera que la producción tenga que duplicarse en los próximos 30 años (FAO-IFAD-WFP, 2015).

Muchos países, por efecto de una producción intensiva, han empobrecido sus suelos y comprometido las demandas futuras de alimentos. Esto se hace aún más complejo porque, hoy en día, no hay más suelo disponible y, constantemente, se pierden tierras agrícolas para otros usos. Asimismo, la cantidad de suelo fértil está disminuyendo, y también los problemas con el agua y el cambio climático ya afectan la producción agrícola, sobre todo con los fenómenos climáticos extremos, que ya tienen sus repercusiones en la disponibilidad y reservas alimentarias a escala mundial. Estos factores van a dificultar que en el futuro se garantice la seguridad alimentaria global.

En tal escenario, los alcances internos de la seguridad alimentaria en muchos países, de acuerdo con el enfoque convencional de la Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) en cuanto al criterio de la disponibilidad, deben complementarse con suministros externos que se ven supeditados a los vaivenes de la oferta internacional y manipulación de precios, aunque también por una accesibilidad social diferenciada a los alimentos, además de una estabilidad inalcanzable si se ve por el lado de las restricciones de la productividad del suelo agrícola o su deterioro que no alcanza ya para garantizar una oferta agrícola acorde con el volumen y cambios en las necesidades de consumo que presenta ahora su población.

Esto resulta relevante si se considera que ya están presentes otros componentes que se agregan para evaluar los alcances de la seguridad alimentaria, como la inocuidad de los alimentos, su calidad, desperdicio o la obesidad, que además de impactar en la estructura del sistema alimentario, llevan a la conformación de nuevos paradigmas que deben considerarse para las proyecciones de la seguridad alimentaria interna y sus retos.

Algunas naciones cuentan con límites de superficie agrícola que les impiden alcanzar niveles adecuados de seguridad alimentaria de manera autoconcentrada. Otras buscan resolver sus problemas en este renglón mediante compras directas de tierras a otros que pueden poseerla, la subutilicen, no la consideren estratégica dentro de sus políticas agrícolas y como forma de mitigar los efectos del cambio climático en la agricultura y la inestabilidad de los mercados mundiales, entre otras acciones (Liberti, 2014; Sassen, 2015).

Esto forma una gran preocupación mundial, ya que China, India, los países árabes y otros compran actualmente grandes superficies en otras naciones para salvaguardar su seguridad alimentaria futura; sin embargo, esta situación se convierte en una doble amenaza: por un lado, pone en riesgo la soberanía nacional, independientemente de las formas que asuma la contratación o su compra y, por otro, incide hacia una mayor vulnerabilidad alimentaria ante restricciones en el uso del suelo agrícola para prioridades nacionales de los países vendedores.

Así, la disponibilidad de suelo, pero sobre todo su ubicación y ventajas de fertilidad que se reflejen en la formación de una superficie agrícola viable y sustentable, se convierte en el sustrato de la seguridad alimentaria y la nacional, más allá de la incidencia negativa que pudiesen provocar los efectos climáticos en la disponibilidad mundial de alimentos o de las transformaciones de las estructuras de consumo alimentario. Además, representa un factor de competencia entre naciones por los mercados globales que también inhiben a las políticas de seguridad alimentaria de cada país.

En México, una opción para enfrentar los nuevos retos presentes en esta materia consistiría en ubicar la problemática y las posibilidades que cada componente de la producción requiere para, de esa manera, atenuar la vulnerabilidad que se tiene con el modelo actual que garantiza la disponibilidad a costa de una creciente dependencia externa, su accesibilidad en condiciones de desigualdad y pobreza, así como de la calidad con claras repercusiones en el beneficio físico de los consumidores, junto con los problemas de salud pública que incide. En tal caso, saber hasta dónde alcanza la superficie agrícola para atender las demandas actuales y futuras es un imperativo de diagnóstico y para las políticas alimentarias.

## Capacidad del espacio agrícola en México para lograr la seguridad alimentaria

En este contexto de escasez global determinada en buena medida por los rendimientos decrecientes del suelo y el fin de la frontera agrícola, junto con la necesidad de producir para satisfacer una demanda creciente con las tierras disponibles, surgen dos elementos estratégicos para la seguridad alimentaria en México: a) los alimentos deben producirse al interior para alcanzar la autosuficiencia o más y b) el país debe estar dispuesto a pagar el costo de producirlos internamente, cualquiera que éste sea (Trápaga, 2012). Si bien en México hay cerca de 27.5 millones de hectáreas de tierra arable, la frontera agrícola casi está agotada sin que se produzcan los alimentos necesarios que demanda el crecimiento de la población (INEGI, 2014).

Pese a que este desbalance entre capacidades productivas y necesidades de consumo ha permeado en varios momentos, se ha logrado la autosuficiencia alimentaria. En la década de los 30 del siglo pasado, el control de la tierra por las haciendas condicionó que el equilibrio de mercado se lograra con una oferta limitada y precios elevados, en beneficio de los terratenientes. Esto último y las demandas sociales derivadas de la Revolución Mexicana motivaron a que ocurriera el mayor reparto de tierras en la historia de México y la subsecuente ampliación de la frontera agrícola. El gobierno Cardenista repartió cerca de 18 millones de hectáreas, acción que permitió sembrar en terrenos no explotados e introducir nuevos cultivos debido a la expansión de los ejidos y los apoyos concedidos (Fujigaki, 2004).

Así, como resultado del reparto de tierras, aunado a la inversión en el campo e investigación agrícola, a las semillas mejoradas y los fertilizantes, entre otros, que permitieron aumentar el nivel de oferta de productos básicos, a partir de la década de los 40 México se insertó en un proyecto de industrialización por sustitución de importaciones (1940-1975/1980) que buscó edificar un sector industrial para satisfacer las necesidades del mercado interno con producción nacional, estimulando la demanda agregada como mecanismo de crecimiento económico. La estrategia de desarrollo demandó la intervención activa del Estado dentro del entorno económico del país. La política económica protegió y fortaleció a las empresas nacionales mediante la fijación de aranceles a la importación, precios de garantía, subsidios a la agricultura, apoyos fiscales y de instituciones para la atención de problemáticas sectoriales.

En el caso del sector agropecuario, de 1940 a 1965 se definió una fase extensiva que alcanzó una tasa promedio anual de crecimiento de 6%, lo que permitió garantizar la estabilidad de la oferta de alimentos y materias primas, así como el abasto suficiente, pero ante todo la autosuficiencia. A partir de 1965, el sector presentó dificultades, principalmente por el proceso de desarticulación entre la agricultura y la industria que implicó la sustitución de insumos naturales por sintéticos y el crecimiento de algunas ramas de la industria alimentaria. Como resultado de la pérdida del dinamismo económico, se registraron diversos desequilibrios que redujeron la tasa promedio de crecimiento del sector a 1.7% entre 1965 y 1980 (Fujigaki, 2004).

Esto obligó al Estado a impulsar políticas de modernización del campo para garantizar la seguridad alimentaria, las cuales implicaron un cambio en la forma tradicional de producción: ahora, la agricultura incorporó elementos técnico-científicos (como el uso intensivo de agroquímicos, semillas mejoradas, maquinaria y equipo) y tuvo un control eficiente del agua y de los factores naturales (Hewitt, 1978). Se transitó de la *fase extensiva* a la *intensiva* de la producción alimentaria, pero los resultados fueron limitados y se agudizaron aún más los desequilibrios internos.

Entre estos últimos destaca el creciente rezago del sector agropecuario frente al resto de la economía nacional: mientras en 1940 contribuyó con 19.4% del producto interno bruto (PIB), en 1965 y 1980 lo hizo tan solo con 13.9 y 5.1%, respectivamente. La falta de respuesta de la producción agropecuaria interna ante el propio crecimiento demográfico (que pasó de 45.3 millones a 66.8 millones de personas en el periodo) y los cambios ocurridos en la estructura del consumo, el deterioro de la balanza comercial agrícola y alimentaria, así como los continuos incrementos de las importaciones de productos primarios, llevaron al estancamiento del campo (Gómez, 1996).

La pérdida del dinamismo de las actividades agrícolas se expresó también en la disminución de la superficie cosechada. Entre 1965 y 1980, los terrenos de temporal bajaron su participación en la superficie cosechada de 84 a 71%; aunque los de riego aumentaron de 16 a 29%, no resultó proporcionalmente significativo. Así, el estancamiento experimentado por el sector agrícola visto por la superficie cosechada obedeció, básicamente, a la disminución de las tierras de temporal, siendo más afectados los cultivos básicos, asociados a este tipo de tierra. Esta pérdida continua de autosuficiencia obligó a realizar importaciones crecientes (Romero, 2002).

La contracción del crecimiento del sector agropecuario también se debió a cambios en la estructura entre agricultura y ganadería. Se modificó la demanda final de productos agropecuarios, lo que elevó el consumo de lácteos y carnes en zonas urbanas, sobre todo en los estratos de mayores ingresos, estrechamente vinculados a la expansión de empresas transnacionales en la industria alimentaria. El ritmo de desarrollo pecuario fue superior al agrícola (Fujigaki, 2004; Romero, 2002). Esto último evidenció el avance de las tierras ganaderas a costa de las agrícolas: su área aumentó de 56.3 millones de hectáreas en 1940 a 78.6 millones en 1980 (Fujigaki, 2004).

No obstante, al inicio de la década de los 80, la economía nacional padeció fuertes daños que desembocarían en el estancamiento de la tasa de crecimiento del PIB total y del PIB del sector primario. Concretamente, en 1982, cuando el desarrollo económico en México parecía encontrar sostén en los recién descubiertos recursos petroleros, el país experimentó una severa crisis económica resultado de la caída de los precios del hidrocarburo y de una creciente deuda externa.

Esta crisis produjo un adeudo impagable que provocó la pérdida de la autonomía económica, la reorientación de la política económica y la adopción de un programa de estabilización macroeconómica y ajuste estructural diseñado por organismos internacionales, cuyos objetivos eran controlar el proceso inflacionario, subsanar el déficit de cuenta corriente, nivelar la balanza de comercio exterior y ajustar la paridad cambiaria para recuperar los niveles de crecimiento previos a la gran crisis energética de la década de los 70 del siglo XX. Junto a esto, ocurrió una considerable liberalización del régimen comercial, de las reglas para la inversión extranjera y de las regulaciones internas.

A estas medidas correctivas de *estabilización* siguieron otras de corte estructural con el propósito de refuncionalizar y reducir la participación del Estado mexicano en las actividades económicas con el fin de permitir la regulación de la economía a través del libre mercado de capital, de bienes y servicios, tierras y mano de obra. Como resultado de ello, se suscitó un programa de privatización de empresas públicas y se redefinieron las funciones y alcances del Estado dentro de la economía, su responsabilidad y la naturaleza de su intervención, lo que limitó su capacidad para actuar en la redistribución del ingreso y lo incapacitó para fomentar el desarrollo económico y social, principalmente a través del gasto social como mecanismo corrector de las fallas del mercado.

De esta manera, se adoptó un modelo de desarrollo de economía abierta caracterizado por la apertura tanto económica como comercial, el cual posicionó al mercado como el medio de asignación de los recursos del país, privatizando la mayor parte de sus activos y haciendo depender el proceso de crecimiento de la inversión extranjera y del comercio internacional. La aplicación de esta nueva política económica de mercados abiertos, sin embargo, provocó caídas secuenciales en el PIB, las cuales contrajeron el crecimiento económico, una mayor concentración del ingreso, retrocesos en los niveles de consumo, una ampliación de las condiciones de rezago social de la población y una crisis estructural que agudizó las disparidades a lo largo del territorio nacional y afectó principalmente la dimensión alimentaria.

Todavía más, desde mediados de la década de los 90, a partir de la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), se desmantelaron paulatinamente las políticas agrícolas y alimentarias, lo que provocó el estancamiento de la producción interna y la contracción de la participación promedio del producto interno bruto agropecuario en el PIB total, la cual en las últimas cuatro décadas no rebasó 4%; esta situación imposibilitó al país para producir la cantidad de alimentos que su población demandaba y que amplios sectores de ésta presentaran problemas de subconsumo (Torres, 2017).

Aunque la importación compensa la insuficiente producción, esto refleja el ahondamiento de los problemas estructurales en la agricultura y evidencia el deterioro de las capacidades competitivas de recursos como el suelo, que deben ser la base de la seguridad alimentaria en una nueva dimensión global. Por ello, es importante conocer las capacidades actuales de extensión o restauración de la frontera agrícola, así como sus condiciones de degradación, para lograr una producción que brinde seguridad en el 2030.

Es un hecho que las condiciones físicas imperantes en México no son favorables para las actividades agrícolas: el relieve es abrupto y, además, la calidad de los suelos y las características del clima limitan la disponibilidad natural de las zonas aptas para el desarrollo de esta actividad. Pese a ello, la superficie del territorio mexicano es de 198 millones de hectáreas. Se considera que 14% (27.4 millones) tiene vocación agrícola, mientras que 58% (115 millones) es de agostadero, o sea, para la producción ganadera; además, los bosques y selvas cubren 23% (45.5 millones). De la superficie agrícola total, donde la modalidad de riego abarca 20.3% (5.5 millones) y la de temporal, 79.7% (21.9 millones), solo se alcanzan a sembrar 22 millones. De la superficie sembrada, 72% corresponde a cultivos anuales o cíclicos y 28%, a perennes. De los cíclicos, 76% son del de primavera/verano y 24%, de otoño/invierno. Seis cultivos ocupan 58% de la superficie sembrada: maíz grano blanco, 6.7 millones; sorgo grano, 2.2 millones; frijol, 1.9 millones; y café, caña de azúcar y trigo grano, 762 mil, 752 mil y 695 mil hectáreas, respectivamente (SAGARPA, 2008; INEGI, 2014).

Si bien algunos autores consideran que la frontera agrícola podría ampliarse a 31 millones de hectáreas (Turrent *et al.*, 2012), no presentan evidencia de cuál podría ser el soporte económico de ello ni el impacto ambiental. Esto último es importante porque las causas de la degradación de los suelos en México involucran distintas actividades: 35% de la superficie nacional degradada se asocia a las actividades agrícolas y pecuarias (17.5% cada una de ellas) y 7.4%, a la pérdida de la cubierta vegetal; el resto se divide entre urbanización, sobreexplotación de la vegetación y actividades industriales. Pese a la diversidad de suelos en el país, 63% de ellos presenta algún grado de deterioro, solo el restante no padece degradación aparente y mantiene actividades productivas sustentables;

la categoría ligera representa 24.2%; la moderada, 27.2%; la severa, 10.1%; y la extrema, 1.6% (CONAFOR-UACH, 2013).

La degradación es un factor que, actualmente, pone en riesgo la producción alimentaria en distintos espacios del territorio nacional, lo que compromete la seguridad alimentaria interna. En estas condiciones, es necesario determinar cuáles son las capacidades productivas del suelo agrícola en México para garantizar la seguridad alimentaria interna actual y futura desde la dimensión de la disponibilidad de alimentos.

## **Prospectiva de la oferta y demanda de productos agropecuarios para la seguridad alimentaria en México, 2016-2030**

### **Metodología**

Algunos trabajos previos han proyectado las necesidades de producción y consumo de alimentos básicos en México,<sup>1</sup> sin embargo, no incorporan el problema de la seguridad alimentaria interna ni las capacidades del suelo agrícola para atender el incremento en la demanda. En esta investigación, realizamos una prospectiva hacia el 2030 desde la dimensión de la disponibilidad tomando como criterio la capacidad que tiene el suelo agrícola para lograr el volumen de alimentos que satisfaga la demanda interna.

En la selección de variables, consideramos como de alto poder explicativo: PIB, población, consumo nacional, exportaciones, importaciones, superficie cosechada, rendimiento, consumo per cápita, precio por kilogramo, valor de la producción y ganado en pie, cuyos datos provienen de fuentes como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI); el Consejo Nacional de Población (CONAPO); la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); la FAO; y los informes presidenciales de México.

Para la estimación empírica de los modelos, se construyeron series de datos anuales del periodo 1980-2015, el cual comprende dos momentos de crisis de la economía mexicana y, además, registra los efectos que la apertura comercial y el TLCAN han tenido sobre la estructura productiva del sector agropecuario. Se recurrió a instrumental econométrico para obtener un pronóstico de la oferta y demanda de productos estratégicos seleccionados: empleamos la metodología VAR, pues representa una herramienta muy útil para el pronóstico de series de tiempo debido a que su estructura forma un sistema de variables de series de tiempo interrelacionadas que se explican en gran parte por sus propios valores pasados (Luetkepohl, 2011). Para cada producto seleccionado, elaboramos un modelo de VAR para la producción y otro para el consumo, los cuales arrojan valores del volumen de oferta y demanda para el periodo 2016-2030.

Las estimaciones parten de distintos supuestos: a) a lo largo de la proyección se presentan condiciones climáticas sin cambios, b) no existen choques externos al entorno macroeconómico y para el sector agroalimentario, c) no hay incorporación abrupta de tecnología agrícola que incremente

<sup>1</sup> Ejemplo de ello son Concheiro, Alonso y Graciela Mejía. *Una prospectiva del sector alimentario mexicano y sus implicaciones para la ciencia y la tecnología*. México, Centro de Estudios Prospectivos, Fundación Javier Sierra, CONACYT, 1988; González Pacheco, Cuauhtémoc y Felipe Torres Torres (coordinadores). *Los retos de la soberanía alimentaria en México*. Volumen II (Proyecciones 1992-2000). Instituto de Investigaciones Económicas-Juan Pablo Editor, 1993; SAGARPA. *Escenario base 09-18. Proyecciones para el sector agropecuario de México*. México, SAGARPA, 2009; SAGARPA. *Perspectivas de largo plazo para el sector agropecuario de México 2011-2020*. México, Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios, SAGARPA, 2011.

sustancialmente los niveles de productividad y d) la actual política sectorial de la SAGARPA se mantiene sin cambios independientemente de la renegociación del TLCAN.

La forma reducida del modelo VA es:

$$Y_t = \alpha_1 Y_{t-1} + \dots + \alpha_\rho Y_{t-\rho} + \beta X_t + \varepsilon_t$$

donde:

$Y_t$  es un vector de variables endógenas.  $\alpha_1, \dots, \alpha_\rho, \beta$  son matrices de coeficientes a ser estimados.

$\rho$  es el número de retardos incluidos en el VAR.

$X_t$  es un vector de variables exógenas (variables de intervalo y nominal).

$\varepsilon_t$  es un vector de términos de errores normal e independientemente distribuidos.

Por medio de la metodología de lo general a lo particular (Hendry, 2000) se consiguió la correcta especificación de los 38 modelos VAR.<sup>2</sup> Algunos de éstos consideran la incorporación de un solo rezago o hasta cuatro de las variables.<sup>3</sup> Las tablas con los resultados de las diversas pruebas de diagnóstico garantizan la obtención de los mejores estimadores lineales insesgados (MELI) (ver los cuadros A y B del anexo). Una vez obtenidos los estimadores y validado el modelo, fue posible llevar a cabo los pronósticos de las series para las funciones de producción y consumo de los diversos productos agropecuarios, resultados que se presentan en la siguiente sección.

## Resultados y discusión

Las proyecciones de producción y consumo para una serie de productos agropecuarios que fueron seleccionados debido a la posición estratégica que han tenido en las estructuras internas del consumo en el periodo 2016-2030 plantean una perspectiva adversa para la seguridad alimentaria del país debido a que en la mayoría de ellos la demanda, que llegará a 138 millones de personas, superará la oferta resultante de la producción nacional. Los datos de consumo nacional aparente per cápita muestran la importancia estratégica de dichos productos en la dieta nacional (ver cuadro 1).

Los resultados de las proyecciones de oferta y demanda realizadas para los productos agrícolas seleccionados se presentan en el cuadro 2.

En los granos básicos se da el mayor problema para la seguridad alimentaria del país, sobre todo en el maíz. Dada su importancia en el consumo interno, este grano representa el punto vulnerable debido a que la producción interna en el 2030 solo podrá satisfacer 60% de la demanda. La situación empeora considerablemente para el arroz, ya que para ese mismo año la producción nacional únicamente podrá aportar 21.3% del consumo; para el trigo, 40%; y para el frijol, casi 93% de la demanda esperada. Esta situación muestra que México continuará con un nivel elevado de dependencia alimentaria en granos básicos. Por su parte, la producción interna de cebada, grano de uso industrial, abastecerá 55.3% del consumo nacional en el 2030.

<sup>2</sup> Se empleó el software OxMetrics para realizar las estimaciones de los modelos econométricos.

<sup>3</sup> En los modelos VAR, cada variable se estima por medio de una regresión lineal contra el mismo número de rezagos de cada una de las variables consideradas; sin embargo, es muy común que se obtengan muchos coeficientes no significativos y que, por lo tanto, éstos pierdan precisión, por lo que en algunas ecuaciones se consideró la estructura de un modelo VAR asimétrico, la cual permite que cada ecuación tenga las mismas variables explicativas y que cada variable cuente con un número de rezagos distintos en ese sistema, permitiendo así una mayor flexibilidad en el modelamiento de los sistemas dinámicos (Keating, 2000).

Cuadro 1

**México: consumo aparente de productos seleccionados, 2015 (kilogramos y litros)**

Productos/variable	Consumo aparente per cápita
Arroz	9.1
Frijol	10.4
Maíz	309.9
Trigo	60.1
Cebada	9.0
Aguacate	7.2
Manzana	5.0
Naranja	38.3
Piña	6.3
Plátano	19.7
Cebolla	12.0
Jitomate	12.4
Soya	34.9
Papa	17.0
Carne de ave	30.2
Carne de bovino	15.5
Carne de porcino	18.2
Leche	112.6
Huevo	22.5

Fuente: Peña Nieto, Enrique. *IV Informe de Gobierno, 2016*.

En el caso de las frutas seleccionadas, la manzana y piña presentarán un déficit. El volumen de producción en la primera logrará satisfacer 75% del consumo esperado, mientras que en la segunda alcanzará 95%; por su parte, la naranja, el plátano y el aguacate tendrán un superávit, aunque cabe destacar que la producción de este último podrá cubrir tres veces la demanda interna. Para el resto de los productos seleccionados, la soya presentará saldo deficitario porque cubrirá tan solo 19.4 por ciento. Si bien la cebolla, el jitomate y la papa reportarán un saldo positivo, es relevante que el jitomate tendrá la posibilidad de satisfacer 3.5 veces la demanda nacional.

Debido a su importancia en el consumo de la población mexicana, también se realizaron proyecciones para los productos pecuarios. Para el 2015, la composición de valor de la producción de la actividad ganadera del país se presentó de la siguiente manera: la de carne de ave aportó 26% y la de bovino, 22.9%; en tanto, la de leche de bovino, huevo y carne de porcino contribuyeron con 18.8, 15.5 y 14%, respectivamente. Los resultados de las proyecciones de oferta y demanda de estos productos se observan en el cuadro 3.

**México: producción y consumo de productos agrícolas seleccionados en el 2030 (toneladas)**

Productos/variables	Producción	Consumo	Saldo
Arroz	269 554	1 263 755	-994 202
Frijol	1 097 167	1 183 166	-85 999
Maíz	29 991 624	50 397 007	-20 405 383
Trigo	3 604 175	8 756 110	-5 151 935
Cebada	768 640	1 389 510	-620 870
Aguacate	2 162 828	785 241	1 377 587
Manzana	833 690	1 115 371	-281 681
Naranja	5 547 590	5 356 520	191 070
Piña	1 137 333	1 190 060	-52 727
Plátano	2 409 268	2 132 896	276 371
Cebolla	1 973 192	1 559 054	414 138
Jitomate	4 459 749	1 300 548	3 159 201
Papa	2 185 338	2 065 050	51 187
Soya	799 119	4 110 550	-3 311 430

Fuente: elaboración propia con base en los valores proyectados de los modelos VAR.

En el 2030, solo la carne de ave presentará déficit, pues la producción interna cubrirá 80.2% del consumo nacional; la de bovino podrá abastecer 1.5 veces, mientras que la de porcino lo hará en poco más de 100%, al igual que en el caso de la leche. Finalmente, la producción de huevo podrá satisfacer 1.8 veces la demanda interna.

Si bien la proyección de la oferta y demanda de productos agrícolas brinda un panorama de la situación futura de la seguridad alimentaria, no resulta suficiente para determinar si el suelo agrícola en México tiene la capacidad de alcanzar el volumen de producción requerido para cubrir el incremento de la demanda interna de alimentos, que resulta del natural crecimiento de la población, y que reduzca la dependencia del exterior, es decir, saber si este recurso natural es o no un factor estratégico para alcanzar la seguridad alimentaria, pero a la luz de la autosuficiencia.

Para responder a ello, con los resultados de las proyecciones provenientes del modelo econométrico se mide indirectamente la capacidad del suelo agrícola mediante un ejercicio aritmético. Al dividir el volumen del déficit de producción entre el rendimiento promedio por hectárea del periodo pronosticado se obtienen las hectáreas necesarias para cubrir en el 2030 la demanda de alimentos para cada uno de los productos seleccionados. Los resultados sugieren que deben incorporarse

Cuadro 3

**México: producción y consumo de productos pecuarios seleccionados en el 2030 (toneladas y litros)**

Productos/variables	Producción	Consumo	Saldo
Carne de ave	1 813 931	2 261 422	-447 491
Carne de bovino	4 421 555	2 868 424	1 553 131
Carne de porcino	2 677 705	2 532 567	145 138
Leche	17 784 027	16 487 113	1 296 914
Huevo	7 030 808	3 814 279	3 216 529

Fuente: elaboración propia con base en los valores proyectados de los modelos VAR.

Cuadro 4

**México: superficie cosechada adicional necesaria para cubrir la demanda interna de productos agrícolas seleccionados en el 2030**

Productos/variables	Déficit (toneladas)	Rendimiento promedio del periodo 2016-2030	Superficie cosechada necesaria para el 2030 (déficit/rendimiento promedio)
Arroz	994 202	5.4	184 111
Cebada	620 870	2.6	238 796
Frijol	85 999	0.7	122 856
Maíz	20 405 383	4.0	5 101 346
Manzana	281 681	13.4	21 021
Piña	52 727	47.6	1 108
Trigo	5 151 935	4.9	1 051 415
Soya	3 311 430	1.7	1 947 900
<b>Total</b>			<b>8 668 553</b>

Fuente: elaboración propia con base en los valores proyectados de los modelos VAR.

8 668 553 hectáreas. Los tres productos que ocupan la mayor parte son el maíz, la soya y el trigo (ver cuadro 4).

Como ya se mencionó, en la actualidad se emplean 22 millones de hectáreas para actividades agrícolas, aunque la superficie total con esta vocación podría alcanzar 27.4 millones. Más aún, la frontera agrícola podría expandirse a cerca de 31 millones. En ese sentido, dadas las condiciones actuales, la superficie cosechada necesaria para cubrir la demanda en el 2030 asciende a 8 668 553 hectáreas. Si a esta última cifra se suman 22 millones de hectáreas dedicadas hoy en día, el total requerido para alcanzar la autosuficiencia asciende a 30 668 553 hectáreas, es decir, a la extensión total de la frontera agrícola (ver cuadro 5).

No obstante, en la medida en que el suelo enfrenta procesos de degradación que vulneran la producción alimentaria, históricamente se han buscado mecanismos para incrementar la productividad, pero manteniendo la sostenibilidad y las capacidades productivas de éste; los avances científicos generados durante el siglo XX (como el fitomejoramiento, la biotecnología, la ingeniería genética y el control enzimático) lo han hecho posible.

Cuadro 5

**México: superficie cosechada total requerida para cubrir la demanda interna de productos agrícolas seleccionados en el 2030 (hectáreas)**

Productos	Superficie cosechada requerida por producto (hectáreas)
Arroz	184 111
Cebada	238 796
Frijol	122 856
Maíz	5 101 346
Manzana	2 1021
Piña	1 108
Trigo	1 051 415
Soya	1 947 900
Superficie cosechada requerida en el 2030	8 668 553
Superficie agrícola empleada actualmente	22 000 000
Superficie cosechada total requerida en el 2030	30 668 553

Fuente: elaboración propia con base en los valores proyectados de los modelos VAR.

### México: superficie cosechada necesaria para alcanzar seguridad alimentaria a partir de la incorporación de tecnología (hectáreas)

Productos/variables	Superficie cosechada necesaria en el 2030	Superficie cosechada necesaria con incremento de rendimientos por vía de la tecnología			
		Incremento 25% rendimiento	Incremento 50% rendimiento	Incremento 75% rendimiento	Incremento 100% rendimiento
Arroz	184 111	147 289	122 741	105 207	92 056
Cebada	238 796	191 037	159 197	136 455	119 398
Frijol	122 856	98 285	81 904	70 203	61 428
Maíz	5 101 346	4 081 077	3 400 897	2 915 055	2 550 673
Manzana	21 021	16 817	14 014	12 012	10 510
Piña	1 108	886	738	633	554
Trigo	1 051 415	841 132	700 944	600 809	525 708
Soya	1 947 900	1 558 320	1 298 600	1 113 086	973 950
<b>Total</b>	<b>8 668 553</b>	<b>6 934 843</b>	<b>5 779 035</b>	<b>4 953 460</b>	<b>4 334 227</b>
Superficie empleada	22 000 000	22 000 000	22 000 000	22 000 000	22 000 000
Superficie cosechada necesaria	30 668 553	28 934 843	27 779 035	26 953 460	26 334 227

Fuente: elaboración propia con base en los valores proyectados de los modelos VAR.

Si se aplicarán nuevas tecnologías a la producción agrícola actual del país que incrementen los rendimientos por hectárea, por ejemplo las técnicas para optimizar el uso de nutrientes en las plantas o el Sistema Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF), en el 2030 se podría reducir la superficie cosechada necesaria para alcanzar la seguridad alimentaria, considerando los efectos de la degradación del suelo y las implicaciones que tendría emplear el total de extensión apta para labores agrícolas. Así, si se incrementara el rendimiento de los cultivos seleccionados en 25% se requerirían 28 934 843 hectáreas; en el caso de que mejorase 50%, la superficie necesaria sería de 27 779 035; y en el supuesto de que mediante una política agrícola activa se aumentara 75% o se duplicara, se demandarían 26 953 460 y 26 334 227, respectivamente (ver cuadro 6).

De esta manera, los resultados de las estimaciones muestran que el suelo agrícola en México cuenta con la capacidad para producir los alimentos necesarios para atender la creciente demanda de la población en el 2030, lo cual hace posible alcanzar la seguridad alimentaria interna por medio de la disponibilidad suficiente.

# Anexo

## Cuadro A

### Modelos de producción de bienes seleccionados

Variables/ producto	Coeficiente																		
	Arroz	Frijol	Maíz	Trigo	Cebada	Aguate	Manzana	Naranja	Piña	Plátano	Cebolla	Jito- mate	Soya	Papa	Came de ave	Came de bovino	Came de porcino	Leche	Huevo
Exportaciones	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	(2) -3.280 [0.009]	-----	-----	-----	-----	-----	(2) -2.680 [0.000]	(3) -5.106 [0.045]	-----
Importaciones	(1) 4.810 [0.078]	-----	(3) -0.597 [0.031]	-----	-----	-----	(1) -1.870 [0.031]	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	9.610 [0.0064]	-----	(3) -1.143 [0.014]	(3) -1.143 [0.014]	(3) 7.698 [0.019]
Producción	(2) -1.510 [0.056]	(2) 3.931 [0.007]	(2) 0.555 [0.026]	(3) -1.529 [0.123]	(1) 239 [0.153]	(1) 1.645 [0.040]	(2) -1.266 [0.013]	(3) -0.323 [0.066]	(1) 0.710 [0.000]	(5) -2.663 [0.040]	(3) 1.993 [0.0385]	(4) -3.870 [0.003]	(3) -1.110 [0.075]	(4) 2.305 [0.008]	(1) 0.976 [0.000]	(1) 2.368 [0.003]	(1) 0.973 [0.000]	(1) 0.0694 [0.000]	(1) 0.812 [0.000]
Superficie sembrada	-----	-----	-----	(3) 6.270 [0.098]	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Superficie cosechada	(2) 6.880 [0.028]	(2) -2.601 [0.007]	(3) -0.441 [0.446]	-----	(2) 0.300 [0.570]	(1) -10.964 [0.154]	(2) 4.160 [0.004]	(1) 1.080 [0.000]	(3) -9.440 [0.024]	(5) 79.395 [0.020]	(3) -42.700 [0.031]	(4) 0.0009 [0.004]	(3) 2.401 [0.049]	(4) -49.998 [0.007]	-----	-----	-----	-----	-----
Rendimiento	(2) 141.711 [0.072]	(2) -7.570 [0.002]	(3) -5.750 [0.022]	(3) 1.420 [0.067]	(2) 179717 [0.012]	(1) -163898 [0.019]	(2) 89553.9 [0.001]	(1) 53962.1 [0.000]	(3) 1432.74 [0.049]	(5) 1.780 [0.062]	(3) -98824.7 [0.037]	(4) 2.978 [0.001]	(3) -1.840 [0.000]	(4) -160533 [0.016]	-----	-----	-----	-----	-----
Valor de la producción	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	(3) -7.050 [0.012]	(2) 1.870 [0.004]	(3) 8.590 [0.000]	(1) 3.690 [0.002]	(3) 0.0007 [0.084]
Ganado en pie	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	(1) -0.950 [0.019]	-----	-----	-----
Tendencia	-18.480 [0.004]	-----	5.280 [0.002]	-----	-----	21399.6 [0.000]	8.250 [0.000]	4.240 [0.000]	1.000 [0.005]	1.930 [0.0001]	57039.2 [0.017]	-----	-----	30024.2 [0.013]	-----	-----	-----	-----	-----
Constante	-----	8.240 [0.000]	-----	-2.650 [0.586]	-----	1.580 [0.016]	-----	-----	-----	-----	2.640 [0.009]	-----	-----	4.290 [0.001]	6.500 [0.088]	4.860 [0.004]	-----	2.040 [0.006]	221349 [0.014]
<b>Estadísticos de la estimación</b>																			
R2	0.999975	0.750753	0.999995	0.938549	0.988422	0.978882	0.999909	0.99993	0.99943	0.999993	0.999137	0.999981	0.996485	0.976398	0.999831	0.998718	0.999959	0.999057	0.995991
Estadístico F	F(32,79) =41.131 [0.000]	F(18,65) =2.309 [0.007]	F(36,69) =49.211 [0.000]	F(27,56) =3.324 [0.000]	F(9,65) =33.661 [0.000]	F(12,66) =18.256 [0.000]	F(20,83) =65.135 [0.000]	F(12,69) =207.827 [0.000]	F(12,71) =94.634 [0.000]	F(27,59) =128.325 [0.000]	F(32,79) =14.260 [0.000]	F(18,65) =165.565 [0.000]	F(12,69) =42.964 [0.000]	F(28,73) =16.588 [0.000]	F(9,65) =252.451 [0.000]	F(12,69) =65.583 [0.000]	F(12,71)= 266.055 [0.000]	F(9,65) =120.762 [0.000]	F(9,63) =61.015 [0.000]
<b>Pruebas de diagnóstico</b>																			
Autocorre- lación 1-2	[0.103]	[0.335]	[0.303]	[0.071]	[0.151]	[0.112]	[0.858]	[0.174]	[0.503]	[0.292]	[0.132]	[0.071]	[0.920]	[0.061]	[0.042]	[0.197]	[0.149]	[0.355]	[0.079]
Normalidad	[0.179]	[0.948]	[0.568]	[0.317]	[0.163]	[0.010]	[0.291]	[0.136]	[0.417]	[0.014]	[0.115]	[0.817]	[0.639]	[0.057]	[0.379]	[0.212]	[0.263]	[0.326]	[0.571]
Hetero- cedasticidad	[0.089]	[0.017]	[0.024]	[0.213]	[0.536]	[0.204]	[0.367]	[0.088]	[0.005]	[0.234]	[0.089]	[0.673]	[0.020]	[0.842]	[0.050]	[0.547]	[0.952]	[0.148]	[0.024]

**Nota:** los paréntesis indican el número de rezagos y los corchetes, los *p-values*.

**Fuente:** elaboración propia.

## Conclusiones

La mayoría de los productos que consumimos se producen directa o indirectamente en el suelo. Este último ha experimentado transformaciones profundas en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, las cuales han conducido a un desgaste de la capa superficial (erosión), a la pérdida de sus propiedades químicas originales (materia orgánica y nutrientes) y a una reducción de la fuente energética esencial para el desarrollo de los microorganismos transformadores de los residuos orgánicos.

Cuadro B

## Modelos de consumo de bienes seleccionados

Variables/ producto	Coeficiente																		
	Arroz	Frijol	Maíz	Trigo	Cebada	Aguacate	Manzana	Naranja	Piña	Plátano	Cebolla	Jito- mate	Soya	Papa	Carne de ave	Carne de bovino	Carne de porcino	Leche	Huevo
Consumo aparente	(1) -0.504 [0.05]	(1) -0.069 [0.6922]	(4) -0.109 [0.452]	(3) -0.410 [0.022]	(2) 0.259 [0.096]	(3) 0.379 [0.0595]	(3) -0.362 [0.079]	(4) 0.347 [0.007]	(3) -0.248 [0.008]	(1) 0.287 [0.098]	(1) 0.357 [0.027]	(4) 0.401 [0.061]	(1) 3.760 [0.011]	(5) 0.318 [0.059]	(1) 0.609 [0.001]	(3) -1.313 [0.012]	(1) 0.915 [0.000]	(1) 0.493 [0.001]	(1) 0.872 [0.000]
Consumo per cápita	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	(2) 38210.9 [0.010]	(3) -1.120 [0.010]	(4) -14641.1 [0.065]	-----	(1) 1.380 [0.103]
PIB	(4) -7.240 [0.1185]	(3) -0.0003 [0.010]	(2) 0.002 [0.000]	(3) 0.0004 [0.001]	(1) 41.972 [0.000]	(3) -118.1 [0.0106]	-----	(4) -4.900 [0.000]	(3) 4.130 [0.000]	(1) -98.004 [0.364]	(3) 45.369 [0.000]	(2) 301.844 [0.003]	(4) -5.690 [0.008]	(5) -129.899 [0.025]	-----	-----	-----	-----	-----
Población total	-----	-----	-----	-----	-----	(1) 0.005 [0.3487]	-----	-----	-----	(1) 0.005 [0.3487]	-----	-----	(1) 0.005 [0.3487]	-----	-----	-----	-----	-----	-----
INPC	(2) -19206.8 [0.027]	-----	-----	(1) 0.201 [0.214]	-----	(2) 5698.67 [0.0443]	-----	(3) 4.620 [0.040]	(1) 3.350 [0.016]	(3) 25140.9 [0.059]	(4) -14701.6 [0.006]	(5) -16223.8 [0.007]	(2) -88877.8 [0.007]	(5) -9975.430 [0.011]	-----	-----	-----	-----	-----
Exportaciones	-----	-----	-----	-----	-----	-----	(2) -1.570 [0.007]	-----	-----	-----	-----	-----	-----	(2) -22.59 [0.394]	-----	-----	-----	(1) -4.43 [0.169]	-----
Importaciones	(1) 0.633 [0.018]	(2) -1.310 [0.034]	(3) -0.539 [0.020]	-----	(3) 1.029 [0.004]	-----	(1) -307.316 [0.001]	-----	-----	-----	-----	(5) 6.520 [0.076]	(2) 0.097 [0.249]	-----	(3) -4.000 [0.210]	(1) 5.310 [0.002]	(2) 2.140 [0.174]	(1) -0.912 [0.000]	(3) 5.169 [0.112]
Precio por kilogramo	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	(2) 1.920 [0.002]	-----	-----	-----	-----
Tendencia	-----	11267.1 [0.648]	272249 [0.005]	-----	-----	-----	3.850 [0.000]	131816 [0.000]	1.220 [0.115]	-----	-----	-----	-----	30213 [0.033]	-----	56422 [0.002]	-----	135874 [0.000]	-----
Constante	1.250 [0.0005]	1.380 [0.011]	-----	3.440 [0.000]	-----	803605 [0.0595]	3.240 [0.000]	-----	-----	2.070 [0.024]	-----	-1.460 [0.074]	4.580 [0.002]	1.640 [0.000]	-----	-----	2.830 [0.024]	4.340 [0.001]	-----
Estadísticos de la estimación																			
R2	0.999574	0.996507	0.999572	0.986636	0.999616	0.99994	0.951215	0.999999	0.999998	0.999563	0.999987	0.998058	0.999751	0.999538	0.999994	0.999997	0.989508	0.980737	0.999993
Estadístico F	F(20,73) =34.676 [0.000]	F(18,65) =23.264 [0.000]	F(12,69) =102.216 [0.000]	F(9,65) =35.427 [0.000]	F(9,68) =184.493 [0.000]	F(12,66) =106.1 [0.000]	F(12,66) =11.801 [0.000]	F(21,66) =408.917 [0.000]	F(15,69) =550.241 [0.000]	F(12,69) =101.381 [0.000]	F(12,66) =381.516 [0.000]	F(28,73) =12.214 [0.000]	F(20,73) =41.438 [0.000]	F(28,73) =19.472 [0.000]	F(16,77) =240.272 [0.000]	F(15,72) =427.848 [0.000]	F(9,63) =38.793 [0.000]	F(12,69) =19.85 [0.000]	F(9,65) =366.05 [0.000]
Pruebas de diagnóstico																			
Autocorrección 1-2	[0.064]	[0.446]	[0.373]	[0.494]	[0.171]	[0.0536]	[0.563]	[0.142]	[0.103]	[0.137]	[0.054]	[0.396]	[0.486]	[0.388]	[0.104]	[0.086]	[0.293]	[0.063]	[0.872]
Normalidad	[0.122]	[0.034]	[0.450]	[0.243]	[0.093]	[0.012]	[0.236]	[0.176]	[0.825]	[0.049]	[0.097]	[0.952]	[0.571]	[0.873]	[0.669]	[0.147]	[0.211]	[0.922]	[0.386]
Pruebas de diagnóstico																			
Heterocedasticidad	[0.380]	[0.278]	[0.421]	[0.808]	[0.645]	[0.3066]	[0.131]	[0.020]	[0.063]	[0.276]	[0.022]	[0.058]	[0.885]	[0.110]	[0.750]	[0.734]	[0.328]	[0.034]	[0.164]

**Nota:** los paréntesis indican el número de rezagos y los corchetes, los *p-values*.

**Fuente:** elaboración propia.

La dimensión de la disponibilidad de la seguridad alimentaria exige a una nación tener con alimentos en cantidades suficientes y de calidad, con fácil acceso físico y de manera estable para satisfacer las necesidades alimentarias de la población. Desde la década de los 80 del siglo XX, sin embargo, México no ha logrado producir el volumen de alimentos necesarios para satisfacer el consumo de su población y reducir la dependencia y vulnerabilidad alimentaria del exterior, principalmente en productos básicos. La demanda de alimentos en el 2030, que provendrá de 138 millones de personas, exige que el país desarrolle nuevas prácticas y tecnologías productivas que permitan incrementar el volumen de producción en aquellos productos que reportan una alta dependencia de suministros externos con el fin de alcanzar un nivel cercano a la autosuficiencia alimentaria sin el deterioro de la calidad del suelo.

Los resultados de las proyecciones muestran que si bien México tiene restricciones de suelo, la superficie agrícola tiene la capacidad para cubrir la demanda interna de los productos en los cuales se prevé un déficit, lo que permitiría garantizar la seguridad alimentaria desde la dimensión de la disponibilidad más allá de resolver las condiciones de acceso. Esto se podría lograr a través de incrementar los rendimientos por hectárea a partir de incorporar tecnología que sea sustentable, principalmente de aquellos cultivos que presentan déficit, bajo distintos escenarios, ampliar la frontera agrícola en 8.6 millones de hectáreas manteniendo el mismo rendimiento que se ha observado en el periodo analizado, o bien, a partir de combinar ambos mecanismos.

## Fuentes

- Bautista, A., J. Etchevers, R. F. Del Castillo y C. Gutiérrez. "La calidad del suelo y sus indicadores", en: *Ecosistemas*. España, Asociación Española de Ecología Terrestre-Universidad Rey Juan Carlos, pp. 90-97, 2004.
- Burbano-Orjuela, H. "El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria", en: *Ciencias Agrícolas*. Universidad de Nariño, 2016, pp. 117-124.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)-Universidad Autónoma Chapingo (UACH). *Línea base nacional de degradación de tierras y desertificación. Informe final*. México, Jalisco, 2013.
- FAO. *Declaración de la Cumbre Mundial sobre la Seguridad Alimentaria*. Italia, FAO, Roma, 2009a.
- \_\_\_\_\_. *Guía para la descripción de suelos*. Italia, FAO, Roma, 2009b.
- \_\_\_\_\_. *El suelo como factor para la seguridad alimentaria y la adaptación y mitigación del cambio climático*. Italia, FAO, Roma, 2010.
- \_\_\_\_\_. *Healthy soils are the basis for healthy food production*. Italy, FAO, Rome, 2015.
- FAO-IFAD-WFP. *The State of Food Insecurity in the World. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress*. Italy, FAO, Rome, 2015.
- Fujigaki, E. *La agricultura, siglos XVI al XX*. Vol. 9. México, Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial de la UNAM-Océano, 2004.
- Gómez, L. "El papel de la agricultura en el desarrollo de México", en: *Estudios Agrarios*. México, Procuraduría Agraria, pp. 33-84, 1996.
- Hendry, D. *Econometrics: Alchemy or Science? Essays in Econometric Methodology*. USA, Oxford University Press, New York, 2000.
- Hewitt, C. *La modernización de la agricultura mexicana, 1940-1970*. México, Siglo XXI Editores, 1978.
- Keating, J. "Macroeconomic modeling with asymmetric vector autoregressions", en: *Journal of Macroeconomics*. USA, Louisiana State University Press, pp. 1-28, 2000.
- Liberti, S. *Los nuevos amos de la tierra*. México, Taurus, 2014.
- Luetkepohl, H. "Vector Autoregressive Models", en: *EUI Working Papers*. Italy, European University Institute, pp. 1-56, 2011.
- Luiselli, C. *Agricultura y alimentación en México*. México, Programa Universitario de Estudios del Desarrollo-UNAM, 2017.
- Porta, J., M. López-Acevedo y C. Roquero. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. España, Ediciones Mundi Prensa, 2015.
- Romero, E. *Un siglo de agricultura en México*. México, UNAM-Miguel Ángel Porrúa, 2002.
- SAGARPA. *El suelo agrícola y la producción agropecuaria*. México, SAGARPA, 2008 (DE) <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/EI%20suelo%20y%20la%20produccion%20agropecuaria.pdf>
- INEGI. *Encuesta Nacional Agropecuaria 2014*. México, INEGI, 2014.
- Sassen, S. *Expulsiones. Brutalidad y complejidad en la economía global*. Argentina, Katz, Buenos Aires, 2015.
- Trápaga, Y. "El fin de la frontera agrícola y el acaparamiento de tierras en el mundo", en: *Investigación Económica*. México, UNAM, pp. 71-92, 2012.
- Torres, F. "La seguridad alimentaria en la estructura del desarrollo económico de México", en: *Implicaciones regionales de la seguridad alimentaria en la estructura del desarrollo económico de México*. México, Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM, pp. 119-176, 2017.
- Turrent, A., T. Wise y E. Garvey. *Achieving Mexico's Maize Potential*. USA, Global Development and Environment Institute-Tufts University, Medford MA, 2012.