

Estudios Sociales

Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional

Volumen 34, Número 63. Enero – Junio 2024

Revista Electrónica. ISSN: 2395-9169

Artículo

Análisis de la autosuficiencia en proteínas:
el caso de México en el período 1994-2021

Analysis of protein self-sufficiency:
The case of Mexico in the period 1994-2021

DOI: <https://doi.org/10.24836/es.v34i63.1410>
e241410

Antonio Aguilar-López*
<https://orcid.org/0000-0001-9343-5764>

Juan Hernández-Ortiz**
<https://orcid.org/0000-0001-5957-594X>

Miguel Ángel Martínez-Damián***
<https://orcid.org/0000-0002-1215-7406>

Fecha de recepción: 19 de julio de 2023.

Fecha de aceptación: 14 de mayo de 2024.

* Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huichapan. México.

**Universidad Autónoma Chapingo. México.

***Colegio de Postgraduados. México.

Autor para correspondencia: Antonio Aguilar-López.

Instituto Tecnológico Superior de Huichapan. 42411. División de Ingeniería en Gestión Empresarial.
Huichapan, México. Teléfono: (01 761) 724 81 47 Ext. 1022.

Dirección electrónica: aaguilar@iteshu.edu.mx

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.
Hermosillo, Sonora, México.



Resumen

Objetivo: analizar la habilidad de México para satisfacer la demanda doméstica de alimentos ricos en proteínas, usando su propio potencial productivo, a partir del TLCAN. **Metodología:** estimación de una razón de autosuficiencia por producto, pruebas de raíz unitaria y regresión lineal. **Resultados:** México mostró niveles de autosuficiencia promedio entre 0.85 y 1.15 en carne de ganado vacuno, cebada y leche entera en polvo, con tendencia positiva; la carne de pollo y huevo de gallina muestran niveles dentro del mismo rango, pero con tendencia negativa. Productos como avena, carne de cerdo, maíz y trigo presentan niveles de autosuficiencia por debajo de 0.85, con una tendencia erosiva. Finalmente, productos como centeno y frijol muestran un comportamiento estacionario alrededor de una media (0.28 y 0.93, respectivamente). **Limitaciones:** algunos productos no cuentan con observaciones completas; se omiten pescados y mariscos del estudio; no se consideran diferencias de calidad, precios relativos o variedad de los productos como las causas de las importaciones; no se considera el efecto del tipo de cambio sobre las importaciones. **Conclusiones:** el foco de atención del debate público debe centrarse en garantizar la estabilidad de la oferta de proteínas, más acorde con los objetivos del desarrollo sostenible, en lugar de apuntar hacia la autosuficiencia por producto.

Palabras clave: alimentación contemporánea, autosuficiencia alimentaria, proteínas, pollo, huevo, México.

Abstract

Objective: To analyze Mexico's ability to satisfy its domestic demand for protein-rich food items, by means of its own productive potential, from the onset of NAFTA. **Methodology:** Estimation of a self-sufficiency ratio by product, unit-root tests, and linear regression. **Results:** Mexico exhibits average self-sufficiency levels between 0.85 to 1.15 in meat of cattle, barley, and whole milk powder, with positive trend; meat of chickens and hen eggs show levels within the same range, but with negative trend. Items such as oats, meat of pig, corn, and wheat present self-sufficiency levels below 0.85, with an erosive trend. Finally, items like rye and beans show a stationary behavior around a mean value (0.28 y 0.93, respectively). **Limitations:** Some items do not have complete observations; fish and shellfish are omitted from the study; differences in quality, relative prices, or item variety are not considered as the causes of imports; the effect of the exchange rate on imports is not considered. **Conclusions:** The focus of attention of the public debate should be on securing the stability of the protein supply, more in line with the sustainable development goals, rather than aiming at self-sufficiency by product.

Keywords: contemporary food, food self-sufficiency, proteins, chicken, eggs, Mexico.

Introducción

Durante décadas, el mundo experimentó un crecimiento sostenido en el comercio, incluido el de alimentos, favorecido por medios de comunicación y de transporte más baratos, pero también por una reducción en las barreras comerciales (Godfray et al., 2010b). Sin embargo, luego de la crisis en el precio de los alimentos de 2007-2008, el tema de la autosuficiencia alimentaria comenzó a ganar relevancia en la agenda política internacional (Clapp, 2017). Varios países optaron por cambiar el panorama político, reduciendo su dependencia sobre el sector privado, aumentando sus intervenciones en los mercados, o intentando alcanzar su autosuficiencia (Maetz et al., 2011). Así, algunos países de África han emprendido esfuerzos para incrementar la producción de arroz (Arouna, Fatognon, Saito y Futakuchi, 2021; Fontan Sers y Mughal, 2020); Indonesia ha buscado incrementar la producción de alimentos y reducir las importaciones desde 2009 (Hamilton-Hart, 2019). Rusia se planteó la meta de la autosuficiencia desde el 2014 (Wegren y Elvestad, 2018).

La pandemia del SARS-CoV-2 renovó el interés entre los países por una mayor autosuficiencia económica en general (Helleiner, 2021). La guerra en Ucrania, iniciada en 2022, no ha hecho sino reforzar este interés en algunos países, como los del Norte de África y Oriente Medio, que dependen fuertemente de importaciones de trigo proveniente de Rusia y Ucrania (Glauben et al., 2022). En Egipto, donde el trigo es materia de estabilidad política, la autosuficiencia en este grano se ha convertido en un objetivo estratégico (Abdalla, Stellmacher y Becker, 2023).

La autosuficiencia alimentaria se entiende como el grado en el que un país puede satisfacer sus necesidades de alimentación a partir de su producción doméstica (FAO, 1999). La medición de este indicador comenzó a ganar relevancia a partir de la crisis en el precio de los alimentos de 2007-2008 (Enriquez, 2020) y se vio reforzada por otros eventos recientes

que han alterado los flujos comerciales entre países (Wassénius, Porkka, Nyström y Søgaaard Jørgensen, 2023). El concepto de autosuficiencia alimentaria se extiende a través de un continuo que lleva asociado un abanico de políticas económicas. En un extremo, la posición autárquica interpreta la autosuficiencia como una total dependencia sobre la producción doméstica para satisfacer las necesidades de alimentos de un país, evitando el comercio internacional. En el otro extremo, la posición pragmática entiende la autosuficiencia como la condición en la que la producción doméstica de un país iguala o excede su consumo doméstico de alimentos, pero que toma en consideración el comercio internacional (Clapp, 2017).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la seguridad alimentaria es un estado en el que todas las personas, en todo momento, tienen acceso económico, físico y social a alimentos nutritivos, saludables y suficientes para satisfacer sus necesidades nutricionales, así como sus preferencias por alimentos, de manera que puedan llevar una vida activa y saludable (FAO, 2003). Los cuatro pilares de la seguridad alimentaria son: acceso, disponibilidad, estabilidad y uso. En este sentido, la autosuficiencia puede entenderse como uno de los pilares de la seguridad alimentaria del Estado: desde la perspectiva pragmática, si el Estado no puede asegurar una cantidad suficiente de alimentos a partir de su mercado doméstico, es necesario importarlos (Škamlová, 2022).

Por otro lado, el crecimiento de la población a nivel mundial y el crecimiento en el consumo per cápita que se esperan en las próximas décadas permiten anticipar un incremento en la demanda global de alimentos, en especial de aquellos ricos en proteínas (Godfray et al., 2010a; Henchion, Hayes, Mullen, Fenelon y Tiwari, 2017). Existe, además, un consenso sobre que la producción de alimentos debe incrementarse para cubrir las necesidades globales

y con ello lograr uno de los objetivos del desarrollo sostenible (hambre cero) (Giller et al., 2021), pero las tendencias observadas en la producción de arroz, maíz, trigo y soya no son suficientes para lograr esa meta (Ray, Mueller, West y Foley, 2013).

Contrario a la tendencia histórica creciente en la energía alimentaria producida (DEP, por sus siglas en inglés, medida como las calorías alimentarias cultivadas o capturadas per cápita) a nivel global, la autosuficiencia alimentaria de los países ha mostrado una disminución en el último medio siglo, a medida que se incrementa el número de países incapaces de generar suficiente DEP para sus habitantes (Schramski, Woodson, Steck, Munn y Brown, 2019). En este sentido, existe evidencia de que México es uno de esos países, pues en 2005 mostraba un bajo nivel de autosuficiencia alimentaria, aunque con una alta disponibilidad apuntalada por importaciones (medidas en términos de DEP) (Porkka, Kummu, Siebert y Varis, 2013).

Los seres humanos no solo necesitan calorías para subsistir, sino que también requieren nutrientes específicos. En este sentido, las proteínas son parte esencial de una dieta saludable, pues proveen los aminoácidos necesarios para el crecimiento y la reparación de tejidos (Colgrave et al., 2021). No obstante, el sistema agrícola global ha mostrado una sobreproducción de granos, grasas y azúcares, así como una insuficiente producción de frutas, verduras y proteínas para satisfacer las necesidades nutricionales de la población mundial (Kc et al., 2018).

El consumo de productos agrícolas en México se encuentra por encima del límite natural de tierra cultivable (para los once principales cultivos alimentarios y forrajeros) desde el año 2000, por lo que entre el 30% y el 50% de la población depende de la tierra y agua de otros países (Fader, Gerten, Krause, Lucht y Cramer, 2013), mediante importaciones. Cerca de la mitad de los suelos del país se encuentran degradados, lo que puede limitar la

autosuficiencia alimentaria (Cotler, Corona y Galeana-Pizaña, 2020). En este sentido, se espera que el cambio climático reduzca el área con potencial productivo para el frijol (Medina-García et al., 2016), así como la producción de trigo (Hernandez-Ochoa et al., 2018) y de maíz de temporal (Murray-Tortarolo, Jaramillo y Larsen, 2018). Por su parte, el ganado vacuno y caprino del país es vulnerable a las sequías, a diferencia del ganado ovino (Murray-Tortarolo y Jaramillo, 2019).

Incrementos en el PIB per cápita se traducen en incrementos en la demanda de calorías y de proteínas (Tilman et al., 2011). Al incrementarse el porcentaje de urbanización de los países se erosiona su autosuficiencia alimentaria (desde la perspectiva termodinámica) y se incrementa el porcentaje de calorías derivadas de la carne (Schramski et al., 2019). Así, el efecto de un crecimiento en el ingreso en México sobre el consumo de proteínas dependerá del efecto combinado de la Ley de Engel (al incrementarse el ingreso, se reduce la proporción gastada en alimentos) y de la Ley de Bennett (al incrementarse el ingreso, se incrementa el consumo de alimentos como carnes, aceites, edulcorantes, frutas y verduras, en detrimento de alimentos ricos en almidón) (Godfray et al., 2010b). En este sentido, el porcentaje de urbanización de México pasó de 50% en 1960 a más del 75% en 2018, y aún muestra una tendencia creciente (Luiselli Fernández, 2019). Por otro lado, entre 2012 y 2016 los adultos mexicanos ya presentaban un consumo más allá de las cantidades recomendadas para granos (en su mayoría refinados), lácteos, azúcares añadidos y proteínas de origen animal (en particular carnes rojas, pollo, huevo y carnes procesadas) (Castellanos-Gutiérrez, Sánchez-Pimienta, Batis, Willett y Rivera, 2021).

En este contexto, el reto más fuerte que enfrentará la agricultura mexicana en las próximas décadas será garantizar la producción de alimentos en un entorno con una población creciente (principalmente urbana) y una reducción de la disponibilidad per cápita de tierra

cultivable (Sosa-Baldivia y Ruíz-Ibarra, 2017), dentro del marco previsto por los objetivos de desarrollo sustentable (UN, 2023). Para revertir el triple problema de desnutrición, obesidad y cambio climático, el gobierno mexicano impulsó una alimentación saludable y sostenible. En el caso de las proteínas, esta política se traduce en un mayor consumo de cereales integrales y granos enteros, así como de leguminosas, y un menor consumo de carne de res, cerdo, otras carnes procesadas y lácteos (SSA, INSP, Gisamac y UNICEF, 2023). Esta medida es conveniente en términos económicos, dado que la proteína de origen animal presenta costos más elevados (Dolganyuk et al., 2023).

México era un país autosuficiente en alimentos básicos, pero esa categoría se perdió en 1987. A partir de entonces, el país no fue capaz de satisfacer su demanda doméstica de carne y lácteos. Sin embargo, esta pérdida de autosuficiencia fue vista como un proceso normal en el proceso de expansión del capitalismo. Como resultado de las políticas económicas implementadas durante la crisis de 1982-1986 (estímulos a la exportación y programas de austeridad), la demanda en el mercado internacional de alimentos se convirtió en un importante determinante de la producción doméstica, dejando en segundo término a las necesidades básicas de la población local (Barkin, 1987). Con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) se eliminaron progresivamente tarifas y cuotas arancelarias al comercio agrícola entre México, Estados Unidos y Canadá. El proceso de desgravación entre los dos primeros países se dio por concluido el 1 de enero de 2008 (Crawford, 2011). A partir de este tratado, México se encuentra entre los principales importadores de trigo y maíz amarillo (Espinosa-Cortés, 2022).

Un sistema alimentario sustentable debe proveer alimentos suficientes que permitan cubrir los requerimientos nutricionales de la población, pero dentro de los límites impuestos por la disponibilidad de los recursos naturales (Aschemann-Witzel, Gantriis, Fraga y Perez-

Cueto, 2021). La estabilidad en la oferta de alimentos, que es una parte integral de la seguridad alimentaria, depende del comercio internacional y de la producción doméstica. Sin embargo, para disminuir la exposición a los riesgos derivados del comercio, la producción nacional requiere cubrir todo el abanico de requerimientos nutricionales. De esta manera, la estabilidad nutricional se refuerza al contar con una diversidad de alimentos, producidos domésticamente, que provean el mismo nutriente (Wassénius et al., 2023). Por lo anterior, esta contribución centra el interés en la oferta de alimentos ricos en proteínas, tanto de fuentes animales como vegetales.

Vale resaltar que no todos los alimentos requieren los mismos recursos para su producción: típicamente, los alimentos con alto contenido de energía, entre ellos la carne, requieren más recursos y son obtenidos a partir de procesos más ineficientes (Godfray et al., 2010b; Porkka et al., 2013). De hecho, las proteínas de origen animal son los nutrientes más caros de producir biológicamente (Martínez-Jasso y Villezca-Becerra, 2005), pero también son los que concentran mayores cantidades de estos nutrientes (Grigg, 1995). Por lo anterior, la oferta de proteínas es crucial, debido a su importancia nutricional y ambiental (Aiking, 2011).

El objetivo de este estudio es analizar la habilidad de México para satisfacer su demanda doméstica de proteínas, usando su propio potencial productivo, a partir de la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Es decir, se analiza la participación de la producción nacional en relación con la disponibilidad de los diferentes alimentos ricos en proteínas para los habitantes del país, considerando el comercio internacional. Para lograrlo, se proporciona una herramienta visual que permite ofrecer una clasificación de los productos de acuerdo con el comportamiento mostrado en el periodo 1994-2021. La herramienta se basa en el análisis estadístico de las razones producción

doméstica/consumo como series de tiempo, por lo que permite evaluar la estabilidad en la capacidad del país para proveer los productos analizados.

Metodología

La información sobre producción y comercio de productos agropecuarios proviene de la base de datos FAOSTAT (FAO, 2023). A partir de esos datos se seleccionó un grupo de alimentos, de origen animal y vegetal, ricos en proteína (tales como carnes, cereales, huevos, lácteos, legumbres, nueces, además de despojos comestibles). El período de análisis va de 1994 a 2021, por lo que cubre el TLCAN, y su sucesor el Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (TMEC). En la mayoría de los casos, la información disponible cubre la totalidad del periodo estudiado.

La razón de autosuficiencia alimentaria (*RAA*) para el producto *i* se determinó como (Clapp, 2017):

$$RAA_i = \frac{Q_i}{Q_i + I_i - E_i} \quad (1)$$

Esta es una razón producción doméstica/consumo, donde *Q* mide la producción doméstica del producto *i*, *I* mide el volumen de importaciones y *E* el volumen de exportaciones. Ejemplos del uso de razones por producto se encuentran para Egipto (Abdalla et al., 2023), Eslovaquia (Škamlová, 2022), Rusia (Wegren y Elvestad, 2018), el sureste de Europa (Brankov, Matkovski, Jeremić y Đurić, 2021) y Uzbekistán (Lombardozi y Djanibekov, 2021).

Para la realización de este análisis, se calculó la *RAA* promedio para el periodo 1994-2021 (o periodo para el que existen datos). Después, se realizaron regresiones lineales para cada producto con respecto al tiempo, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$RAA_i = \alpha + \beta tiempo + \varepsilon_i \quad (2)$$

El coeficiente β se combinó con la RAA promedio en el marco de interpretación de la Figura 1, la herramienta visual. Los países con una RAA entre 0.85 y 1.15 producen casi la misma cantidad de alimentos que consumen y satisfacen fácilmente las necesidades dietéticas de su población (Clapp, 2017). Sin embargo, dicha interpretación parte del supuesto de que la distribución se realiza de acuerdo con tales necesidades.

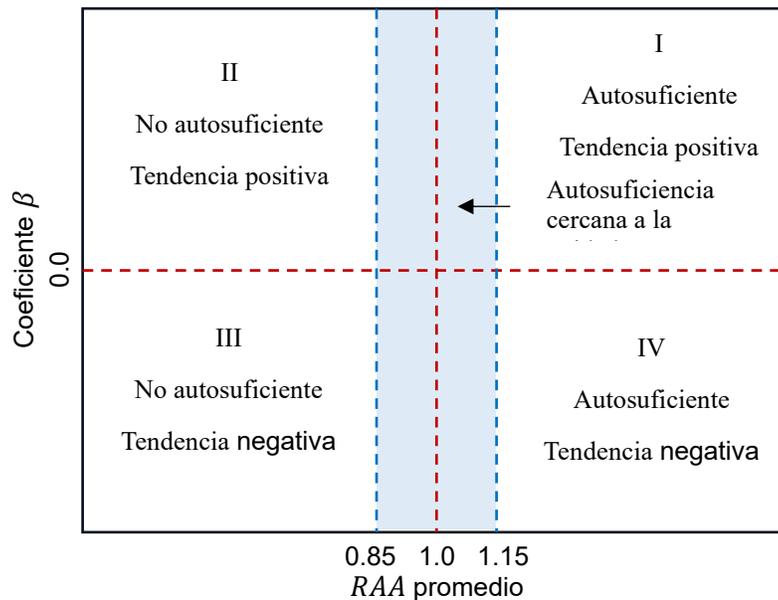


Figura 1. Marco de interpretación del coeficiente β y la razón de autosuficiencia (RAA) promedio. Fuente: elaboración propia.

Las fluctuaciones en la RAA se han usado para caracterizar la estabilidad en la capacidad de los países para sostener a su propia población (Luan, Cui y Ferrat, 2013). La estacionariedad en la RAA implica que sus propiedades estadísticas, como la media y la varianza, son constantes a lo largo del tiempo. Este trabajo parte de la noción de que con este criterio cuantitativo se puede evaluar la estabilidad en la capacidad del país para mantener su autosuficiencia alimentaria en un producto dado. La estabilidad, uno de los pilares de la seguridad alimentaria según la FAO, asegura que la disponibilidad, el acceso y la utilización

de alimentos no sean vulnerables a factores externos e internos, proporcionando una base sólida para la planificación y la resiliencia alimentaria. Por lo anterior, se realizó la prueba Dickey-Fuller aumentada (ADF) para determinar la presencia de estacionariedad en la RAA en los productos seleccionados, a partir de la siguiente ecuación:

$$\Delta Y_i = a_0 + \gamma Y_{i-1} + a_2 t + \theta_1 \Delta Y_{i-1} + \dots + \theta_p \Delta Y_{i-p} + u_i \quad (3)$$

Donde a_0 es el intercepto y t representa la tendencia. El número de rezagos está dado por p , que puede determinarse por medio del criterio de información de Akaike (AIC). Se evaluaron especificaciones con (Enders, 2015): 1) intercepto y tendencia ($H_0: a_0 = \gamma = 0$, la serie tiene raíz unitaria, sin tendencia determinística; con estadístico de prueba φ_3) y 2) intercepto ($H_0: \gamma = 0$, la serie tiene raíz unitaria; con estadístico de prueba τ_μ). No se emplea la especificación sin intercepto ni tendencia, pues se espera que la RAA sea diferente de cero, además de que no se removió el componente de tendencia de las series.

El estadístico de prueba para la especificación con intercepto y tendencia se genera como una prueba de F (Enders, 2015):

$$\varphi_3 = \frac{[SCE(restringido) - SCE(libre)]/r}{SCE(libre)/(T - k)} \quad (4)$$

Donde SCE es suma de cuadrados del error, del modelo restringido (es decir, bajo H_0) y del modelo libre (es decir, bajo H_a), r es el número de restricciones (2 en este caso), T es el número de observaciones útiles y k el número de parámetros estimados en el modelo libre. Por su parte, $\tau_\mu = \gamma/SE(\gamma)$, donde SE es el error estándar.

También se analizó la presencia de heteroscedasticidad en la ecuación 2 mediante la prueba de Breusch-Pagan (BP), en la que $H_0: Var(\varepsilon_i|X_i = x) = \sigma^2$ para toda i ; es decir, los errores tienen una varianza constante. Esta prueba parte de un modelo de regresión de la siguiente forma (con $k = 1$ variables explicativas):

$$\hat{\varepsilon}_i^2 = \theta_0 + \theta_1 \text{tiempo} + u_i \quad (5)$$

Si $\theta_1 = 0$, entonces los residuales no son función del tiempo. El estadístico de prueba está dado por $n * R^2$ (donde n es el número de observaciones y R^2 el coeficiente de ajuste de la ecuación 5), con una distribución $\chi_{k=1}^2$. Una ecuación 2 con heteroscedasticidad indica que la variabilidad o dispersión de la *RAA* cambia con el transcurso del tiempo, por lo que la autosuficiencia en el producto i está sujeta a diferentes grados de fluctuación durante el periodo de análisis (debido, por ejemplo, al efecto de la desgravación progresiva u otras variaciones del mercado). El procesamiento de los datos se realizó a través del paquete R, versión 4.3.0, y RStudio 2023.06.0 Build 421. Se realizaron pruebas de heteroscedasticidad (Breusch-Pagan) mediante la función *bptest* del paquete *lmtest* versión 0.9-40, y una prueba de raíz unitaria (Augmented Dickey-Fuller) mediante la función *ur.df* del paquete *urca* versión 1.3-3. Los errores estándar robustos se generaron mediante el paquete *sandwich* versión 3.0-2.

Resultados

La tabla 1 muestra la *RAA* promedio para los productos seleccionados, durante el período 1994-2021. Para el caso de observaciones incompletas, se usaron los valores de los años disponibles.

Tabla 1.

RAA promedio para productos ricos en proteínas consumidos en México. Período 1994-2021

<i>RAA < 0.85</i>	<i>0.85 ≤ RAA ≤ 1.15</i>	<i>RAA > 1.15</i>
Avena (0.52)	Carne de caprino, f. o r. (1.00)	Garbanzos s. (6.00)
Carne de g. ovino, f. o r. (0.69)	Carne de conejos y liebres, f. o r. (1.00)	Guisantes, v. (1.26)
Carne de pavo, f. o r. (0.12)	Carne de pollo, f. o r. (0.85)	Habas y haba caballar, v. (1.62)
Carne, cerdo, f. o r. (0.82)	Carne, caballo, f. o r. (1.05)	Otras judías, v. (1.64)
Centeno (0.28)	Carne, g. vacuno, f. o r. (1.01)	
D. c. bovinos, f. r. o c. (0.81)	Cebada (0.87)	
D. c. cerdos, f. r. o c. (0.41)	D. c. ovinos, f. r. o c. (0.90)	
Guisantes, s. (0.15)	Frijoles, s. (0.93)	
Leche desc. y suero en p. (0.11)	Habas y haba caballar, s. (0.94)	
Lentejas s. (0.18)	Huevos de gallina con c., f. (0.99)	
Maíz (0.74)	Leche cruda de g. bovino (1.00)	
Q. de leche ent. de vaca (0.69)	Leche ent. en p. (0.85)	
Sorgo (0.75)	Leche, desn. de vaca (1.01)	
Trigo (0.55)	Leche, ent. condensada (1.00)	
	Leche, ent. evaporada (0.98)	
	Maní con c. (0.88)	
	Nueces de nogal con c. (1.07)	

Notas: con cáscara = “con c.”, descremada = “desc.”, desnatada = desn.”, Despojos comestibles de = “D. c.”, en polvo = “en p.”, entera = “ent.”, fresca o refrigerada = “f. o r.”, frescos = “f.”, frescos, refrigerados o congelados = “f. r. o c.”, ganado = “g.”, Queso = “Q.”, secas = “s.” y verdes = “v”. Fuente: elaboración propia con datos de FAOSTAT (FAO, 2023).

La tabla 2 muestra los resultados de la prueba ADF. El número de rezagos se eligió a partir del AIC, a partir de un modelo con cuatro rezagos. Productos como la carne de ovino, carne de vacuno, cebada y despojos comestibles de bovinos exhiben raíz unitaria, además de una tendencia positiva en la *RAA* en la ecuación. Estos resultados sugieren que la *RAA* presenta una tendencia estocástica, reflejo del crecimiento sostenido en la producción doméstica de la carne de ovino y vacuno (a pesar de la sequía de 2011 para esta última), y de despojos comestibles de bovinos, así como de un crecimiento moderado en la producción de cebada. Dicho crecimiento permitió satisfacer en su totalidad la demanda interna de estos productos hacia el final del periodo, reduciendo la dependencia sobre las importaciones. El patrón de la *RAA* en estos casos es sistemático (cuenta con una dirección general en la tendencia) aunque impredecible, por la acumulación de factores persistentes y choques aleatorios en el tiempo.

Tabla 2.

Prueba ADF para la RAA de productos ricos en proteínas. Periodo 1994-2021

Producto	Intercepto		Int. y tendencia		Resultado
	τ_{μ}	p	φ_3	p	
Avena	-3.1862**	0	7.3074**	0	Est. con tendencia
Carne de caprino, f. o r.	-1.2598	1	2.6984	0	Raíz unitaria
Carne de conejos y liebres, f. o r.	-3.9354***	0	7.5828**	0	Estacionaria
Carne de g. ovino, f. o r.	0.0257	0	1.9149	0	Raíz unitaria
Carne de pavo, f. o r.	-1.9147	0	4.8132	0	Raíz unitaria
Carne de pollo, f. o r.	-0.2854	1	10.2014***	0	Est. con tendencia
Carne, caballo, f. o r.	-1.9914	2	0.9163	0	Raíz unitaria
Carne, cerdo, f. o r.	-1.5314	1	5.6726	0	Raíz unitaria
Carne, g. vacuno, f. o r.	0.4621	0	3.0633	0	Raíz unitaria
Cebada	-1.8722	1	3.2438	0	Raíz unitaria
Centeno	-4.2510***	0	8.6929**	0	Estacionaria
D. c. bovinos, f. r. o c.	0.3406	1	2.7349	0	Raíz unitaria
D. c. cerdos, f. r. o c.	-2.2326	4	2.1422	0	Raíz unitaria
Frijoles, s.	-3.9972***	0	7.7817**	0	Estacionaria
Garbanzos s.	-5.1849***	0	13.0375***	0	Estacionaria
Guisantes, s.	-1.3448	2	6.2205	0	Raíz unitaria
Guisantes, v.	-1.8626	0	3.6056	0	Raíz unitaria
Habas y haba caballar, s.	-3.3851**	0	6.2795	0	Est. con intercepto
Huevos de gallina con c., f.	-1.3907	0	3.3726	0	Raíz unitaria
Leche cruda de g. bovino	-5.3380***	0	13.8976***	0	Estacionaria
Leche desc. y suero en p.	-1.0917	0	3.0410	0	Raíz unitaria
Leche ent. en p.	-2.3235	2	1.1924	0	Raíz unitaria
Leche, desn. de vaca	-5.1042***	0	16.5286***	0	Estacionaria
Leche, ent. condensada	-2.4940	0	3.4690	0	Raíz unitaria
Leche, ent. evaporada	-1.8706	0	2.1513	0	Raíz unitaria
Lentejas s.	-3.0715**	2	6.1356	0	Est. con intercepto
Maíz	0.0626	2	15.8673***	0	Est. con tendencia
Nueces de nogal con c.	-1.5085	1	16.1605***	0	Est. con tendencia
Otras judías, v.	-1.1030	1	5.5350	0	Raíz unitaria
Q. de leche ent. de vaca	-1.3314	0	2.9659	0	Raíz unitaria
Sorgo	-1.4159	0	3.3166	0	Raíz unitaria
Trigo	-2.4560	0	4.0223	0	Raíz unitaria

Notas: Valores críticos: -2.89 y -3.51 para modelo con intercepto, 6.49 y 8.73 para modelo con intercepto y tendencia (Enders, 2015, p. 208); ** significativo al 5% y *** significativo al 1%, respectivamente. p = número de rezagos. Fuente: elaboración propia con datos de FAOSTAT (FAO, 2023).

En productos como carne de cerdo, huevo de gallina, queso de leche entera de vaca y trigo también se detectó la presencia de raíz unitaria, acompañado de una tendencia negativa en la RAA en la ecuación 2. Aunque la producción doméstica de los primeros tres se

incrementó durante el periodo, no se logró el ritmo de crecimiento necesario para satisfacer plenamente el consumo interno. En todos los casos, la razón de autosuficiencia se redujo, lo que refleja un incremento en la dependencia sobre las importaciones a partir del TLCAN. Factores persistentes y choques aleatorios desempeñan un papel importante en la evolución de la razón de autosuficiencia de estos productos, lo que dificulta la predicción de su comportamiento a largo plazo.

En carne de pollo y maíz se rechazó la hipótesis nula de raíz unitaria en el modelo que incluye intercepto y tendencia. Esto sugiere que, en el largo plazo, estos productos exhiben un componente discernible de tendencia (decreciente), mientras que en el corto plazo experimentan fluctuaciones estacionarias alrededor de esta. En ambos casos la producción doméstica se incrementó durante el periodo; sin embargo, la razón de autosuficiencia disminuyó debido al mayor crecimiento del consumo interno (de ahí en adelante el coeficiente β negativo para ambos productos). Las fluctuaciones alrededor de la tendencia pueden deberse a factores como el propio incremento del consumo doméstico, la presencia de plagas y enfermedades, variaciones en el tipo de cambio y el clima, o bien a la competencia de las importaciones. No obstante, la *RAA* de la carne de pollo se encuentra muy cerca de la unidad a diferencia del maíz.

La producción de frijol no muestra una tendencia discernible a partir del TLCAN. Al analizar su *RAA*, se rechazó la hipótesis nula en la prueba con ADF (ambas versiones) y se obtuvo un coeficiente β no significativo. De lo anterior se infiere que la capacidad del país para satisfacer la demanda interna de frijol se ha mantenido estable sin cambios estructurales significativos en producción y consumo, con el promedio de la *RAA* cercano a la unidad en el período.

La tabla 3 muestra los resultados de la ecuación 2. Algunas ecuaciones mostraron problemas de heteroscedasticidad y se presentan por separado en la tabla 4.

Tabla 3.

Resultados de la ecuación 2 y p-valor de la prueba Breusch-Pagan. Periodo 1994-2021

Producto	α	$SE(\alpha)$	β	$SE(\beta)$	BP p-valor
Avena	13.7919**	5.2162	-0.0066**	0.0026	0.8451
Carne de conejos y liebres, f. o r.	1.1788***	0.3850	-0.0001	0.0002	0.6137
Carne de pollo, f. o r.	11.6867***	0.4915	-0.0054***	0.0002	0.7654
Carne, cerdo, f. o r.	22.5333***	1.6659	-0.0108***	0.0008	0.184
Centeno	4.1551	12.1702	-0.0019	0.0061	0.2101
D. c. cerdos, f. r. o c.	0.9162	1.4944	-0.0003	0.0007	0.7544
D. c. ovinos, f. r. o c.	-55.8635**	20.1478	0.0283**	0.0100	0.6628
Garbanzos s.	264.8084	938.0586	-0.1289	0.4673	0.5834
Guisantes, s.	7.6084***	2.4690	-0.0037***	0.0012	0.2245
Guisantes, v.	-19.6710***	3.3491	0.0104***	0.0017	0.0872
Habas y haba caballar, s.	-2.5204	3.8492	0.0017	0.0019	0.5308
Habas y haba caballar, v.	-228.8215***	39.1724	0.1142***	0.0194	0.3796
Huevos de gallina con c., f.	2.2610***	0.2909	-0.0006***	0.0001	0.1114
Leche cruda de g. bovino	0.8198***	0.1588	0.0001	0.0001	0.277
Leche desc. y suero en p.	11.4500***	1.7592	-0.0057***	0.0009	0.4867
Leche, desn. de vaca	-4.1007	2.8544	0.0025*	0.0014	0.0902
Leche, ent. condensada	-12.1579	9.2604	0.0066	0.0046	0.9134
Leche, ent. evaporada	-0.3858	2.5567	0.0007	0.0013	0.0824
Lentejas s.	12.8430***	4.2107	-0.0063***	0.0021	0.3071
Maní con c.	59.5109**	22.9705	-0.0291**	0.0114	0.0529
Maíz	16.3379***	1.6072	-0.0078***	0.0008	0.2035
Nueces de nogal con c.	16.2571**	6.1884	-0.0076**	0.0031	0.5727
Otras judías, v.	-75.3787***	14.005	0.0384***	0.0070	0.2449
Q. de leche ent. de vaca	17.6681***	2.2640	-0.0085***	0.0011	0.059
Trigo	17.4329***	3.8078	-0.0084***	0.0019	0.1041

Notas: * significativo a 10%; ** significativo a 5%; *** significativo a 1%. BP = Prueba de Breusch-Pagan. SE = Errores estándar. Fuente: elaboración propia con datos de FAOSTAT (FAO, 2023).

Para interpretar los resultados de la tabla 3, considérese el caso del maíz. El coeficiente β , al ser negativo, indica una tendencia decreciente en la autosuficiencia durante el período 1994-2021: en este caso, el transcurso de un año se asocia con una reducción de 0.0078 o 0.78% en la razón producción doméstica/consumo. El maíz no presenta heteroscedasticidad,

lo que implica que la razón de autosuficiencia de este producto no estuvo sujeta a diferentes grados de variación durante el período de análisis.

Tabla 4.

Resultados de la ecuación 2 y p-valor de la prueba Breusch-Pagan. Periodo 1994-2021

Producto	α	$RSE(\alpha)$	β	$RSE(\beta)$	BP p-valor
Carne de caprino, f. o r.	0.2842	0.1794	0.0004***	0.0001	0.0499
Carne de g. ovino, f. o r.	-36.4909***	5.1758	0.0185***	0.0026	0.0010
Carne de pavo, f. o r.	3.6701***	0.9497	-0.0018***	0.0005	0.0006
Carne, caballo, f. o r.	-8.9782**	3.7918	0.0050**	0.0019	0.0477
Carne, g. vacuno, f. o r.	-4.4007***	0.4826	0.0027***	0.0002	0.0054
Cebada	-14.5135***	4.4479	0.0077***	0.0022	0.0041
D. c. bovinos, f. r. o c.	-10.9992***	1.8836	0.0059***	0.0009	0.0340
Frijoles, s.	4.1321*	2.3823	-0.0016	0.0012	0.0464
Leche ent. en p.	-21.1875**	7.6772	0.0110***	0.0038	0.0229
Sorgo	-29.0091***	4.1603	0.0148***	0.0021	0.0334

Notas: * significativo a 10%; ** significativo a 5%; *** significativo a 1%. BP = Prueba de Breusch-Pagan. RSE = Errores estándar robustos. Fuente: elaboración propia con datos de FAOSTAT (FAO, 2023).

La leche desnatada de vaca, carne de conejos y liebres, leche cruda de ganado bovino, leche entera condensada, leche entera evaporada, habas y haba caballar y frijol muestran una *RAA* alrededor de la unidad, pero el coeficiente β no es significativo. El mismo caso se presenta en despojos de cerdo y centeno, que presentan una *RAA* menor a 0.50. Por esta razón, estos productos no aparecen en el marco de análisis de la figura 1.

Productos como otras judías verdes ($\overline{RAA} = 1.64$), habas y haba caballar verdes ($\overline{RAA} = 1.62$) y guisantes verdes ($\overline{RAA} = 1.26$), muestran razones de autosuficiencia mayores a la unidad, con una tendencia positiva y significativa ($p - valor \leq 0.05$), lo que los posiciona en el cuadrante I.

La figura 2 muestra los productos con una *RAA* menor a la unidad, pero que exhiben una tendencia en esa dirección; es decir, cuadrante II.

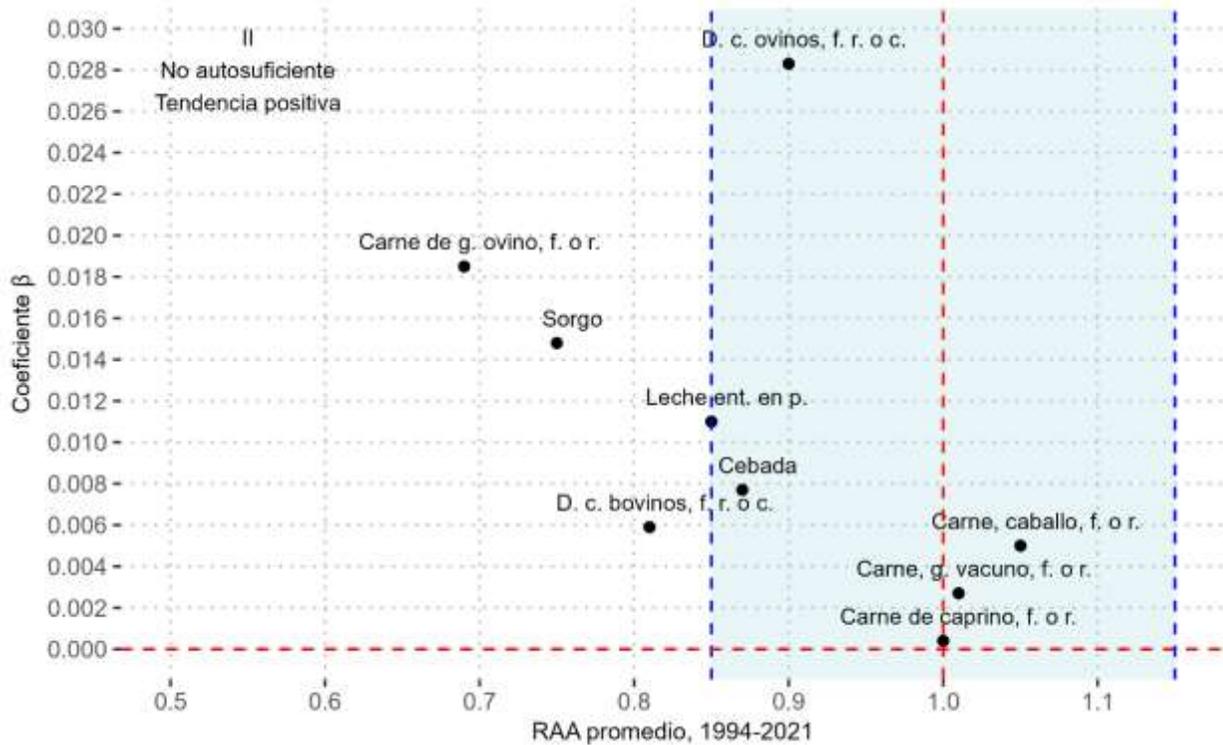


Figura 2. Marco de interpretación de la RAA para $\beta \geq 0$. Productos seleccionados. Fuente: elaboración propia.

El maní con cáscara mostró una tendencia negativa estadísticamente significativa (con $p - valor \leq 0.05$), por lo que con $\beta = -0.0291$ y $\overline{RAA} = 0.88$, por lo que se ubica en el cuadrante III. La figura 3 muestra otros productos con una RAA menor a la unidad, junto a una tendencia decreciente en este indicador que se encuentran en el cuadrante III.

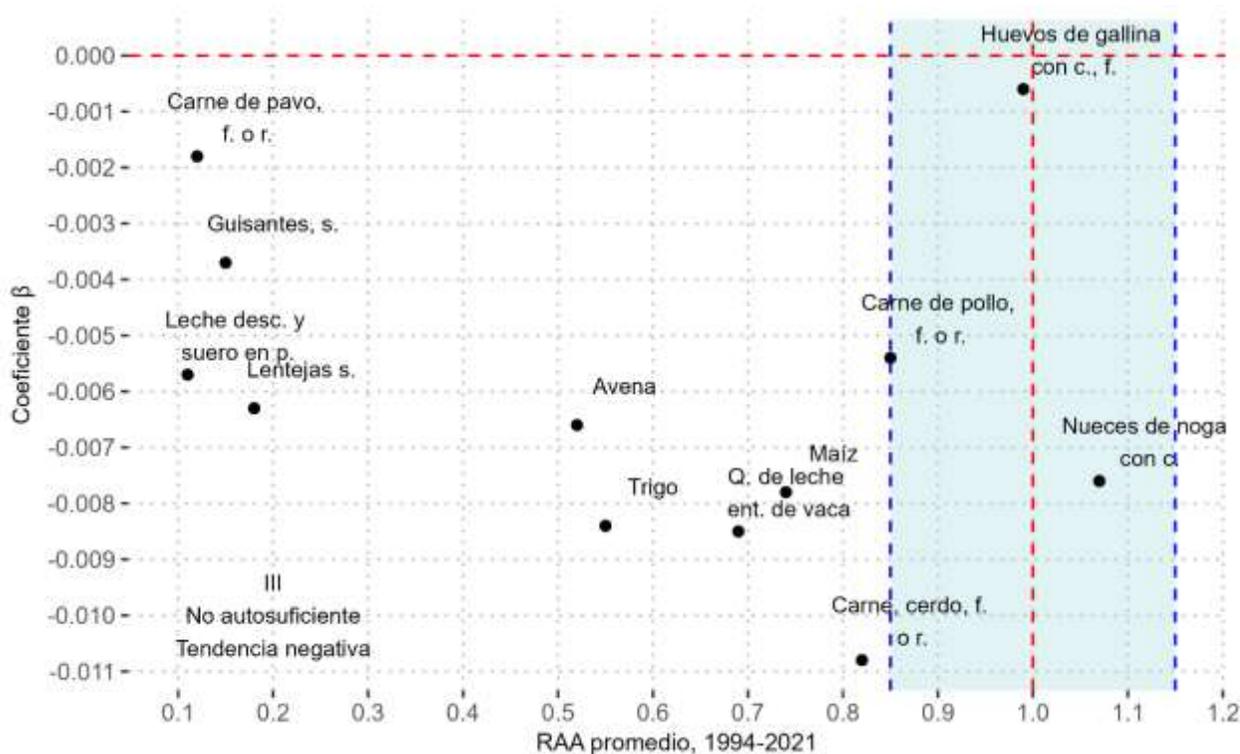


Figura 3. Marco de interpretación de la RAA para $\beta < 0$. Productos seleccionados. Fuente: elaboración propia.

Discusión

A partir de 1996, el nivel de producción doméstica de frijol se ubicó por debajo del nivel de consumo aparente y la relación no ha cambiado desde entonces. El valor promedio de la RAA en el período analizado (0.93) lo posiciona dentro del área de autosuficiencia cercana a la unidad, mientras que el coeficiente β no resultó estadísticamente significativo y se rechazó la hipótesis de raíz unitaria bajo las dos especificaciones consideradas. Una posible explicación es que, si la producción doméstica cae por debajo de cierto nivel, debido a problemas como la sequía del 2011, se importa grano del extranjero, de manera que la razón producción doméstica/consumo permanece relativamente constante. Desde la perspectiva pragmática de la autosuficiencia alimentaria, este caso podría funcionar como ejemplo para los otros productos agrícolas ricos en proteínas, en el sentido de que se mantiene una RAA

estable y cercana a la unidad, con acuerdos comerciales que permiten compensar las caídas ocasionales.

Durante el 2020, el consumo de carne de cerdo se redujo en el país, probablemente como respuesta a las medidas sanitarias derivadas de la pandemia. La caída en el nivel de importaciones de ese año tuvo como consecuencia una mejora temporal del *RAA*. En el caso de la leche entera en polvo, el coeficiente β es positivo y estadísticamente significativo, reflejo del comportamiento mostrado entre 1994 y 2017. Sin embargo, durante 2018 y 2020 la *RAA* se erosionó por el incremento del consumo interno, apuntalado por importaciones. Por lo anterior, se sugiere que la interpretación de estos resultados debe acompañarse de la inspección visual de las series involucradas.

El impacto de la volatilidad de los precios en los mercados mundiales de alimentos depende de si el país es importador o exportador neto. A nivel de los hogares, entre más alta sea la proporción del ingreso que se destina al gasto en alimentos, mayor será el efecto de la subida de los precios internacionales. En estos casos, una subida de los precios internacionales debida, por ejemplo, a los efectos del calentamiento global, puede rápidamente convertirse en un problema político a nivel doméstico. Un sistema alimentario globalizado puede suavizar las perturbaciones locales, pero también puede propagar los choques a los componentes (Godfray et al., 2010b).

De acuerdo con el marco de análisis propuesto, la atención de las políticas públicas debe centrarse en estabilizar la tendencia erosiva de productos sensibles como carne de pollo, carne de cerdo, maíz y trigo. Pero, más que buscar la autosuficiencia en el sentido de autarquía en productos específicos (Cruz-Herrera, Valdivia-Alcalá, Martínez-Damián y Contreras-Castillo, 2021; Espinosa Cortés, 2022; Rivera de la Rosa, Ortiz Pech, Araújo Andrade y Amílcar Heredia, 2015), esta contribución plantea una perspectiva pragmática que

permita combinar esfuerzos de política a nivel doméstico, con una serie de acuerdos comerciales estratégicos que permitan estabilizar la oferta de proteínas en general.

El sector alimentario presta cada vez más atención hacia el tema de la sustentabilidad (Aschemann-Witzel et al., 2021). Dentro de los esfuerzos de México para incrementar la oferta de proteínas, debe considerarse el fomento a la producción de guisantes secos, lentejas, maíz y mijo, que son fuentes alternativas vegetales; o bien de conejos, liebres y pavo, que son fuentes de origen animal, pero con un menor impacto ambiental (De Vries y De Boer, 2010). Por otro lado, los programas públicos dirigidos a la reforestación pueden reforzar la inclusión de almendros y nogales. Estas fuentes de proteínas se caracterizan por tener menores emisiones de gases de efecto invernadero y podrían ofrecer beneficios en la salud pública (Tilman y Clark, 2014). Si bien el consumo de algunos de estos productos se ha impulsado desde el gobierno, este documento muestra que el país tiene una *RAA* promedio baja para algunos de ellos (avena, guisantes secos, lentejas, maíz y trigo) con una tendencia erosiva. En el corto plazo, cumplir con las recomendaciones de las guías alimentarias (SSA, INSP, GISAMAC y UNICEF, 2023), implicaría aumentar las cantidades importadas, mientras se desarrollan las capacidades productivas que permitan aumentar la autosuficiencia en el largo plazo en esos productos.

Dentro de las limitaciones de este estudio se encuentran las siguientes: 1) no se tomó en consideración el comportamiento de la autosuficiencia en pescados y mariscos, ni de otras fuentes alternativas de proteína, 2) las importaciones no necesariamente reflejan la erosión de la capacidad productiva nacional, sino que pueden ser resultado de los gustos y preferencias de los consumidores por productos importados que: a) presentan otra calidad (como en el caso de diferentes tipos de carnes o del frijol) o b) son de otra variedad y tienen usos diferentes frente al producto nacional (como el maíz amarillo y el maíz blanco) 3) el

periodo de análisis comprende una etapa en el que el tipo de cambio manifestaba una tendencia a la depreciación, pero la dirección de esa tendencia se ha revertido en años recientes y 4) el estudio asume una perspectiva agregada de producción y comercio internacional, sin reparar en la distribución de los productos entre la población.

Conclusiones

La entrada en vigor del TLCAN ha dejado un escenario con resultados mixtos en cuanto la habilidad de México para satisfacer su demanda doméstica de proteínas, usando su propio potencial productivo. A partir del uso de una razón de autosuficiencia alimentaria, que puede entenderse como una razón producción doméstica/consumo, se analizó el comportamiento revelado por un grupo de alimentos ricos en proteínas durante el período 1994-2021. El valor medio de esa razón se combinó un coeficiente de tiempo, generado a partir de una regresión lineal, en un marco de interpretación que permitió realizar una clasificación entre los productos. Por un lado, se encontró que México exhibe niveles de autosuficiencia entre 0.85 y 1.15 en carne de ganado vacuno, cebada y leche entera en polvo, con tendencia positiva; mientras que, la carne de pollo y huevo de gallina se encuentran en el mismo rango, pero con tendencia negativa. Productos como avena, carne de cerdo, maíz y trigo presentan niveles bajos de autosuficiencia, con una tendencia erosiva en el periodo bajo estudio. Finalmente, productos como centeno, frijol y garbanzo muestran un comportamiento estacionario alrededor de una media; estos últimos se presentan como casos deseables por su estabilidad cercana o superior a la unidad.

De acuerdo con el marco de análisis propuesto, el foco de atención de la política pública debe enfocarse en: 1) estabilizar la tendencia erosiva de productos sensibles como carne de pollo, carne de cerdo, maíz y trigo y 2) fomentar la producción doméstica de productos como

guisantes secos, lentejas, lentejas y maní (cacahuates), así como de carne de conejo, liebre y pavo. Lo anterior, con el objetivo de incrementar la capacidad del país para satisfacer los requerimientos de proteínas de la población en el largo plazo, mediante la diversificación de los productos que proveen este nutriente, minimizando el impacto ambiental de las alternativas elegidas. Lo anterior implica centrar los esfuerzos en garantizar la estabilidad a largo plazo de la oferta de proteínas, más acorde con los objetivos del desarrollo sostenible, en lugar de buscar la autosuficiencia por producto.

Referencias

- Abdalla, A., Stellmacher, T. y Becker, M. (2023). Trends and Prospects of Change in Wheat Self-Sufficiency in Egypt. *Agriculture*, 13(1), 1-12, <https://doi.org/10.3390/agriculture13010007>
- Aiking, H. (2011). Future protein supply. *Trends in Food Science & Technology*, 22(2-3), 112-120, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.04.005>
- Arouna, A., Fatognon, I. A., Saito, K. y Futakuchi, K. (2021). Moving toward rice self-sufficiency in sub-Saharan Africa by 2030: Lessons learned from 10 years of the Coalition for African Rice Development. *World Development Perspectives*, 21(March 2021, 100291), 1-15, <https://doi.org/10.1016/j.wdp.2021.100291>
- Aschemann-Witzel, J., Gantriis, R. F., Fraga, P. y Perez-Cueto, F. J. A. (2021). Plant-based food and protein trend from a business perspective: Markets, consumers, and the challenges and opportunities in the future. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(18), 3119-3128, <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1793730>
- Barkin, D. (1987). The End to Food Self-Sufficiency in Mexico. *Latin American Perspectives*, 14(3), 271-297. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/2633682>
- Brankov, T., Matkovski, B., Jeremić, M. y Đurić, I. (2021). Food Self-Sufficiency of the SEE Countries; Is the Region Prepared for a Future Crisis? *Sustainability*, 13(16), 8747, <https://doi.org/10.3390/su13168747>
- Castellanos-Gutiérrez, A., Sánchez-Pimienta, T. G., Batis, C., Willett, W. y Rivera, J. A. (2021). Toward a healthy and sustainable diet in Mexico: Where are we and how can we move forward? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 113(5), 1177-1184, <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa411>
- Clapp, J. (2017). Food self-sufficiency: Making sense of it, and when it makes sense. *Food Policy*, 66, 88-96, <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2016.12.001>
- Colgrave, M. L., Dominik, S., Tobin, A. B., Stockmann, R., Simon, C., Howitt, C. A., Belobrajdic, D. P., Paull, C. y Vanhercke, T. (2021). Perspectives on Future Protein Production. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(50), 15076-15083, <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c05989>

- Cotler, H., Corona, J. A. y Galeana-Pizaña, J. M. (2020). Erosión de suelos y carencia alimentaria en México: Una primera aproximación. *Investigaciones Geográficas* (101), 1-14, <https://doi.org/10.14350/rig.59976>
- Crawford, T. L. (2011). Impacto del TLCAN en el comercio agrícola. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 28(enero-junio del 2011), 457-468. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/141/14115904002.pdf>
- Cruz-Herrera, K. L., Valdivia-Alcalá, R., Martínez-Damián, M. Á. y Contreras-Castillo, J. M. (2021). Autosuficiencia alimentaria en México: Precios de garantía versus pagos directos al productor. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(6), 981-990, <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2533>
- De Vries, M. y De Boer, I. J. M. (2010). Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock Science*, 128(1-3), 1-11, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.11.007>
- Dolganyuk, V., Sukhikh, S., Kalashnikova, O., Ivanova, S., Kashirskikh, E., Prosekov, A., Michaud, P. y Babich, O. (2023). Food Proteins: Potential Resources. *Sustainability*, 15(7), 5863, <https://doi.org/10.3390/su15075863>
- Enders, W. (2015). Applied econometric time series. Hoboken, USA: Wiley.
- Enriquez, J. P. (2020). Food Self-Sufficiency: Opportunities and Challenges for the Current Food System. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 31(2), 23984-23989, <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2020.31.005061>
- Espinosa-Cortés, L. M. (2022). Hegemonía de Estados Unidos en el orden agroalimentario mundial y la pérdida de la autosuficiencia alimentaria de México. *CIENCIA ergo-sum*, 29(1), <https://doi.org/10.30878/ces.v29n1a4>
- Fader, M., Gerten, D., Krause, M., Lucht, W. y Cramer, W. (2013). Spatial decoupling of agricultural production and consumption: Quantifying dependences of countries on food imports due to domestic land and water constraints. *Environmental Research Letters*, 8(1), 1-15, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/014046>
- Food and Agriculture Organization (FAO, 1999). *Chapter 1: Food Security: The Conceptual Framework*. Lugar de publicación: Implications of Economic Policy for Food Security: A Training Manual, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado de <https://www.fao.org/3/X3936E/X3936E03.htm>
- Food and Agriculture Organization (FAO, 2003). *Chapter 2. Food security: Concepts and measurement*. Lugar de publicación: Trade Reforms and Food Security: Conceptualizing the Linkages, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado de <https://www.fao.org/3/y4671e/y4671e06.htm>
- Food and Agriculture Organization (FAO, 2023). *FAOSTAT*. Lugar de publicación: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado de <https://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Fontan Sers, C. y Mughal, M. (2020). Covid-19 outbreak and the need for rice self-sufficiency in West Africa. *World Development*, 135(November 2020, 105071) 1-2, <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105071>
- Giller, K. E., Delaune, T., Silva, J. V., Descheemaeker, K., van de Ven, G., Schut, A. G. T., van Wijk, M., Hammond, J., Hochman, Z., Taulya, G., Chikowo, R., Narayanan, S., Kishore, A., Bresciani, F., Teixeira, H. M., Andersson, J. A. y van Ittersum, M. K. (2021). The future of farming: Who will produce our food? *Food Security*, 13, 1073-1099, <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01184-6>

- Glauben, T., Svanidze, M., Götz, L., Prehn, S., Jamali Jaghdani, T., Đurić, I. y Kuhn, L. (2022). The War in Ukraine, Agricultural Trade and Risks to Global Food Security. *Intereconomics*, 57, 157-163, <https://doi.org/10.1007/s10272-022-1052-7>
- Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S. M. y Toulmin, C. (2010a). Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science*, 327(5967), 812-818, <https://doi.org/10.1126/science.1185383>
- Godfray, H. C. J., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Nisbett, N., Pretty, J., Robinson, S., Toulmin, C. y Whiteley, R. (2010b). The future of the global food system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2769-2777, <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0180>
- Grigg, D. (1995). The pattern of world protein consumption. *Geoforum*, 26(1), 1-17, [https://doi.org/10.1016/0016-7185\(94\)00020-8](https://doi.org/10.1016/0016-7185(94)00020-8)
- Hamilton-Hart, N. (2019). Indonesia's Quest for Food Self-sufficiency: A New Agricultural Political Economy? *Journal of Contemporary Asia*, 49(5), 1-25, <https://doi.org/10.1080/00472336.2019.1617890>
- Helleiner, E. (2021). The Return of National Self-Sufficiency? Excavating Autarkic Thought in a De-Globalizing Era. *International Studies Review*, 23(3), 933-957, <https://doi.org/10.1093/isr/viaa092>
- Henchion, M., Hayes, M., Mullen, A. M., Fenelon, M. y Tiwari, B. (2017). Future Protein Supply and Demand: Strategies and Factors Influencing a Sustainable Equilibrium. *Foods*, 6(7), 1-21, <https://doi.org/10.3390/foods6070053>
- Hernandez-Ochoa, I. M., Asseng, S., Kassie, B. T., Xiong, W., Robertson, R., Luz Pequeno, D. N., Sonder, K., Reynolds, M., Babar, M. A., Molero Milan, A. y Hoogenboom, G. (2018). Climate change impact on Mexico wheat production. *Agricultural and Forest Meteorology*, 263(15 December 2018), 373-387, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.09.008>
- Kc, K. B., Dias, G. M., Veeramani, A., Swanton, C. J., Fraser, D., Steinke, D., Lee, E., Wittman, H., Farber, J. M., Dunfield, K., McCann, K., Anand, M., Campbell, M., Rooney, N., Raine, N. E., Acker, R. V., Hanner, R., Pascoal, S., Sharif, S., ... Fraser, E. D. G. (2018). When too much isn't enough: Does current food production meet global nutritional needs? *PLoS ONE*, 13(10), 1-16, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205683>
- Lombardozzi, L. y Djanibekov, N. (2021). Can self-sufficiency policy improve food security? An inter-temporal assessment of the wheat value-chain in Uzbekistan. *Eurasian Geography and Economics*, 62(1), 1-20, <https://doi.org/10.1080/15387216.2020.1744462>
- Luan, Y., Cui, X. y Ferrat, M. (2013). Historical trends of food self-sufficiency in Africa. *Food Security*, 5, 393-405, <https://doi.org/10.1007/s12571-013-0260-1>
- Luiselli-Fernández C. (2019). Los desafíos del México urbano. *ECONOMÍAunam*, 16(46), 183-195. Recuperado de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-952X2019000100183
- Maetz, M., Aguirre, M., Kim, S., Matinroshan, Y., Pangrazio, G. y Pernechele, V. (2011). *Food and agricultural policy trends after the 2008 food security crisis: Renewed attention to agricultural development*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-ap237e.pdf>

- Martínez-Jasso, I. y Villezca-Becerra, P. A. (2005). La alimentación en México: Un estudio a partir de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares y de las hojas de balance de la FAO. *Ciencia UANL*, VIII(1), 196-208. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/402/40280207.pdf>
- Medina-García, G., Ruiz-Corral, J. A., Rodríguez-Moreno, V. M., Soria-Ruiz, J., Díaz-Padilla, G. y Zarazúa Villaseñor, P. (2016). Effect of climate change on the productive potential of beans in Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(Pub. Esp. Núm. 13), 2465-2474. Recuperado de <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7nsp13/2007-0934-remexca-7-spe13-2465-en.pdf>
- Murray-Tortarolo, G. N. y Jaramillo, V. J. (2019). The impact of extreme weather events on livestock populations: The case of the 2011 drought in Mexico. *Climatic Change*, 153, 79-89, <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02373-1>
- Murray-Tortarolo, G. N., Jaramillo, V. J. y Larsen, J. (2018). Food security and climate change: The case of rainfed maize production in Mexico. *Agricultural and Forest Meteorology*, 253-254(May 2018), 124-131, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.02.011>
- Porkka, M., Kumm, M., Siebert, S. y Varis, O. (2013). From Food Insufficiency towards Trade Dependency: A Historical Analysis of Global Food Availability. *PLoS ONE*, 8(12), 1-12, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082714>
- Ray, D. K., Mueller, N. D., West, P. C. y Foley, J. A. (2013). Yield Trends Are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. *PLoS ONE*, 8(6), 1-8, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066428>
- Rivera de la Rosa, A. R., Ortiz-Pech, R., Araújo-Andrade, L. A. y Amílcar-Heredia, J. (2015). México y la autosuficiencia alimentaria (sexenio 2006-2012). *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 33-49, https://doi.org/10.21930/rcta.vol15_num1_art:395
- Schramski, J. R., Woodson, C. B., Steck, G., Munn, D. y Brown, J. H. (2019). Declining Country-Level Food Self-Sufficiency Suggests Future Food Insecurities. *BioPhysical Economics and Resource Quality*, 4(12), 1-9, <https://doi.org/10.1007/s41247-019-0060-0>
- Škamlová, L. (2022). Food Self-Sufficiency in Slovakia from the Perspective of Land Use and Production Approach. *European Countryside*, 14(1), 121-139, <https://doi.org/10.2478/euco-2022-0007>
- Sosa-Baldivia, A. y Ruíz-Ibarra, G. (2017). La disponibilidad de alimentos en México: Un análisis de la producción agrícola de 35 años y su proyección para 2050. *Papeles de Población*, 23(93), 207-230, <https://doi.org/10.22185/24487147.2017.93.027>
- Secretaría de Salubridad y Asistencia, Instituto Nacional de Salud Pública, Grupo Intersectorial de Salud, Alimentación, Medio Ambiente y Competitividad y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (SSA, INSP, GISAMAC y UNICEF, 2023). *Guías alimentarias saludables y sostenibles para la población mexicana 2023*. Recuperado de https://movendi.ngo/wp-content/uploads/2023/05/Guías_Alimentarias_2023_para_la_población_mexicana.pdf
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J. y Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(50), 20260-20264, <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>

- Tilman, D. y Clark, M. (2014). Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, 515, 518-522, <https://doi.org/10.1038/nature13959>
- United Nations (UN, 2023). The 17 goals: Sustainable Development. Lugar de publicación: United Nations: Department of Economic and Social Affairs. Recuperado de <https://sdgs.un.org/goals>
- Wassénus, E., Porkka, M., Nyström, M. y Søgaard Jørgensen, P. (2023). A global analysis of potential self-sufficiency and diversity displays diverse supply risks. *Global Food Security*, 37(June 2023, 100673), 1-7, <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2023.100673>
- Wegren, S. K. y Elvestad, C. (2018). Russia's food self-sufficiency and food security: An assessment. *Post-Communist Economies*, 30(5), 565-587, <https://doi.org/10.1080/14631377.2018.1470854>