



ÍNDICE DE SOBERANÍA ALIMENTARIA EN MÉXICO, A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES, ¿AÚN HAY ESPERANZA PARA EL CASO MEXICANO?

Food Sovereignty Index in Mexico Through Principal Component Analysis: Is There Still Hope for the Mexican Case?

Juan Hernández Ortíz²

 <https://orcid.org/0000-0001-5957-594X>

 jhdzo@yahoo.com.mx

Abel Pérez Zamorano²

 <https://orcid.org/0000-0001-7699-9453>

 cemeesabelpz@gmail.com

Alejandro Alberto Miliano²

 <https://orcid.org/0009-0006-8801-1506>

 aalbertom@chapingo.mx

Gerónimo Barrios Puente²

 <https://orcid.org/0000-0002-5285-9445>

 gbarriospuente@gmail.com

Victoria Martínez Martínez¹

 <https://orcid.org/0000-0001-7793-6956>

 vickimamv@gmail.com

¹Estudiante de Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, km.38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, México. C.P. 56230.

²Profesor investigador de la División de Ciencias en Economía Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo.

RESUMEN

La medición de la Soberanía Alimentaria es fundamental para medir el grado en que una economía puede controlar sus sistemas alimentarios más diversos y sostenibles, sin depender excesivamente del mercado externo. Es crucial para evaluar el acceso, la disponibilidad y la calidad de los alimentos. El objetivo de la presente investigación fue estimar el Índice de Soberanía Alimentaria en México en el periodo de 1995 a 2023. El análisis se realizó utilizando datos del Banco Mundial. Para la construcción se emplearon técnicas de Análisis de Componentes Principales (PCA), a fin de reducir la dimensión de los datos e identificar y agrupar variables claves relacionadas con la Soberanía Alimentaria, se ocuparon 38 variables. A pesar de los programas que se han implementado para alcanzar la Soberanía Alimentaria, su tendencia fue negativa. Así también, para la comparación y validación del resultado, se apoyó de la serie del maíz amarillo y del análisis de Red Neuronal.

PALABRAS CLAVES:

Red Neuronal, estimación, sistema alimentario.

CÓMO CITAR:

Fecha recepción: 17 de Diciembre de 2025 / Fecha Aprobación: 22 de Febrero 2026 / Fecha Publicación: 1 de Junio 2026

Hernández Ortíz, J., Pérez Zamora, A., Miliano, A. A., Barrios Puente, G. & Martínez Martínez, V.(2026). *Índice de Soberanía Alimentaria en México, a través del análisis de componentes principales, ¿aún hay esperanza para el caso mexicano?*. Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC, 18(1), 62-73. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v18n1a4>



Este artículo puede compartirse bajo la Licencia Creative Commons (CC BY 4.0).

Rev. FAGROPEC Vol. 18 Num. 1, enero-junio de 2026

ABSTRACT

The measurement of Food Sovereignty is essential to assess the extent to which an economy can control its most diverse and sustainable food systems without relying excessively on external markets. It is crucial for evaluating food access, availability, and quality. The objective of this research was to estimate the Food Sovereignty Index in Mexico for the period from 1995 to 2023. The analysis was conducted using data from the World Bank. Principal Component Analysis (PCA) techniques were employed to reduce data dimensionality and to identify and group key variables related to Food Sovereignty; a total of 38 variables were used. Despite the programs implemented to achieve Food Sovereignty, the trend was negative. Furthermore, for comparison and validation of the results, the study relied on the yellow corn series and Neural Network analysis.

KEYWORDS

Neural network, estimation, food system.

INTRODUCCIÓN

Se entiende por Soberanía Alimentaria la capacidad de una economía para satisfacer las demandas de su población sin depender excesivamente del comercio internacional, o, como lo definió la Vía Campesina en 1996 y diversos académicos (Martínez & Rosset, 2014); (Edelman, 2024); (McMichel, 2014); (Dekeyser, Korsten y Fioramonte, 2018).

Por su característica multidimensional ha sido estudiado desde diferentes enfoques a nivel local, nacional e internacional (Ningrum & Subroto, 2020; López & Franco, 2015). Es un tema de actualidad al relacionarse directamente con los sistemas alimentarios sostenibles (Byaruhanga & Isgren, 2023, p. 4) y al contemplar algunos objetivos de la Agenda 2030.

En adición, varios autores han realizado propuestas de indicadores y variables para el análisis cuantitativo de este término (Bird Jernigan, 2021; Ruiz-Almeida & Rivera-Ferre, 2019; Levkoe & Blay-Palmer, 2018), etc. Asimismo, la Soberanía Alimentaria en México, se ha analizado mediante variables específicas para su estudio cuantitativo y se ha vinculado teóricamente con la economía institucional (Martínez *et al.*, 2025; Martínez *et al.*, 2024). En este trabajo, la estimación del Índice de Soberanía Alimentaria se realizará mediante el análisis cuantitativo, a partir de algunas variables que han sido recomendadas por los autores antes mencionados, ya que los índices son herramientas cada vez más importantes para el análisis de diferentes fenómenos que afectan a una economía (Stiglitz, Sen, & Fitoussi, 2009).

Así, el índice permitirá evaluar la capacidad de la economía mexicana en producción y acceso a alimentos para satisfacer la demanda, con base en su producción nacional. Un índice mayor de Soberanía Alimentaria reflejaría un país con capacidad de garantizar alimentos para su población y con menor riesgo de sufrir escasez alimentaria, además de mostrar una menor independencia económica, y minimizaría el impacto de las fluctuaciones internacionales de precios.

Por lo tanto, el índice a estimar es clave para conocer la estabilidad, seguridad y resiliencia de un país, a nivel económico, social y desarrollo sostenible a largo plazo.

De acuerdo con las metodologías que se han aplicado para el estudio de este concepto, la presente investigación aplicará el método de Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés), para estimar el índice y conocer su evolución en el periodo de 1995 a 2023. Para la comparación y validación del resultado, se apoyará en la serie del maíz amarillo y del análisis de Red Neuronal.

La finalidad del estudio es estimar el Índice de Soberanía Alimentaria en México en el periodo de 1995 a 2023, para responder a la pregunta ¿Aún es alcanzable la Soberanía Alimentaria en México?

MATERIALES Y MÉTODOS

En la investigación se estimó el Índice de Soberanía Alimentaria a partir de 38 variables. Se utilizó el Análisis de Componentes Principales (PCA), por sus siglas en inglés, para reducir la dimensionalidad de datos y mejorar la calidad (*performance*) de la segmentación (Méneses, 2019). Es decir, consiste en simplificar los datos originales con una pérdida mínima de dispersión global, a fin de reducir la dimensionalidad en la que se representan los datos (Gewers *et al.*, 2018).

De manera precisa, según Hastie *et al.*, (2017), los componentes principales de un conjunto de datos en n ofrecen una serie de las mejores aproximaciones lineales a los datos de todos los rangos $q \leq p$, donde p es el número de variables. De modo que, el mejor modelo lineal de rango q viene dado por la siguiente ecuación.

$$f(\lambda) = \mu + V_q \lambda$$

Donde, μ es un vector de ubicación en n , V_q es una matriz $p \times q$ con q vectores unitarios ortogonales como columnas, y λ es un vector q de parámetros. Los parámetros son estimados por el método de mínimos cuadrados ordinarios (Hastie *et al.*, 2017).

Y a fin de evitar el sesgo asociado a las distintas unidades de medida y mejorar la precisión de los resultados, se estandarizaron las variables en la aplicación del análisis de componentes principales (PCA) (Gewers *et al.*, 2018). Los datos utilizados proceden del Banco Mundial; la fuente proporcionó información de 1995 a 2023, de 38 variables (véase Tabla 1)

Para la validación de datos se aplicó el análisis a través de la Red Neuronal y comparación con la importación del maíz amarillo.

Resultados y discusión

Se emplearon variables continuas estandarizadas de 38 variables (véase Tabla 1). Para asegurar que la base de datos fuera apropiada para el análisis de componentes principales (PCA), se utilizó la prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), la cual evalúa la idoneidad de los datos en función de la proporción de varianza compartida entre las variables seleccionadas.

El KMO varía entre cero y uno; valores mayores a 0.50 son deseables y no indican problemas; el valor de la prueba resultó ser de 0.63 (véase Tabla 2).

En la realización del Análisis de Componentes Principales (PCA), se ocuparon variables continuas estandarizadas. Para evitar problemas de alta colinealidad se limpiaron los datos (véase Figura 1).

Después de la limpieza de los datos, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) sobre las variables estandarizadas relacionadas con la Soberanía Alimentaria. El análisis reveló que las tres primeras componentes principales explican conjuntamente más del 83% de la varianza total del sistema de variables, lo cual indica una representación adecuada de la información original (Véase Figura 2).

La Figura 2 mostró cómo los primeros tres componentes tienen eigenvalores altos, y luego el valor cae muy rápido. La línea roja punteada en $\text{eigenvalor}=1$ mostró que después de PC3 los componentes ya no aportan tanto valor. Y la línea verde punteada muestra el corte ideal en la PC4, confirmando que las primeras 3 componentes (PC1, PC2 y PC3) son las que se conservaron para el análisis posterior (véase Tabla 3).

La Tabla 3, mostró que los primeros componentes son los más importantes, PC1 tiene un eigenvalor de 8.4344, lo que explica el 52.71% de toda la varianza, PC2 tiene un eigenvalor de 3.4275, explicando un 21.42% adicional y PC3 explica otro 9.42%. Sumando PC1 + PC2 + PC3 se tiene 83.56% de la varianza total explicada, una proporción acumulada de 0.8356.

Por lo tanto, de acuerdo con los resultados, la desviación estándar (Estándar deviation), mide la dispersión de los datos en ese componente. Cuanto mayor es la desviación estándar, mayor es la variabilidad explicada por ese componente. En este caso, PC1 tiene la mayor desviación estándar (2.9024), lo que indica que este componente explica una cantidad significativa de la variabilidad en los datos.

La proporción de varianza, mostró el porcentaje de la varianza total de los datos explicada por cada componente, es decir, el PC1 explicó el 52.72% de la varianza total en los datos, mientras que PC2 explica el 21.42% lo cual es considerable. El resto de los componentes no fueron significativas.

La proporción acumulada de varianza mostró la cantidad total de varianza explicada a medida que se añaden componentes. Por lo tanto, se necesitó de tres componentes para capturar una proporción significativa de la varianza: PC1 + PC2 + PC3 explican el 83.56% de la varianza. Con los primeros 7 componentes, se explica aproximadamente el 96.78% de la varianza total.

En la Tabla 4 se presentan los eigenvectores resultantes de PCA, los cuales relacionan el valor de cada componente como una combinación lineal de las variables utilizadas. Por lo tanto, el componente 1 está influido por acceso a servicios, propiedad y desigualdad de actividad económica; el componente 2 se concentra en accesos y productividad agrícola, y el componente 3 reflejó fuerte influencia por acceso a alimento e ingreso.

El índice mostró tendencia descendente, una pérdida sostenida de Soberanía Alimentaria; por ejemplo, en 1995, el índice estuvo por encima de 3%, y para 2023 bajó a (-2%) (véase Figura 3).

Por ejemplo, entre 1995 y 2002, el índice mostró un descenso rápido; como probable

consecuencia de cambios en políticas agrícolas, reducción de subsidios al campo como lo mencionó Carrera y Hernández (2022), o podría deberse a los impactos de la implementación del TLCAN, tratado que entró en vigor en 1994; por ejemplo, las importaciones de arroz han aumentado desde apertura comercial en México (González y Abelardo, 2023); (Cruz *et al.*, 2021).

En cuanto a las variables consideradas, se seleccionaron aquellas que mostraron una alta relación con la Soberanía Alimentaria, tal como también lo evidenciaron (Martínez, *et al.*, 2025).

De acuerdo con el índice estimado mediante el modelo de redes neuronales, la tendencia del índice también fue negativa continua. Paralelamente, el incremento sostenido en las importaciones de maíz amarillo reflejó una creciente dependencia del exterior para satisfacer la demanda interna, lo cual evidencia un debilitamiento progresivo de la Autosuficiencia Alimentaria. En ese sentido, Jaime (2024) evidenció que “en una década (2012-2013 a 2021 a 2022), las importaciones de maíz amarillo aumentaron en un 320% (de 5,076 toneladas a 16,290 toneladas)”, mientras que “el consumo de la industria pecuaria creció en 310% (de 5,026 a 15,584)” (Jaime, 2024).

CONCLUSIÓN

Después del análisis se concluye que la tendencia del Índice de Soberanía Alimentaria en México es descendente continua, con caídas marcadas entre 1995 y 2002 y entre 2015 y 2023, lo que reflejó el retiro de apoyos al campo, apertura de importaciones agrícolas, así como también la profundización de la dependencia alimentaria, de decir, pérdida de autonomía alimentaria, lo que refleja que el país ha disminuido la capacidad de producir y controlar sus propios alimentos.

Por lo tanto, el estudio evidenció pérdida progresiva del control sobre el sistema alimentario; el país no tiene Autosuficiencia Alimentaria, importa más del 40% de sus alimentos básicos incluidos maíz amarillo, arroz, trigo y soya.

Esta situación pone en entredicho la eficacia de las políticas actuales en materia agroalimentaria; por lo tanto, se requiere con urgencia la formulación e implementación de estrategias integrales que fortalezcan la producción nacional, modernicen la infraestructura agrícola y reduzcan estructuralmente la vulnerabilidad del país frente a las fluctuaciones del mercado internacional.

Tablas del apéndice

Tabla 1.
VARIABLES EMPLEADAS EN EL ESTUDIO.

Variable	Tipo	Descripción
RTRN	Continua	Rentas totales de los recursos naturales (% del PIB)
TC	Continua	Tierras cultivables (% del área de tierra)
DTP	Continua	Disposición de tierra de per cápita
TA	Continua	Tierra agrícola (% del área de tierra)
ACCB(HA)	Continua	Área cosechada Cereales Básicos (ha)
SA(ha)	Continua	Superficie agrícola (ha)
TUPC(ha)	Continua	Tierra utilizada para la producción de cereales (hectáreas)
TCHP	Continua	Tierras cultivables (ha por persona)
TCP	Continua	Tierras destinadas al cultivo de manera permanente (% del área de tierra)
ADPC	Continua	Recurso de Agua Dulce internos renovables per cápita (metros cúbicos)
HO	Continua	Extracción anual de agua dulce para uso agrícola (% del total de extracción de agua dulce)
STA(ha)	Continua	Superficie Tierras Agrícolas
STC(ha)	Continua	Superficie Tierra Cultivada
STAR(ha)	Continua	Superficie Tierra arable
SPPP(ha)	Continua	Superficie Praderas y Pastizales Permanentes
SCP(ha)	Continua	Superficie Cultivo Permanente
PR	Continua	Población rural (% de la población total)
MO	Continua	Trabajadores en agricultura (% de total PEA)
CFTC	Continua	Consumo de fertilizantes (kilogramos por hectárea de tierras cultivables)
IP	Continua	Índice de producción de alimentos (2004-2006 = 100)
PC	Continua	Producción de cereales (toneladas métricas)
EAON	Continua	Emisiones agrícolas de óxido nitroso (miles de toneladas métricas de equivalente de CO ₂)
AVA	Continua	Agricultura, valor agregado (% del PIB)
E	Continua	Exportaciones de alimentos (% de exportaciones de mercaderías)
M	Continua	Importaciones de alimentos (% de importaciones de mercaderías)
ASPIB	Continua	Agricultura, silvicultura y pesca, valor agregado (% del PIB)
RC	Continua	Rendimiento de los cereales (kg por hectárea)
ABT	Continua	Alimentos, bebidas y tabaco (% del valor agregado en la industrialización)
IPAA	Continua	Índice de producción agrícola (2014-2016 = 100)
IPC	Continua	Índice precios al consumidor
InPC	Continua	Inflación, precios al consumidor (% anual)
PD	Continua	Prevalencia de desnutrición (% de la población)
Pob	Continua	Crecimiento de la población (% anual)
IPA	Continua	Ingreso Promedio Anual
LPEI	Continua	Línea de Pobreza Extrema por Ingresos
GPA	Continua	Gasto promedio para la Agricultura

Fuente: Elaboración propia con definiciones del Banco Mundial.

Cuadro 2.

MSA (Measure of Sampling Adequacy) individuales.

RTRN	ACCB	TCP	HO	STC	SPPP	PC	E	AVA	ABT	M	DA	PD	InPC	IPA	GPA
0,32	0,6	0,63	0,81	0,77	0,79	0,8	0,54	0,44	0,53	0,12	0,53	0,8	0,54	0,72	0,75

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1995-2023).

Tabla 3.

Eigenvalores del análisis de componentes principales.

Componente	Eigenvalor	% Varianza (Proporción)	% Acumulado
PC1	8,4344	52,71%	52,71%
PC2	3,4275	21,42%	74,14%
PC3	1,5077	9,42%	83,56%
PC4	0,7741	4,84%	88,40%
PC5	0,5711	3,57%	91,97%
PC6+	0,4206	poco relevantes	—

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.

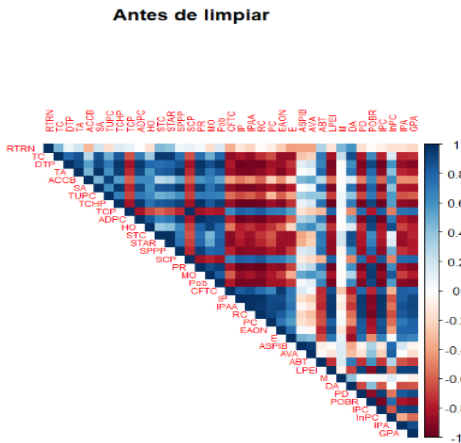
Eigenvectores del análisis de componentes principales.

	PC1	PC2	PC3
RTRN	0,06933904	-0,375552553	0,397596405
ACCB	0,18510567	0,29130983	-0,026955467
TCP	-0,27921605	-0,120600132	0,143621193
HO	0,25711396	0,314193209	0,060196165
STC	0,28868119	-0,249274665	0,003381802
SPPP	0,31109227	0,030910615	-0,101044158
PC	-0,2939732	-0,058433992	0,062560838
E	-0,25922315	0,292468	0,21836057
AVA	0,05646085	0,470344551	0,28546248
ABT	0,26350945	-0,132533708	0,090036107
M	0,03012309	-0,099443467	0,746307438
DA	0,24820457	-0,324882565	0,165759133
PD	-0,33133268	-0,009123885	0,060641446
InPC	0,19138761	0,389992726	0,258294426
IPA	-0,30948924	0,044313638	0,101623014
GPA	-0,32526075	-0,020580992	-0,018880642

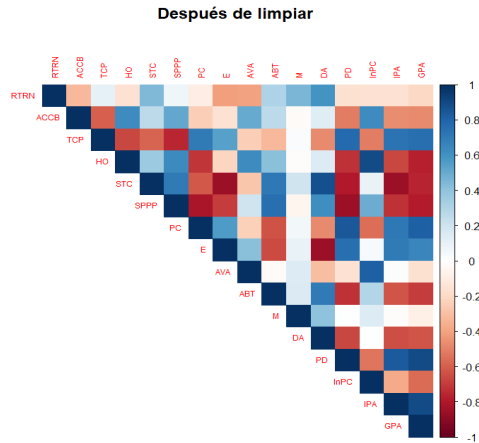
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1995-2023).

Figura 1.
Limpieza de datos antes de PCA.

Antes de limpiar

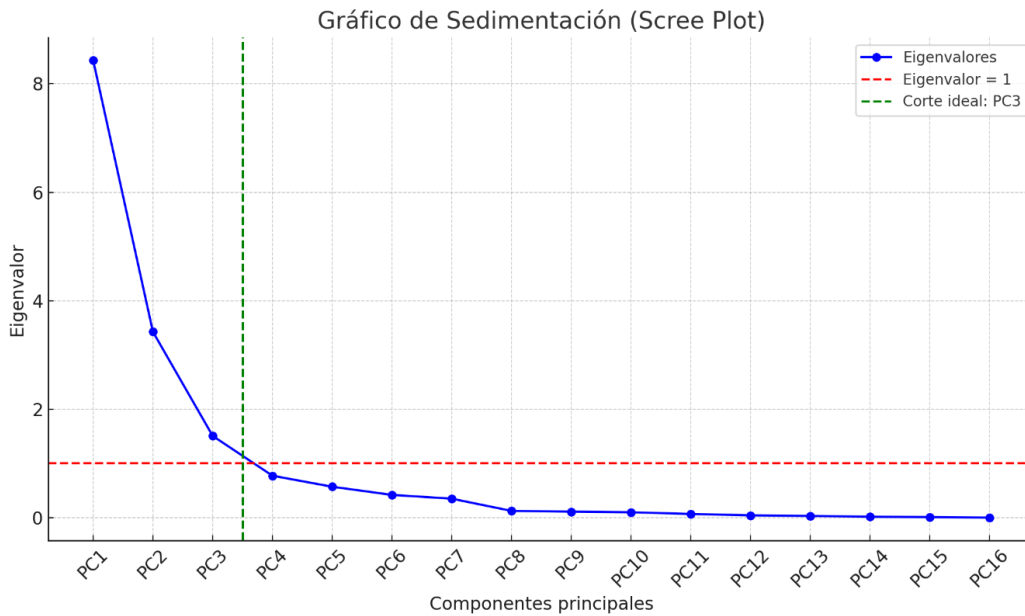


Después de limpiar



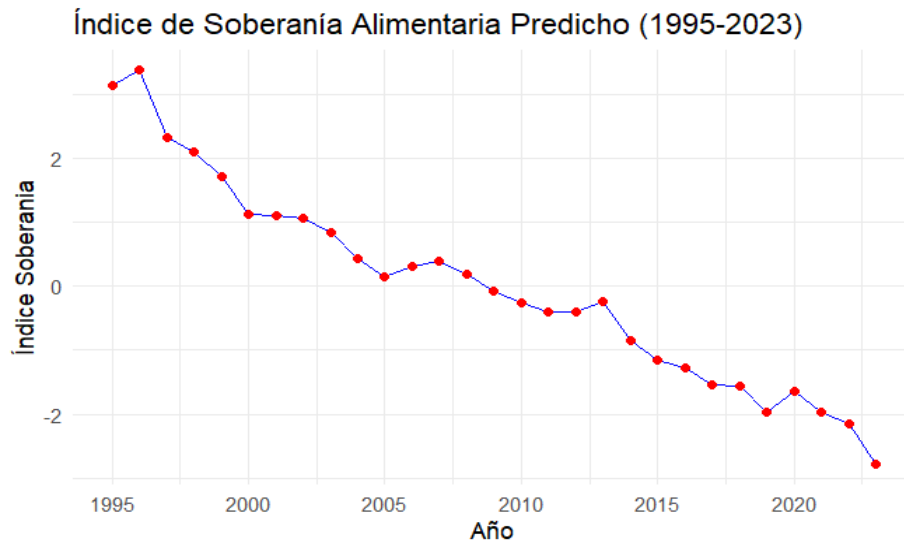
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1995-2023), en apoyo de RStudio.

Figura 2.
Componentes Principales que explican más del 80% de la varianza total del sistema de variables.



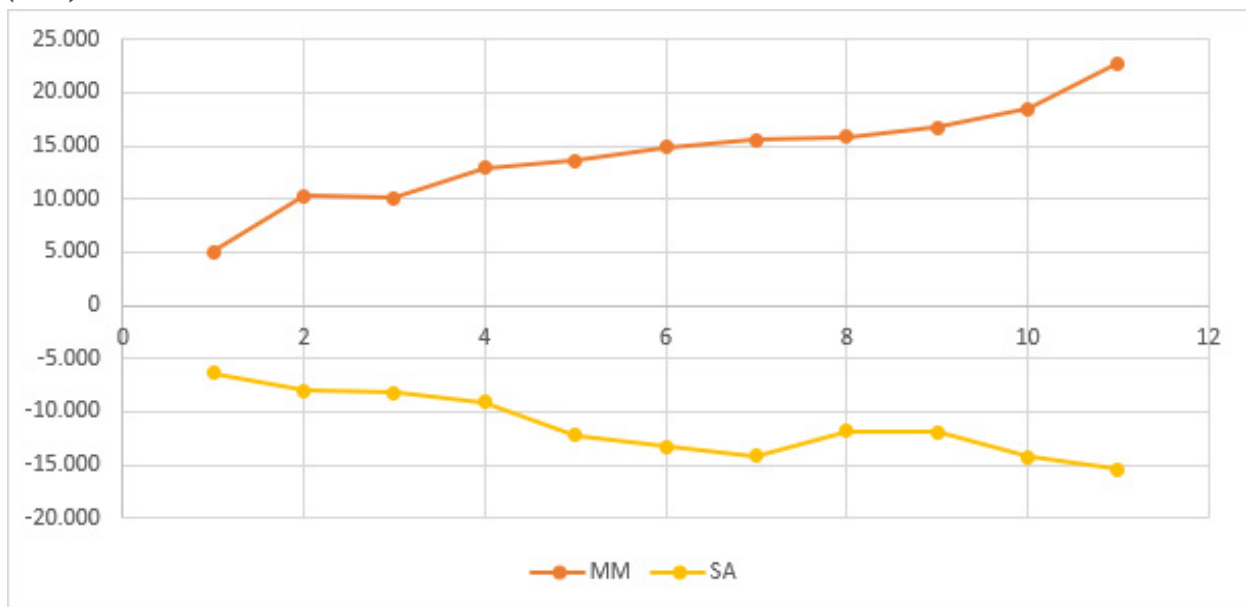
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1995-2023).

Figura 3.
Índice de Soberanía Alimentaria (1995-2023).



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

Figura 4.
Comparación del Índice de Soberanía Alimentaria (SA) e importaciones del maíz amarillo (MM) en México.



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (1995-2023).

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca doctoral otorgada al autor de correspondencia.

REFERENCIAS

- Bird Jernigan Valarie Blue, Maudrie Tara L., Nikolaus Cassandra Jean, Benally Tia, Johnson Selisha , Teague Travis , Mayes Melena , Jacob Tvli , Taniguchi Tori. (2021). Food Sovereignty Indicators for Indigenous Community Capacity Building and Health. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. Vol. 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.704750>
- Byaruhanga, R., Isgren, E. (2023). Rethinking the Alternatives: Food Sovereignty as a Prerequisite for Sustainable Food Security. *Food ethics* 8, 16. <https://doi.org/10.1007/s41055-023-00126-6>
- Carrera Rodriguez, B. J., & Hernandez Hernandez, A. C. (2022). de procampo a proagro productivo: la promesa de transformación del sector agrícola rural. *rd-icuap*, 8(24), 14–24. <https://doi.org/10.32399/icuap.rdic.2448-5829.2022.24.981>
- Cruz Herrera, K. L., Valdivia Alcalá, R. , Martínez Damián, M. Ángel ., & 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>
- Dekeyser, Koen, Korsten, Lise & Fioramonte, Lorenzo (2018). Food Sovereignty: Shifting Debates on Democratic Food Governance. *Food Security*, 10 (1), 223-233.
- Edelman, Marc (2014). Food Sovereignty: Forgotten Genealogies and Future Regulatory Challenges. *Journal of Peasant Studies*, 41 (6), 959-978.
- Gewers, F.; Ferreira; G.; De Arruda, H.; Silva, F.; Comin, C.; Amancio, D. & Costa, L. (2021). Principal Component Analysis: A Natural Approach to Data Exploration. *ACM Computing Surveys* 54 (4): pp 1–34.
- González-Bejarano, Diego Abelardo. (2023). Producción alimentaria y población en el contexto de crisis sanitaria: el caso de México y la entidad mexiquense 1980-2021. *Papeles de población*, 29(117), 127-180. Epub 04 de febrero de 2025. <https://doi.org/10.22185/24487147.2023.117.23>
- Hastie, T.; Tibshirani, R. & Friedman, J. (2009). *Unsupervised Learning*. En Springer Ed. (2nd edition) *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*.
- Levkoe, Charles Z. & Blay-Palmer, Alison (2018). Food Counts: Food Systems Report Cards, Food Sovereignty and the Politics of Indicators. *Canadian Food Studies*, 5(3), 49-75.
- López-Giraldo, LA., y Franco-Giraldo, Á. (2015). Revisión de enfoques de políticas alimentarias: entra la seguridad y la Soberanía Alimentaria (2000-2013). *Cadernos de Saúde Pública*, 317(7), 1355-1369. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00124814>

- MARTÍNEZ-TORRES, María Elena & ROSSET, Peter M. (2014). Diálogo de saberes en La Vía Campesina: Soberanía Alimentaria y agroecología. *The Journal of Peasant Studies*, (41), 979-997.
- MCMICHAEL, Philip (2014). Historicizing Food Sovereignty. *The Journal of Peasant Studies*, 41 (6), 933-957.
- Méneses, J. (2019). Introducción al análisis multivariante. Universitat Oberta de Catalunya. Recuperado en <https://femrecerca.cat/meneses/publication/introduccion-analisis-multivariante/>
- Ningrum, V.; Subroto, A (2020). Do the state and market affect the farmer's sovereignty? Study of organic agriculture in Indonesia. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; IOP Publishing: Bristol, UK; Volume 436, p. 012011. DOI:10.1088/1755-1315/436/1/012011 [Google Scholar]
- Ruiz-Almeida, Adriana & Rivera-Ferre, Marta Guadalupe (2019). Internationally- Based Indicators to Measure Agri-Food Systems Sustainability Using Sovereignty as a Conceptual Framework. *Food Security*, (11), 1321-1337.
- Stiglitz, J. E., Sen, A., & Fitoussi, J.-P. (2009). Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress.
- Martínez Martínez, V., Pérez Zamorano, A., Hernández Ortiz J., & Barrios Puente, G. (2025). Soberanía Alimentaria en México: un análisis comparativo de sus determinantes. (2025). *Revista Facultad De Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC*, 17(1), 7-27. <https://doi.org/10.47847/>
- Martínez Martínez, V., Pérez Zamorano, A., Hernández Ortiz J., Esteban Macías, J., & Barrios Puente, G. (2024). El papel de las instituciones en la Soberanía Alimentaria: un enfoque de economía institucional en los programas sociales en México. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 4(11), 1-17. <https://doi.org/10.53595/rlo.v4.i11.106>