

Contribucion de la cuenca Laxaxalpan a la soberiana alimentaria de maíz (*Zea mays* L.) en el estado de Puebla, México

Contribuição da bacia do Laxaxalpan para a soberania alimentar do milho (*Zea mays* L.) no estado de Puebla, México

Contribution of the Laxaxalpan basin to the food sovereignty of maize (*Zea mays* L.) in the state of Puebla, Mexico

DOI: 10.34188/bjaerv9n1-169

Submitted: Jan 5th, 2026

Approved: Feb 4 th, 2026

Georgel Moctezuma López

Maestro en Ciencias en Economía Agrícola. Colegio de Postgraduados.
Investigador Titular. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y
Mejoramiento de Ecosistemas Forestales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Ciudad de México. México
E-mail: moctezuma.georgel@inifap.gob.mx y georgel_moctezuma@hotmail.com
ORCID 0000-0002-5605-7263

Francisco Moreno Sánchez

Maestro en Ciencias del Suelo. Universidad Nacional Autónoma de México
Investigador Titular. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y
Mejoramiento de Ecosistemas Forestales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Ciudad de México. México
E-mail: moreno.francisco@inifap.gob.mx
ORCID 0000-0002-8213-9609

Antonio González Hernández

Maestro en Ciencias Agroclimatología. Colegio de Postgraduados:
Investigador Titular. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y
Mejoramiento de Ecosistemas Forestales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Ciudad de México. México
E-mail: gonzalez.antonio@inifap.gob.mx
ORCID 0000-0002-4239-4622

Efraín Velasco Bautista

Doctor en Ciencias Estadísticas. Colegio de Postgraduados:
Investigador Titular. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y
Mejoramiento de Ecosistemas Forestales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Ciudad de México. México
E-mail: velasco.efrain@inifap.gob.mx
ORCID 0000-0002-1692-8984

Angel Saul Cruz Ramírez

Doctor en Ciencias Económicas. Instituto Politécnico Nacional.
Investigador Titular. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y
Mejoramiento de Ecosistemas Forestales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Ciudad de México. México
E-mail: cruz.angel@inifap.gob.mx
ORCID 0000-0002-5428-899X

RESUMEN

El maíz forma parte esencial de la alimentación del mexicano, sin embargo el déficit de esta semilla afecta la soberanía alimentaria del país, lo que implica más importaciones y salida de divisas. El potencial productivo es una herramienta que permite identificar las áreas aptas para siembra de cultivos específicos. Esta tecnología es un instrumento de política pública, para el desarrollo del sector primario, con miras a la seguridad alimentaria. El estado de Puebla es uno de los principales productores de maíz en el centro de México, la cuenca Laxaxalpan se considera como una área modelo en la entidad por sus características agroecológicas. El presente estudio analiza, a través de un método bifásico la superficie y producción de maíz en la cuenca y su aportación en el estado. Primero identifica áreas potenciales para la producción. En la segunda etapa estudia la dinámica del cultivo de maíz en los últimos 21 años desde el punto de vista agroecológico con énfasis en aspectos económicos, poblacionales y productivos. Se concluye que la cuenca con la implementación de áreas potenciales puede ser autosuficiente y generar excedentes que contribuyan a la soberanía alimentaria del estado. Sin embargo, actualmente existe un déficit en la producción de maíz, lo que abre una ventana de oportunidad a las innovaciones propuestas por Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Palabras clave: áreas potenciales, producción, rendimiento medio por hectárea, superficie cosechada, valor de la producción.

RESUMO

O milho é um alimento básico na dieta mexicana; no entanto, a escassez desse grão afeta a soberania alimentar do país, levando ao aumento das importações e à saída de divisas. O potencial produtivo é uma ferramenta que permite identificar áreas adequadas para o plantio de culturas específicas. Essa tecnologia é um instrumento de política pública para o desenvolvimento do setor primário, visando à segurança alimentar. O estado de Puebla, um dos principais produtores de milho do centro do México, tem a bacia do Laxaxalpan considerada uma área modelo dentro do estado devido às suas características agroecológicas. Este estudo analisa, utilizando um método em duas fases, a área e a produção de milho na bacia e sua contribuição para o estado. Primeiramente, identifica áreas com potencial produtivo. A segunda etapa examina a dinâmica do cultivo de milho nos últimos 21 anos sob uma perspectiva agroecológica, com ênfase nos aspectos econômicos, populacionais e de produção. Conclui que a bacia hidrográfica, com a implementação de áreas com potencial, pode ser autossuficiente e gerar excedentes que contribuam para a soberania alimentar do estado. No entanto, existe atualmente um déficit na produção de milho, o que representa uma oportunidade para as inovações propostas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Florestais, Agropecuárias e Pecuárias (INIFAP).

Palavras-chave: áreas potenciais, produção, rendimento médio por hectare, área colhida, valor da produção.

ABSTRACT

Corn is an essential part of the Mexican diet; however, the shortage of this seed affects the country's food sovereignty, leading to increased imports and foreign exchange outflows. Productive potential is a tool that allows for the identification of areas suitable for planting specific crops. This technology is a public policy instrument for the development of the primary sector, with a view to food security. The state of Puebla, one of the main corn producers in central Mexico, has the Laxaxalpan basin considered a model area within the state due to its agroecological characteristics. This study analyzes, using a two-phase method, the area and production of corn in the basin and its contribution to the state. First, it identifies potential areas for production. The second stage examines the dynamics of maize cultivation over the past 21 years from an agroecological perspective, with an emphasis on economic, population, and production aspects. It concludes that the watershed, with the implementation of potential areas, can be self-sufficient and generate surpluses that contribute to the state's food sovereignty. However, there is currently a deficit in maize production, which presents an opportunity for the innovations proposed by the National Institute of Forestry, Agricultural and Livestock Research (INIFAP).

Keywords: potential areas, production, average yield per hectare, harvested area, production value.

1 INTRODUCCIÓN

Una cuenca de acuerdo a (Breña-Puyol y Jacobo-Villa, 2006) es aquella superficie en la cual el agua de precipitación se transfiere de las partes topográficas altas a las medias y llega a la parte baja, mediante un sistema de drenaje, a las áreas circundantes, otra corriente, cuerpo de agua, o al mar. En particular, la cuenca del río Laxaxalpan (Agua.org.mx 2016), pertenece a la Región Hidrológica RH27 Tuxpan-Nautla, dentro del Cuenca (27B) Tecolutla en la Sierra Norte del estado del Puebla y a la Subcuenca C-Río Laxaxalpan. Su relieve es montañoso, característico de la Sierra Madre Oriental, con pendientes variables, (INEGI 2010) El sistema hidrográfico integra varios arroyos tributarios y afluentes perennes que alimentan al río Laxaxalpan, por lo que es una subcuenca de alta relevancia en la captación de agua.

La cobertura edafológica (INEGI 2017) de la subcuenca es un reflejo de diversidad de paisajes en zonas montañosas y sus dos tipos de suelo predominantes son: Andosoles y Litosoles, los primeros son frecuentes en áreas templadas con material volcánico de alta retención de agua; con estructura esponjosa buena cantidad de materia orgánica y buen potencial productivo y los segundos son suelos de poco espesor, con abundante material pedregoso y poco desarrollo, lo cual limita el uso agrícola, son comunes en laderas de pendiente pronunciada, además hay otros tipos de suelo como Phaezems, Luviosoles y Cambiosoles, que le dan una gran heterogeneidad edáfica a la cuenca Laxaxalpan.

Las características agroecológicas de la cuenca presentan usos diversificados que ligan a la agricultura con el pastoreo y áreas forestales (SEMARNAT 2012). En la parte alta montañosa, la producción agrícola es de tipo comunitario. Se tiene potencial productivo de medio a alto en suelos Andosoles y desarrollar una agricultura de alto rendimiento, en particular para cultivos de temporal. Por otro lado, las pendientes pronunciadas y suelos someros (Litosoles), reducen las prácticas

agrícolas mecanizadas en terrazas o laderas.

De acuerdo (Vía Campesina, 1996), “La soberanía alimentaria es el derecho de los pueblos a alimentos sanos y culturalmente apropiados, producidos mediante métodos sostenibles, y su derecho a definir los sistemas propios alimentarios y agrícolas”. Con base a (Peter Rosset 2004) “La soberanía alimentaria es el derecho de cada pueblo a definir sus propias políticas agro-pecuarias en materia de alimentación, protección y reglamentación a la producción agropecuaria nacional y mercado doméstico a fin de alcanzar metas de desarrollo sustentable, decidir en qué medida quieren ser autosuficientes, impedir que sus mercados se vean inundados por productos excedentarios de otros países para evitar la práctica del “dumping”.

El potencial productivo de las especies vegetales de acuerdo a (Pereira, 1982) consiste en identificar las superficies agrícolas pecuarias o forestales en las que se cubren los requerimientos agroecológicos de los cultivos de interés, que para fines de la presente investigación fue el maíz, fundamental en la alimentación del pueblo mexicano, y es parámetro para determinar precios y cuantificar la inflación en el país.

El objetivo general de la investigación es determinar la contribucion de la cuenca Laxaxalpan a la soberana alimentaria de maíz en el estado de Puebla, México. Los objetivos particulares son; a) determinar las áreas potenciales para maíz en la cuenca de estudio, b) estimar la producción potencial en toneladas, c) comparar las variables productivas entre estado y cuenca para la determinación de la situación que guarda la autosuficiencia alimentaria en la cuenca.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

En México se usan diversas herramientas focalizadas al logro de la soberania alimentaria. El maiz es el producto de mayor consumo con un deficit en la balanza comercial, porlo que la aplicacion de estudios de potencial productivo para incentivar la produccion en áreas de mayor probabilidad de éxito con la aplicacion innovaciones y paquetes tecnológicos, se há aplicado a este cultivo en diversas escalas. El INIFAP en especifico realizó estudios nacionales de potencial productivo, y estatales como son las Agendas Técnicas Agrícolas (INIFAP 2017) y para este estudio se llevó acabo la identificación del potencial productivo de maíz a nivel municipal dentro de la cuenca de interés. Por otro lado, (Moreno, et al. 2025) y (Moctezuma, et al 2024) evaluaron la dinámica en superficie cosechada, produccion, rendimiento médio por hectérea y valor de la producción para analizar el comportamiento y sus tendências. Siendo estas varibles herramientas las que permiten identificar las tendencia en soberania alimentaria dentro de la cuenca de interes y su posible aportacion al estado

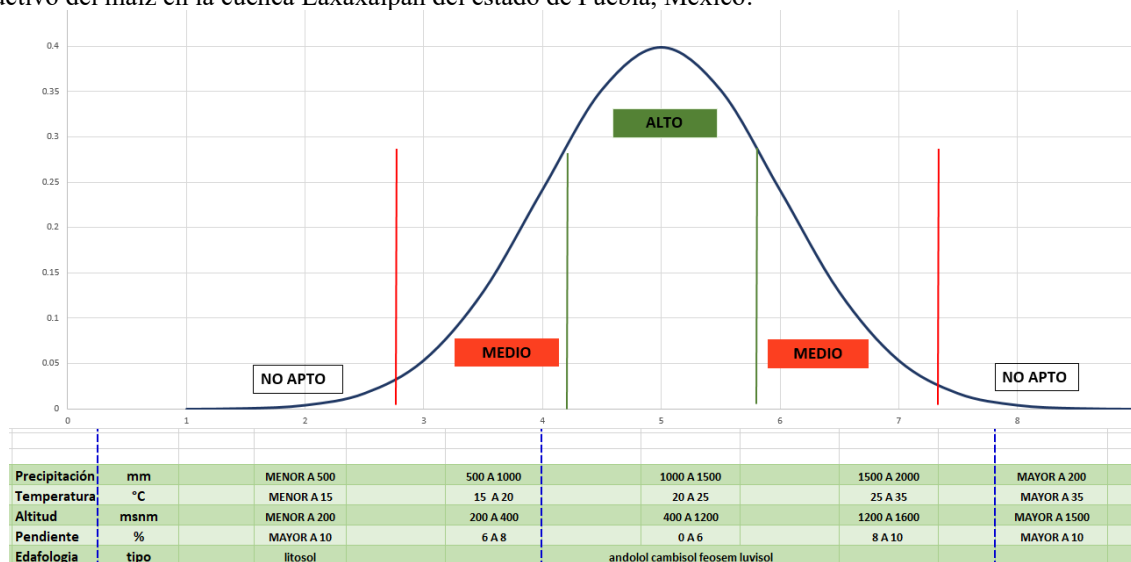
3 METODOLOGIA

El trabajo se realizó con la conformación de un equipo multidisciplinario de cinco investigadores con los perfiles necesarios para las actividades de planeación, organización y elaboración del proyecto de investigación, adscritos al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (Cenid Comef) perteneciente al INIFAP y un auxiliar de investigación de la Facultad de Estudios Superiores (FES-Aragón) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) todos con experiencia en alguna de las siguientes áreas; Geomática, Suelos, Estadística, Economía Agrícola y Planificación Agropecuaria.

Para el estudio del potencial productivo, se requieren: a) una definición precisa de los requerimientos agroecológicos del cultivo (maíz), y b) el contraste de éstos con las condiciones que oferta el medio ambiente en la cuenca de interés. Esto asegura un mayor rendimiento, mejores ganancias y menor deterioro ambiental, (Díaz *et al.*, 2012).

Para los requerimientos agroecológicos del maíz en la cuenca, se consultaron fuentes de información bibliográficas, Cruz *et al.*, (2021) y de las cuales se muestran en la Figura 1.

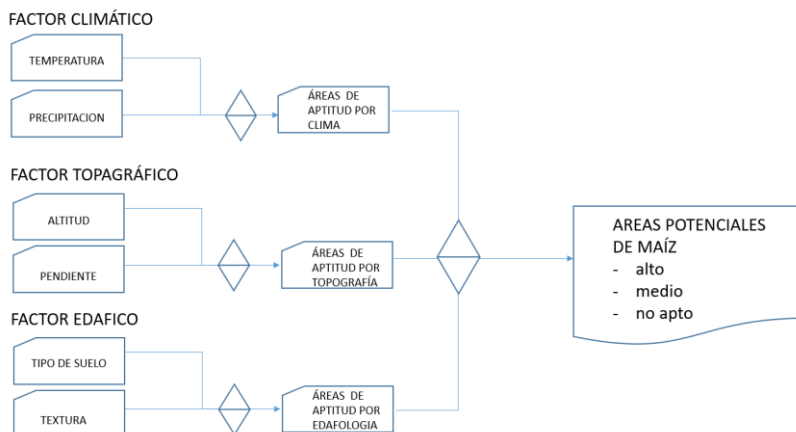
Figura 1. Requerimientos agroecológicos y valores umbrales para déficit y exceso para la delimitación del potencial productivo del maíz en la cuenca Laxaxalpan del estado de Puebla, México.



Fuente: Elaboración propia del laboratorio de Geomática del Cenid Comef del INIFAP.

La elaboración de las coberturas por variable: temperatura media anual ($^{\circ}\text{C}$), precipitación anual (mm), altitud (msmm) y pendiente (%) éstas se obtuvieron de la página <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html> donde se descargan las variables a nivel nacional y luego se recortaron por la máscara del estado de Puebla. Por medio de algebra booleana se obtuvo el potencial productivo para maíz (no apto, medio y alto) esto se elaboró con ArcGis 10.7®. Figura 2.

Figura 2. Proceso metodológico para obtener mapas de potencial productivo a partir de capas con variables individuales.



Fuente: Elaboración propia del laboratorio de Geomática del Cenid Comef del INIFAP

Para la información de series estadísticas de: superficie sembrada (ha), producción (ton), rendimientos medios (t/ha) y valor de la producción (millones \$) se recurrió a las bases de datos del Sistema de Información Alimentaria y Pesquera (SIAP) perteneciente a la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), así como de los Fondos Instituidos con Relación a la Agricultura del Banco de México (FIRA 2020 y 2021) y del Consejo Nacional de Población (CONAPO 2024).

En el caso de los incrementos y decrementos de las variables de producción se consideró que la fórmula matemática que mejor refleja las variaciones, es la tasa media de crecimiento anual (TMCA) de las variables, en períodos de mediano y largo plazo, su expresión matemática es:

$$TMCA = ((Vf / Vi) ^ (1 / n) - 1) * 100$$

Donde:

Vf significa el valor final al periodo;

Vi corresponde al valor inicial del periodo y

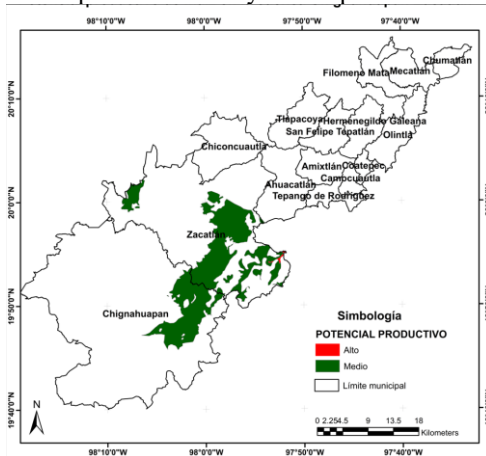
n representa el número de años que considera el análisis.

De igual forma se tomaron en cuenta los crecimientos a partir del año 2004, hasta el último año del horizonte de análisis (2024), para identificar los crecimientos tanto positivos como negativos que resulten en el período, (Addin Technology 2018). Así mismo, se determinaron las líneas de tendencia más representativas que explican la dinámica de las variables estudiadas, para comparar la dinámica de las variables a nivel cuenca y estado para identificar su estatus en cuanto autosuficiencia alimentaria.

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

La Figura 3 muestra el mapa de potencial productivo alto y medio para el cultivo del maíz en la cuenca Laxaxalpan

Figura 3. Mapa de potencial productivo alto y medio para maíz en la Cuenca Laxaxalpan.



Elaboración: Laboratorio de Geomática; CENID – COMEF del INIFAP.

El área de color rojo muestra el potencial productivo alto y las verdes indican el potencial productivo medio para los municipios de Ahuacatlán, Chignahuapan y Zacatlán de las Manzanas.

Posteriormente se muestran una serie de tablas y figuras de las variables, así como, su dinámica y ecuaciones de mayor ajuste estadístico, tanto a nivel estado (Puebla) como cuenca (Laxaxalpan): superficie cosechada (ha), producción (ton), rendimiento medio por hectárea (ton/ha), precio medio rural (\$/ton) y valor de la producción (millones \$).

Superficie cosechada de maíz (ha): en la Tabla 1 se muestran las cifras del periodo de análisis de 21 años (2000 a 2024), así como las variaciones porcentuales (positivas o negativas) que se tuvieron con relación al año anterior.

Tabla 1. Superficie cosechada de maíz en el estado de Puebla y en la Cuenca Laxaxalpan, así como su variación anual respecto al año anterior.

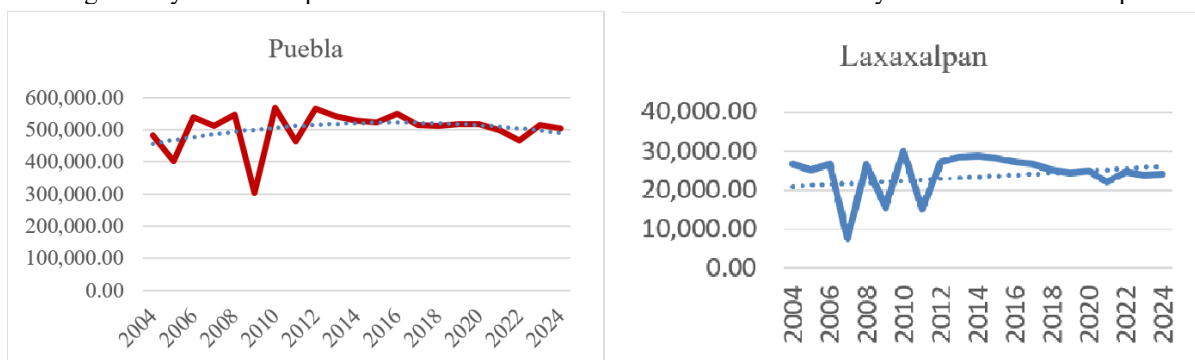
Año	Superficie cosechada (ha)		Variación % respecto al año anterior	
	Estado de Puebla	Cuenca Laxaxalpan	Estado de Puebla	Cuenca Laxaxalpan
2004	482,650.46	26,712.00	0	0
2005	401,559.00	25,274.00	-16.80	-5.70
2006	539,135.96	26,707.60	34.26	5.37
2007	510,569.51	7,450.93	-5.30	-258.45
2008	547,248.68	26,688.50	7.18	72.08
2009	304,272.31	15,300.97	-44.40	-74.41
2010	568,059.40	30,008.80	86.69	49.01
2011	464,089.60	15,115.60	-18.30	-98.53
2012	565,054.00	27,174.20	21.76	44.38
2013	541,828.77	28,388.20	-4.11	4.28
2014	526,719.78	28,707.90	-2.79	1.11
2015	523,045.21	28,314.82	-0.70	-1.39
2016	549,341.02	27,290.70	5.03	-3.75
2017	514,556.97	26,706.30	-6.33	-2.19
2018	512,664.10	25,041.30	-0.37	-6.64
2019	517,820.96	24,379.81	1.01	-2.71
2020	516,721.90	24,981.85	-0.21	2.41
2021	497,476.80	22,101.72	-3.72	-13.03
2022	465,401.12	24,765.91	-6.45	10.76
2023	513,767.24	23,954.51	10.39	-3.39
2024	504,134.08	24,111.65	-1.91	0.65

Fuente: Datos de los anuarios del SIAP. 2004 - 2024

En la Tabla 1 se destaca que la superficie cosechada de maíz, tanto a nivel estado, como en los municipios de la cuenca, la mayor cantidad de hectáreas sembradas en la entidad se observa en el año 2012 y para la cuenca en 2014. Caso contrario, las menores superficies, en el estado son en 2009 y 2007 en la cuenca. Para el incremento porcentual con relación al año anterior, de Puebla, 2010 en el casi se duplica y en cuenca es en 2008.

En la Figura 4a y 4b se muestra la evolución en la superficie cosechada (ha) en el periodo de 21 años del estudio.

Figura 4a y 4b de la superficie de cosechada de maíz en el estado de Puebla y en la cuenca Laxaxalpan



Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP.

En ambos casos (estado de Puebla y cuenca Laxaxalpan) el comportamiento de la superficie sembrada es variable con un pronunciamiento mayor a nivel de cuenca que em el estado, la tendencia en la entidad es ligeramente a la alza y caso contraio en la cuenca. Las ecuaciones de mejor ajuste son: para el estado, de tipo polinómica $y = -465.51x^2 + 11939x + 445214$, en el caso de la cuenca es exponencial $y = 20714e^{0.0109x}$; con R^2 de 0.1013 y de 0.0461 para Puebla y Laxaxapan respectivamente, que son de muy baja correlación esto debido a las amplias variaciones en las superficies cosechadas.

Rendimiento medio por hectárea de maíz (ton/ha): en la Tabla 2 se muestran los datos reportados por el SIAP a nivel estado y cuenca en el periodo 2004 - 2024, así como las variaciones porcentuales con relación al año anterior de dicho parámetro.

Tabla 2. Rendimiento medio por hectárea de maíz en el estado de Puebla y la Cuenca Laxaxalpan y variación anual respecto al año anterior.

Año	Rendimiento medio por hectárea (ton/ha)		Variación % respecto al año anterior	
	Estado de Puebla	Cuenca Laxaxalpan	Estado de Puebla	Cuenca Laxaxalpan
2004	1.77	1.73	0	0
2005	1.94	1.68	9.60	-2.89
2006	1.89	1.78	-2.58	5.95
2007	1.85	0.94	-2.11	-47.19
2008	1.87	1.16	1.08	23.40
2009	2.16	1.43	15.51	23.28
2010	1.90	1,28	-12.04	-10.49

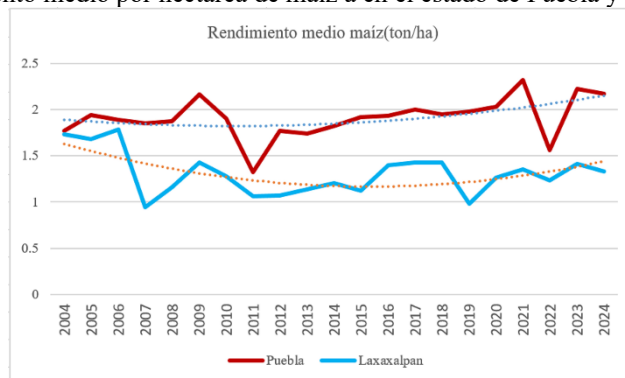
2011	1.32	1.06	-30.53	-17.19
2012	1.77	1.07	34.09	0.94
2013	1.74	1.14	-1.69	6.54
2014	1.82	1.20	4.60	5.26
2015	1.92	1.12	5.49	-6.67
2016	1.93	1.40	0.52	25.0
2017	2.00	1.43	3.63	2.14
2018	1.95	1.43	-2.50	0.0
2019	1.98	0.98	1.54	-31.47
2020	2.03	1.26	2.53	28.57
2021	2.32	1.35	14.29	7.14
2022	1.56	1.23	-32.76	-8.89
2023	2.22	1.41	42.31	14.63
2024	2.17	1.33	-0.98	-5.67

Fuente: Datos de los anuarios del SIAP. 2004 – 2024

De la anterior Tabla, se observa que, el rendimiento medio por hectárea a nivel estado tiene comportamiento positivo, en tanto que, a nivel cuenca se observa un decremento. El mayor rendimiento es estatal y se registra en 2021; para la cuenca el mayor rendimiento en 2006. Los incrementos porcentuales respecto al año anterior, el mayor rendimiento medio por hectárea en Puebla es en 2023, en de la cuenca este se observa en 2020. Con relacion a los decrementos porcentuales, el mayor en Puebla es en 2022 y en la Laxaxalpan en 2017.

En la Figura 5, se muestra el comportamiento y tendencia del rendimiento medio por hectárea de maíz a nivel del estado de Puebla y de la cuenca Laxaxalpan en el periodo 2004 a 2024.

Figura 5. Rendimiento medio por hectárea de maíz a en el estado de Puebla y la cuenca Laxaxalpa.



Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP.

Al inicio del periodo de análisis (2004), el rendimiento medio por hectárea es superior en Puebla y su diferencia con relación a Laxaxalpan es mínima (0.04 ton/ha), al final se amplía la brecha (0.84 ton/ha), lo que indica un rezago tecnológico en la cuenca ya que, en términos proporcionales la diferencia se amplió en 21 veces. Las ecuaciones de mejor ajuste estadístico son de tipo polinómicas: $y = 0.0017x^2 - 0.0255x + 1.9151$ para Puebla, $y = 0.0036x^2 - 0.0892x + 1.7149$ para la Laxaxalpan, con R^2 de 0.2023 y 0.3392 respectivamente que son de baja correlación, esto se explica por las ocho caídas en los rendimientos medios por hectárea.

Producción de maíz (ton): La Tabla 3 muestra la producción en toneladas que se obtuvieron en el estado de Puebla y la cuenca Laxaxalpan y sus variaciones porcentuales con relación al año anterior.

Tabla 3. Producción de maíz en el estado de Puebla y la cuenca Laxaxalpan (ton) y su variación anual respecto al año anterior.

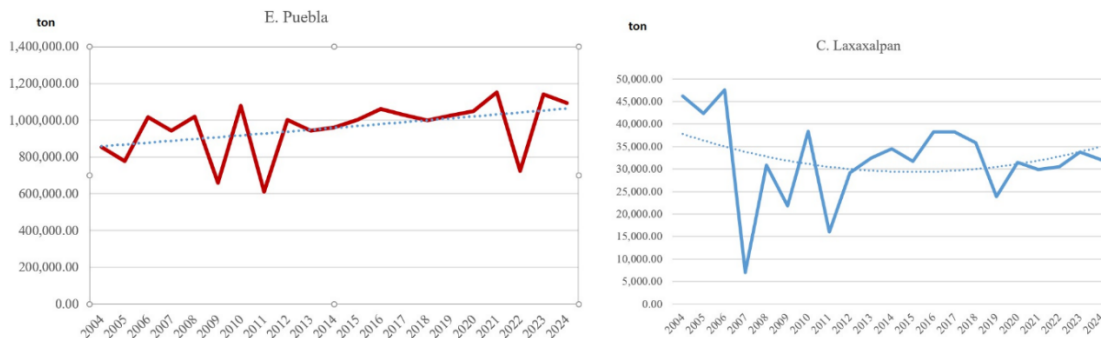
Año	Producción (toneladas)		Variación % respecto al año anterior	
	Estado de Puebla	Cuenca Laxaxalpan	Estado de Puebla	Cuenca Laxaxalpan
2004	855,353.72	46,214.45	0.0	0.0
2005	777,757.33	42,352.29	-9.07	-8.36
2006	1,016,584.95	47,530.11	30.71	12.23
2007	942,315.80	7,009.59	-7.31	-85.25
2008	1,020,642.12	30,894.30	8.31	340.74
2009	658,118.07	21,833.62	-35.52	-29.38
2010	1,080,462.01	38,321.81	64.17	75.52
2011	611,805.06	15,995.06	-43.38	-58.26
2012	1,002,278.01	29,179.16	63.82	82.43
2013	942,170.67	32,382.19	-6.00	10.98
2014	960,405.84	34,471.57	1.94	6.45
2015	1,002,154.92	31,723.11	4.35	-7.97
2016	1,061,811.20	38,255.32	5.95	20.59
2017	1,027,725.91	38,187.71	-3.21	-0.17
2018	1,000,390.58	35,817.96	-2.66	-6.21
2019	1,026,623.80	23,828.48	2.62	-33.47
2020	1,049,011.21	31,500.63	2.18	32.22
2021	1,151,896.04	29,863.54	9.81	-5.21
2022	724,891.92	30,474.31	-37.07	2.05
2023	1,139,813.56	33,809.78	57.24	10.95
2024	1,094,973.45	32,079.75	-3.93	-5.12

Fuente: Datos de los anuarios del SIAP. 2004 - 2024

En la Tabla 3 se observa que la mejor producción de maíz en Puebla, es en 2021, y la menor es en 2011 y para el caso de Laxaxalpan, cosecha record se observa en 2006 y la mínima en 2007. Con relación a los incrementos porcentuales respecto al año anterior, en el estado de Puebla, se logra en 2010 y a nivel de la cuenca Laxaxalpan es en 2008; los mayores decrementos porcentuales son en 2011 en ambos casos.

En la Figura 6 a y b se muestra la evolución de la producción de maíz a nivel estado de Puebla y cuenca Laxaxalpan y su dinámica de crecimiento en el periodo 2004 – 2024.

Figura 6 a y b. Producción de maíz (ton) en el estado de Puebla y en la cuenca Laxaxalpan.



Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP.

En la anterior Figura 6 a y b, se observa en el estado de Puebla, una tendencia creciente, lo que contrasta con la cuenca Laxaxalpan, ambas con un comportamiento de tipo polinomial; para el estado de Puebla su ecuación es: $y = 25.537x^2 + 9707.6x + 848579$ y en la cuenca es: $y = 69.64x^2 - 1672.1x + 39393$, ambas con una R^2 de 0.1790 y 0.0704 respectivamente con muy baja correlación y esto como consecuencia de altas fluctuaciones en la producción, con niveles mínimos en 2011 y 2007 respectivamente para Puebla y Laxaxalpan con cosechas record en 2021 y 2006.

Precio medio rural del maíz (\$/ton): En la Tabla 4 se muestran los precios tanto en el estado de Puebla, como en la cuenca Laxaxalpan en el periodo 2004 – 2024 con el esquema de pesos corrientes (precios de mercado).

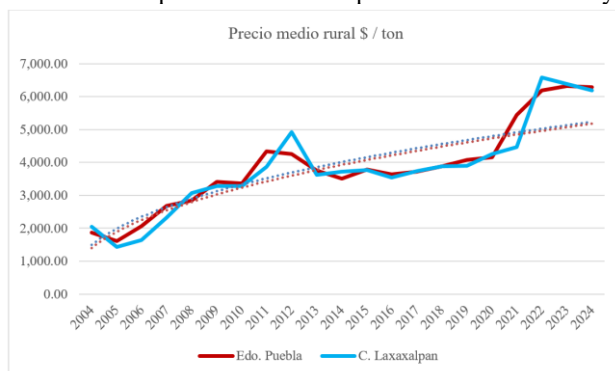
Tabla 4. Precio medio rural en el estado de Puebla y la cuenca Laxaxalpan (\$/ton), y su variación anual respecto al año anterior.

Año	Precio medio rural (\$/ton)		Variación % respecto al año anterior	
	Estado de Puebla	Cuenca Laxaxalpan	Puebla	Laxaxalpan
2004	1,872.73	2,041.14	0.0	0.0
2005	1,615.59	1,427.13	-13.73	-30.08
2006	2,059.43	1,640.00	27.47	14.90
2007	2,674.22	2,321.17	29.85	41.55
2008	2,846.20	3,061.49	6.43	31.89
2009	3,412.60	3,283.02	19.90	7.23
2010	3,358.37	3,282.42	-1.59	-0.02
2011	4,339.92	3,869.02	29.23	17.87
2012	4,249.46	4,923.70	-2.08	27.26
2013	3,747.27	3,618.96	-11.82	-26.50
2014	3,499.87	3,715.14	-6.60	2.66
2015	3,789.53	3,770.06	8.28	1.48
2016	3,642.47	3,539.70	-3.88	-6.11
2017	3,723.06	3,728.06	2.21	5.32
2018	3,875.66	3,879.69	4.10	4.07
2019	4,083.54	3,888.97	5.36	0.24
2020	4,163.12	4,248.40	1.95	9.24
2021	5,442.50	4,473.64	30.73	5.30
2022	6,191.35	6,587.51	13.76	47.25
2023	6,325.54	6,389.73	2.17	-3.00
2024	6,279.18	6,191.95	-0.33	-3.10

Fuente: Datos de los anuarios del SIAP. 2004 - 2024

En la Tabla anterior se observa que la mayor variación porcentual del maíz se da en 2023 para el estado de Puebla y, en la cuenca Laxaxalpan en 2023 y los mayores decrementos porcentuales se observan en 2005; y los mayores incrementos con respecto al año anterior fueron son 2022 y 2023 en el estado y la cuenca, respectivamente.

La Figura 7 muestra el comportamiento de los precios medios rurales y su tendencia.



Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP.

La Figura anterior muestra una tendencia similar entre los precios medios rurales para Puebla y Laxaxalpan donde la mayoría de los años señalan que el indicador precio fue superior en el estado respecto a la cuenca, las ecuaciones de mayor ajuste son de tipo potencial en Puebla: $y = 1493.3x^{0.1491}$ y en la cuenca $y = 1403.9x^{0.4287x}$ con R^2 de 0.8299 y de 0.7654 respectivamente lo que representa una alta correlación.

Valor de la producción de maíz (miles \$): con los datos de la Tabla 5, se calcula la participación del maíz en la contribución a la economía agrícola tanto del estado, como de la cuenca a precios corrientes o también llamados de mercado.

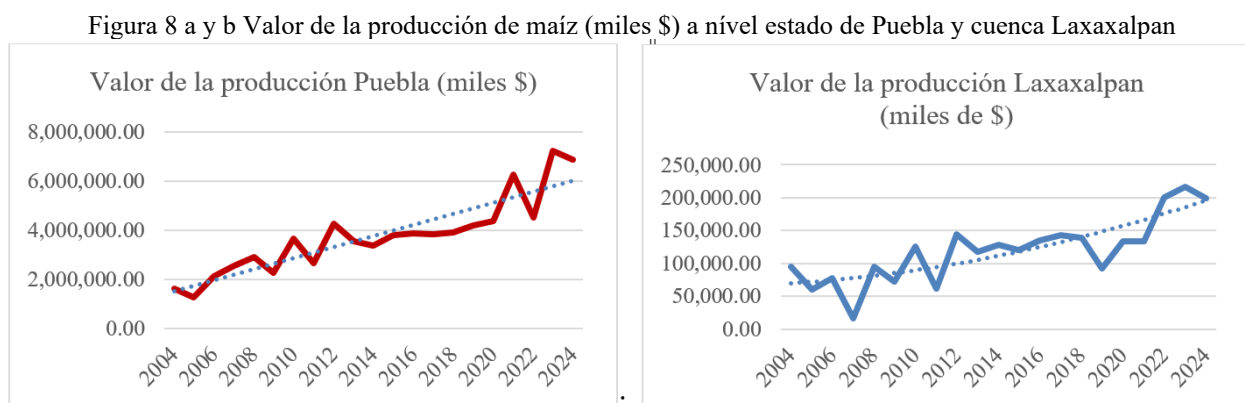
Tabla 5. Valor de la producción de maíz en el estado de Puebla y la cuenca Laxaxalpan (miles \$/ton), y su variación anual respecto al año anterior.

Año	Valor de la producción (miles \$/ton)		Variación % respecto al año anterior	
	E. Puebla	C. Laxaxalpan	Puebla	Laxaxalpan
2004	1,601,849.15	94,329.98	0.0	0.0
2005	1,256,539.01	60,442.61	-21.56	-35.92
2006	2,093,586.16	77,941.97	66.62	28.95
2007	2,519,963.83	16,270.50	20.37	-79.12
2008	2,904,951.96	94,582.72	15.28	481.31
2009	2,245,896.67	71,680.27	-22.69	-24.21
2010	3,628,593.57	125,788.41	61.57	75.48
2011	2,655,186.94	61,855.31	-26.83	-50.80
2012	4,259,140.84	143,669.46	60.41	132.15
2013	3,530,569.15	117,189.92	-17.11	-18.43
2014	3,361,300.39	128,066.75	-4.79	9.28
2015	3,797,692.35	119,598.34	12.98	-6.61
2016	3,867,613.97	135,412.54	1.84	13.22
2017	3,826,283.16	142,366.42	-1.07	5.14
2018	3,877,169.05	138,962.73	1.33	-2.39
2019	4,192,258.26	92,668.41	8.13	-33.31
2020	4,367,159.70	133,848.57	4.17	44.44
2021	6,269,191.38	133,598.96	43.55	-0.19
2022	4,488,062.36	200,750.08	-28.41	50.26
2023	7,209,933.43	216,035.62	60.65	7.61
2024	6,875,531.75	198,636.23	-4.64	-8.05

Fuente: Datos de los anuarios del SIAP. 1995 - 2024

La Tabla 5 muestra que el mayor incremento porcentual respecto al año anterior se obtiene en 2006 en el estado de Puebla y en la cuenca de Laxaxalpan, se logra en 2008 y los decrecimientos en la variable de valor de la producción se registra en 2022 para Puebla y 2011 en Laxaxalpan. Estos valores se reportan por SIAP a precios corrientes o de mercado por lo que, sus valores absolutos no son comparables.

En la Figura 8 a y b se muestra la dinámica en el valor de la producción de maíz en miles de pesos tanto a nivel del estado de Puebla como en el de la cuenca Laxaxalpan en el periodo 2004 - 2024.



Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP.

La Figura 8 a y b, muestra una tendencia positiva en el comportamiento del valor de la producción maicera estatal y de cuenca a la economía agrícola que coloca a este cultivo como uno de los más importantes por su aportación tanta en superficie, como volumen y dinero que se dispersa entre el sector productivo. Las ecuaciones de mayor ajuste estadístico son para el estado de Puebla de tipo lineal: $y = 226253x + 1E+06$ con $R^2 = 0.8047$ y para Laxaxalpan es polinómica: $y = 215.24x^2 + 1586.5x + 67835$ con $R^2 = 0.6647$ ecuaciones que tienen alta correlación y mediana respectivamente.

Tasas medias de crecimiento anual (tmca en %): En la Tabla 6 se muestra un concentrado del crecimiento por variable analizada a nivel estado de Puebla y cuenca Laxaxalpan del periodo 2004 - 2024.

Tabla 6. Tasas medias de crecimiento anual (tmca en %) de las variables del maíz a nivel estado de Puebla y cuenca Laxaxalpan

Variables	Estado de Puebla	Cuenca Laxaxalpan
Superficie cosechada (ha)	0.21	-0.49
Producción (ton)	1.18	-1.72
Rendimiento medio por hectárea (ton/ha)	0.97	-1.24
Precio medio rural (\$/ton)	5.93	5.43
Valor de la producción (miles de \$)	7.18	3.61

Fuente: elaboración propia con datos del SIAP

La Tabla 6 se muestra que: en el estado de Puebla, las tres primeras variables (superficie, producción y rendimiento) las tmcaen % son positivas, caso contrario se da en la cuenca Laxaxalpan, donde las mismas variables resultan negativas. En las dos últimas variables (precio y valor), también son superiores en Puebla vs Laxaxalpan, situación que se explica porque fueron variables con valores corrientes o de mercado.

Población y consumo *per capita*: Con datos de (CONAPO 2024), la proyección para finales de 2025 en el estado de Puebla será de: 7,070,124 habitantes y de acuerdo al SIAP 2024, el consumo *per capita* de maíz en dicha entidad se estima en 359.9 kg/año/persona, lo cual equivale a un consumo global de maíz en Puebla de 2,544,537.6 ton/año. Con el último dato de producción de maíz en el estado fue de 1,094,973.45 ton, con un déficit estimado de 1,449,564.15 ton para 2025. En la cuenca Laxaxalpan, su población se estima para el mismo año en 218,634 habitantes y bajo la premisa del mismo nivel de consumo a nivel estatal, su consumo sería de 78,686.38 ton y su deficit estimado de 46,606.63 ton.

Potencial Productivo (PP): El estado de Puebla está regionalizado en ocho Distritos de Desarrollo Rural (DDR), (INIFAP 2017), en la Agenda Técnica Agrícola para el estado de Puebla y en específico para el DDR de Zacatlán y en específico para los municipios de Ahuacatlán, Chignahuapan y Zacatlán de las Manzanas, se detectan superficies con potencial productivo alto y medio para el maíz de acuerdo a la Tabla 7.

Tabla 7. Superficies con Potencial Productivo alto y medio para maíz en el DDR Zacatlan en los municipios de Ahuacatlán, Chignahuapan y Zacatlán de las Manzanas.

Municipio	Potencial Productivo (ha)		Potencial Productivo (%)	
	Medio	Alto	Medio	Alto
Ahuacatlán	16.62	0.0	0.09	0.0
Chignahuapan	6,874.78	0.0	36.10	0.0
Zacatlán de las M.	12,154.27	82,38	63.81	0.43
TOTAL	19,045.67	82.38	99.57	0.43

Fuente: Agenda Técnica Agrícola Puebla. INIFAP

En la Tabla 7 y de acuerdo a la metodología de potencial productivo desarrollado en el Laboratorio de Geomática del Cenid – Comef (INIFAP), se detectan para maiz 19,045.67 ha (99.57%) de PP medio y 82.38 ha PP alto (0.43%). En los municipios de la cuenca, destaca Zacatlán con un potencial productivo (64.24%) de la cuenca.

Con información de INIFAP (2024), y acuerdo a sus trabajos del programa de investigación en maíz (Tabla 8), se muestran híbridos y la variedad que se generaron dentro de los campos experimentales de la institución.

Tabla 8. Rendimiento medio por hectárea en toneladas de los Híbridos y Variedades generados en el INIFAP.

Nombre de la Variedad o Híbrido	RM/Ha Temporal	RM/Ha Riego
H – 40	-	6.5 – 10.0
H – 47E	7.94	-
H – 48	9.5	10.0 – 12.5
H – 49E	10.7	-
H – 50	8.6	9.0 – 10.0
H – 51AE	9.98	-
H – 52	8.0 – 9.0	11.0 – 12.0
H – 53AE	9.9	-
H – 76	6.9	8.0 – 9.2
H – 77	7.0	9.0 – 11.5
V – 54A	5.5 – 7.26	-

Fuente: INIFAP (2024).

Con el fin de cubrir el déficit de producción en el estado de Puebla y la cuenca Laxaxalpan Se hizo una estimación del impacto en la producción con el híbrido con menor producción (H-76) para los tres municipios (Ahuacatlán, Chignahuapan y Zacatlán) con potencial productivo para maíz (114,768.3 tons), en el caso de la cuenca se cubre el déficit y se obtendría un excedente de 36,081.92 toneladas. Lo anterior significa que la cuenca Laxaxalpan sería no solo autosuficiente en sus tres municipios sino que además generaría excedentes que podría contribuir a la soberanía alimentaria de los demás municipios que integran la cuenca.

5 CONCLUSIONES

La cuenca Laxaxalpan, particularmente en los tres municipios motivo de análisis existe un déficit de la producción de maíz debido fundamentalmente a la reducción de la superficie cosechada y con mayor énfasis del rendimiento medio por hectárea, reflejo de la escasa innovación tecnológica en materia de productividad para el campo maicero y en particular dentro de la cuenca.

Los indicadores de crecimiento resultaron superiores en todas las variables para el estado versus la cuenca.

La utilización de variedades de maíz liberadas por el INIFAP es una opción para contribuir a la soberanía alimentaria de la cuenca, ya que dentro del estudio, los tres municipios pueden satisfacer sus necesidades de autosuficiencia alimentaria de maíz incluso generar excedentes que contribuyan a disminuir el déficit alimenticio.

El potencial productivo (medio y alto) para el cultivo de maíz en la cuenca Laxaxalpan resulta promisorio, para lograr la autosuficiencia alimentaria de la cuenca.

AGRADECIMENTOS

Al INIFAP por su financiamiento al estudio Proyecto de Investigación Estratégico Manejo Integrado de Recursos Forestales para la Sustentabilidad de los Servicios Ecosistémicos ante el Cambio Climático.

REFERENCIAS

Addin Technology Incorporated. (2008). Average compound growth rate in Excel. ExtendOffice. Consultado el 02 de noviembre de 2020, de <https://www.extendoffice.com/es/documents/excel/2596-excel-average-compound-growth-rate.html>

Agua.org.mx. (2016). Ordenamiento ecológico de las cuencas hidrológicas de los ríos Necaxa y Laxaxalpan. Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2016/10/ORDENAMIENTO_ECOLOGICO_DE_LAS_CUENCAS_HIDROLOGICAS_RIOS_NECAXA_Y_LAXAXALPAN.pdf

Breña-Puyol, A., & Jacabo-Villa, A. (2006). Fundamentos y principios de la hidrología superficial. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana, 23-82.

Consejo Nacional de Población. (2024). Proyecciones de la población de México y entidades federativas, 2020 – 2070. Datos y recursos. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2020-2070>

Cruz, C. E., Acosta G., J. A., Reyes M., L., Cueto W., J. A. (2021). Variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Libro Técnico No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Díaz, P. G., Guajardo, P. R. A., Medina, G. G., Sánchez, C. I., Soria, R. J., Vázquez, A. J. M. P., Quijano, C. J. A., Legorreta, P. F., & Ruíz, C. J. A. (2012). Potencial productivo de especies agrícolas de importancia socioeconómica en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ISBN 978-607-425-766-3

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2021). FIRA Perspectivas 2021. Banco de México. Ciudad de México, México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2010). Compendio de información geográfica municipal 2010: Estado de Puebla. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825222949>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2017). Edafología. Conjunto de datos vectoriales escala 1:250 000. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/>

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, & Coordinadora de Fundaciones Produce. (2017). Agenda Técnica Agrícola. Puebla. Ciudad de México.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, & Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2024). Variedades e híbridos de maíz (*Zea mays* L.). Libro Técnico No. 6. Ciudad de México

Moctezuma, L. G., Moreno, S. F. y Velasco, B. E. (2024). Economic impact of four fruit trees in three municipalities of the Laxaxalpan basin, Puebla, Mexico in the period 2003.- 2022. *Scientific*

Journal of Applied Social and Clinical Science. V. 4, n. 19, 2024 p (1-13). ISSN 2764-2216. DOI <https://doi.org/10.22533/at.ed.2164192417097>. Brasil.

Moreno, S. F., Moctezuma, L. G., Cruz, R. A. S. y Velasco, B. E. (2025) Contribution to the coffee economy of three selected municipalities in the Laxaxalpan Middle Waterdhed. Journal of Agriculturl Sciences Research. v.5, n.6, 2025 p 1 14. ISSN 2764-0973. DOI <https://doi.org/10.22533/at.ed.973562507014>. Brasil.

Rosset, P. (2004). Soberanía alimentaria: Reclamo mundial del movimiento campesino. ResearchGate.

https://www.researchgate.net/publication/267623543_Soberania_Alimentaria_Reclamo_Mundial_del_Movimiento_Campesino

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2012). Ordenamiento ecológico del territorio de la cuenca del río Tecolutla. SEMARNAT. <https://www.gob.mx/semarnat>

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Anuarios estadísticos de los años 1995–2023. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

Via Campesina. (1996). Declaración de soberanía alimentaria. Cumbre Mundial de la Alimentación, FAO. Roma. <https://viacampesina.org>

www.alimentación.com.ar/informaciones/madremaizorigen.htm

www.worldclim.org/data/worldclim21.html