

IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA Y COMPETITIVA DE LA CADENA PRODUCTIVA DE AJO (*Allium sativum*) EN ZACATECAS, MÉXICO

Blanca Isabel Sánchez-Toledano¹, Mercedes Borja-Bravo^{2*}, Juan José Figueroa-González¹, Sergio Arellano-Arciniega²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México. 98500.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. 20678.

*Autor de correspondencia: mbb228@gmail.com

RESUMEN

Zacatecas, es el principal estado productor de ajo en México, por lo que es pertinente ubicar el posicionamiento de la cadena productiva en el sector agropecuario de la entidad, con el fin de plantear estrategias que fomenten su participación en los mercados. El objetivo, fue determinar la importancia socioeconómica y competitiva de la cadena de ajo en el Estado de Zacatecas, para contar con información que apoye al diseño de estrategias y acciones encaminadas a mantener o mejorar su posicionamiento en el agro de la entidad. Se utilizó la metodología del International Service for National Agricultural Research (ISNAR), para jerarquizar las cadenas productivas de Zacatecas, a partir de criterios ponderados y ubicar a cada cadena en un cuadrante de la matriz de posicionamiento estratégico. La cadena productiva de ajo, se ubicó en el cuadrante I, considerándola como sostenible, por lo que tiene importancia socioeconómica (0.05) y es competitiva (2.93). Para mantener esta posición, los actores que participan en la cadena, deben trabajar en prácticas agrícolas que contribuyan a su posicionamiento, con sostenibilidad y adaptación al cambio climático. Es recomendable incentivar la innovación y generación de nuevos productos, para aprovechar los atributos del ajo.

Palabras clave: cuadrante, innovación, ISNAR, posicionamiento.

INTRODUCCIÓN

La agricultura en México, es una actividad que genera empleo en las áreas rurales y urbanas, contribuye al crecimiento económico y al bienestar de la población. Las cadenas productivas agrícolas más importantes en 2023 de ciclo anual y perenne fueron: maíz grano (34.6%), pastos y praderas (13.2%), sorgo grano (6.7%), frijol (5.4%), caña de azúcar (4.2%), café cereza (3.4%), trigo grano (2.8%), maíz forrajero en verde (2.7%), avena forrajera en verde (2.4%) y alfalfa (2.0%) (SIAP, 2024). La superficie total agrícola, fue de 32.5 millones de hectáreas, de las cuales, 21% fueron de riego y 79% de secano. Coria-Páez *et al.* (2023), mencionaron que, en condiciones de secano, existe gran heterogeneidad de productores con mayores niveles de ruralidad y marginación, escalas de producción reducidas y sin capacidad para acceder a insumos o bienes de capital, lo que resulta en condiciones productivas precarias que les impiden aumentar su productividad; en cambio, en los sistemas de producción de riego, las condiciones de desarrollo son mejores.

Citation: Sánchez-Toledano BI, Borja-Bravo M, Figueroa-González JJ, Arellano-Arciniega S. 2026. Importancia socioeconómica y competitiva de la cadena productiva de ajo (*Allium sativum*) en Zacatecas, México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo <https://doi.org/10.22231/asyd.v23i1.1743>

ASyD(23): 42-55

Editor in Chief:
Dr. Benito Ramírez Valverde

Received: September 27, 2024.
Approved: 6 de mayo de 2025.

Estimated publication date:
January 2, 2026.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International license.



Zacatecas, es un estado con una producción agrícola importante, destacan en cuanto al valor de producción los cultivos de chile, frijol, maíz, durazno, uva, tomate rojo, y ajo (SIAP, 2024). No obstante, también es un estado que enfrenta numerosos retos asociados a la agricultura, ya que es una región predominantemente árida y semiárida, cuyo promedio de lluvia por año, se establece en 463 mm de precipitación, lo que sugiere una disponibilidad baja y mayor dependencia del agua subterránea. Así, del volumen concesionado (1,467.1 hm³), 90.5%, se destina a la actividad agrícola (Comisión Nacional del Agua, 2013). El estado se caracteriza por ser el principal productor de ajo (*Allium sativum* L.) en México, con alrededor de 3,900 ha sembradas en la entidad. Lo anterior, representó para 2023, 46.1% de la superficie sembrada y 55.5% de la producción nacional (SIAP, 2024). El ajo, es un condimento común de la cocina mexicana y se le atribuyen propiedades curativas en enfermedades cardiovasculares, actividad antimicrobiana, antiinflamatoria y antiasmática (Bustamante *et al.*, 2022). La producción de ajo, representó en 2023, una derrama económica para la entidad de poco más de 1,000 millones de pesos (SIAP, 2024); a lo anterior, se suma la cantidad de mano de obra que se emplea para su cultivo, cosecha y empaque. A pesar de ser una actividad productiva importante, enfrenta retos como son: la insuficiente adopción de innovaciones tecnológicas en la parte productiva, afectación de plagas y enfermedades, las adversidades agroclimáticas y el escaso valor agregado que se le da al producto primario (Sánchez-Toledano *et al.*, 2022). Para enfrentar estas problemáticas, se requiere de un análisis que permita identificar las necesidades de la cadena productiva y buscar soluciones con los diversos actores que participan en ella.

Existen diversas investigaciones relacionadas con el análisis de cadenas productivas y su posicionamiento estratégico en la dinámica agrícola, entre ellas, destacan las realizadas por Tovar *et al.* (2018), González *et al.* (2022) y Sánchez-Toledano *et al.* (2022), en las que a partir de estimar diversos indicadores de importancia socioeconómica y de competitividad, identificaron y priorizaron necesidades tecnológicas, de capacitación e investigación, así como diversas estrategias para mejorar la sostenibilidad de las cadenas.

El análisis de las cadenas productivas en el sector agropecuario, es importante, porque permite establecer estrategias que contribuyan a una gestión eficiente de los recursos económicos, sociales y ambientales. De la misma manera, debe establecerse un balance en las actividades de investigación, orientada a la productividad en estrecha relación con la calidad nutricional en beneficio del consumidor (Rincón *et al.*, 2004).

En el caso específico de la cadena productiva de ajo en Zacatecas, es necesario, un análisis que permita tener información actual, para reforzar y orientar los esfuerzos hacia la innovación tecnológica con altas probabilidades de impacto económico, social y ambiental (Barrera-Perales *et al.*, 2021). Por tanto, en esta investigación, se planteó como objetivo, determinar la importancia

socioeconómica y competitiva de la cadena de ajo en el Estado de Zacatecas, con el fin de contar con información que apoye el diseño de estrategias y acciones encaminadas a mantener o mejorar su posicionamiento en el agro de la entidad. La hipótesis, fue que la cadena productiva de ajo, es estratégica para el estado, dada su importancia socioeconómica y su situación competitiva.

MARCO TEÓRICO

La cadena productiva, es un sistema que agrupa actores económicos y sociales interrelacionados, que participan articuladamente, en actividades que agregan valor a un bien o servicio, desde su producción, hasta que llega a los consumidores. Los actores involucrados, son los proveedores de insumos y servicios, transformación, industrialización, transporte, logística y otros servicios de apoyo, como el de financiamiento (García-Winder *et al.*, 2009).

Díaz *et al.* (2021), mencionaron que un análisis de las cadenas agro-productivas, muestra las relaciones que se dan entre sus eslabones y actores, contribuyendo al diseño de políticas económicas, relacionadas con el desarrollo local y seguridad alimentaria. Por consiguiente, para impulsar el crecimiento de las cadenas agro-productivas, se deben identificar las fortalezas y debilidades, considerando los cambios en el entorno para adaptarse a las nuevas necesidades y requerimientos de los cultivos. Lo anterior, permitirá una producción continua de manera sostenible (Zaldívar *et al.*, 2021).

Analizar el nivel de integración de las cadenas agroalimentaria en el sector agropecuario, permitirá establecer estrategias que contribuyan a una gestión eficiente de los recursos económicos, sociales y ambientales. Lo que permitirá un mejor diseño de políticas y acciones públicas para el sector agrícola, de los programas e intervenciones que deberán generar efectos dinámicos, que mejoren los ingresos, el bienestar y calidad de vida del sector rural (INEGI, 2019).

Una metodología utilizada para el análisis de las cadenas agroalimentarias, es el método del International Service for National Agricultural Research (IS-NAR), que se basa en determinar el posicionamiento de las cadenas, a partir de dos dimensiones de soporte: la importancia socioeconómica y la competitividad (Tovar *et al.*, 2018). La dimensión de importancia socioeconómica, se compone por los criterios de tamaño, dinamismo y especialización; y la de competitividad, se integra la productividad, sustentabilidad y desempeño comercial (Loeza-Deloya *et al.*, 2016).

En la dimensión de importancia socioeconómica, se mide la condición de la situación social y económica en la que se encuentra la cadena, definida por la aportación que esta actividad productiva, tiene en torno a la generación de recursos monetarios y empleo y que esto se refleja en bienestar para la sociedad. Por otro lado, la competitividad, se considera como la capacidad dinámica que tiene una cadena agroalimentaria localizada espacialmente, para mantener, ampliar y mejorar de manera continua y sostenida, su participación en el

mercado nacional e internacional, por medio de la producción, distribución y venta de bienes y servicios en el tiempo, lugar y forma solicitados (Bustamente *et al.*, 2022).

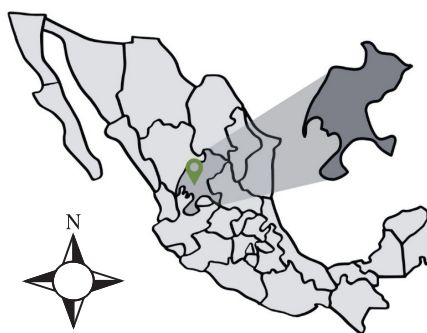
METODOLOGÍA

Zacatecas, es un estado que se encuentra en la región Norte Centro de México (Figura 1) y produce un volumen agropecuario y pesquero de más de 7 millones 556 mil toneladas (SIAP, 2024). Aunado, aporta al consumo propio y de otros estados, más de 61 mil t de ajo, donde los principales municipios productores, son Villa de Cos, Calera, Pánuco, Fresnillo y Guadalupe (SIAP, 2024).

Instrumento de recolección de datos

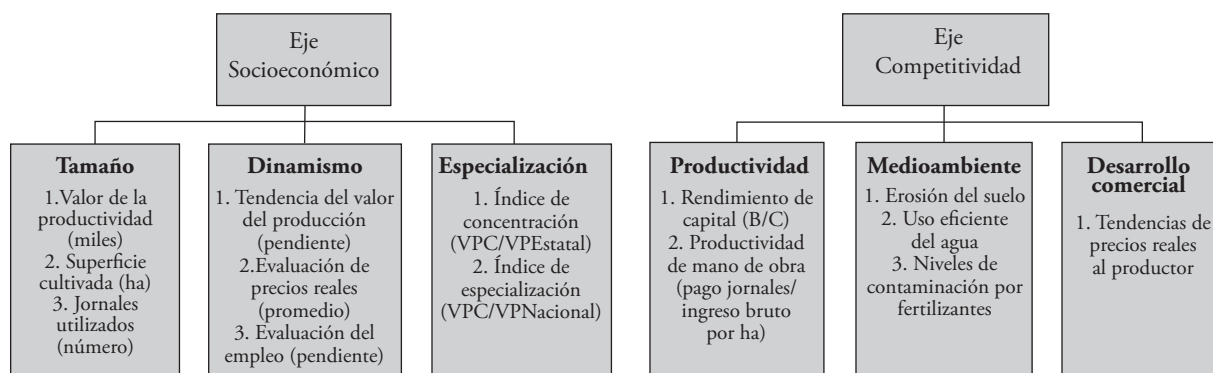
Se utilizó la metodología ISNAR, que consiste en jerarquizar de acuerdo a criterios ponderados, las diferentes cadenas productivas del Estado de Zacatecas, de manera tal que, a través de una matriz, se logre identificar aquellas cadenas que son estratégicas para el Estado (Rincón *et al.*, 2004). En este sentido, se buscó conocer en qué posición se encuentra la cadena productiva de ajo. La metodología, consiste en dos ejes: a) relevancia socioeconómica, donde se analizan tres criterios para definir si es una actividad productiva justificable; y b) relevancia competitiva, la cual explica la capacidad de las cadenas, para enfrentar los retos al cambio y su capacidad para adaptarse (Figura 2).

Como se observa en la Figura 2, cada criterio, es explicado por indicadores que se manejan de manera cuantitativa. La integración de la información para las diferentes cadenas productivas del Estado de Zacatecas, abarcó el periodo de 2010-2023 indicados en el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2024). Se formó un grupo de discusión ($n=20$) con productores e investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), del Campo Experimental Zacatecas. Este grupo, tuvo como objetivos: 1) definir las cadenas agrícolas con mayor importancia para



Fuente: elaboración propia.

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Criterios y variables que conforman el eje socioeconómico y competitivo.

el Estado; y 2) Asignar una ponderación a cada uno de los indicadores, de acuerdo a su conocimiento y la suma de los ponderadores debía sumar 100 (las ponderaciones definidas por el grupo, se muestran en el Cuadro 1).

En el Cuadro 1, se aprecian los diversos procedimientos utilizados en la estimación de los indicadores, como fue la regresión lineal para estimar tendencias, promedios, medidas de tendencia línea, costos de producción y análisis de rentabilidad. Posteriormente, se ponderaron dichos indicadores, para cada cadena productiva definida por el grupo de discusión. El resultado obtenido, se normalizó a media cero y desviación estándar uno, y se generó una matriz de posicionamiento con los dos ejes de referencia, para proceder a ordenar las cadenas de acuerdo con su relevancia.

RESULTADOS

El grupo de discusión, seleccionó las cadenas productivas que, a su juicio, deberían evaluarse en esta investigación, de acuerdo a conocimientos previos sobre la parte técnica y el impacto en la sociedad. Por tanto, las cadenas evaluadas fueron: frijol, ajo, chile verde, cebolla, tomate rojo, tomate verde, lechuga, zanahoria, tuna, durazno, uva, guayaba, manzana, avena forrajera, maíz forrajero, maíz grano y cebada grano.

El análisis, permitió definir los criterios ponderados para las diferentes cadenas en el Estado de Zacatecas, tomando en cuenta, su importancia socioeconómica y competitividad (Cuadro 2).

Los resultados totales ponderados y estandarizados de las diferentes cadenas agrícolas, se definieron en el Cuadro 3. El cultivo de ajo en Zacatecas, se posicionó como la segunda cadena agrícola más importante en la entidad, después del frijol. Su importancia, radica por la superficie sembrada y la mano de obra que genera a lo largo de su producción y posteriormente, durante su periodo de almacenamiento. El ciclo de cultivo, comprende desde el mes de septiembre,

Cuadro 1. Información base para el posicionamiento de las cadenas agropecuarias del Estado de Zacatecas, México.

Eje 1: Importancia socioeconómica					
Criterio	Puntaje	Indicador	Argumentación	Ponderación	Método de obtención y análisis
Tamaño	0.3	Valor de la producción	Se utilizó el valor de la producción que reportó el SIAP (2024).	5	Análisis de fuentes secundarias (promedio).
		Superficie ocupada	Superficie que ocupa el cultivo en el Estado, según SIAP (2024)	5	Análisis de fuentes secundarias (promedio).
		Jornales utilizados en la actividad	Se estimó a partir de jornales requeridos por hectárea y después, multiplicados por la superficie de cada cadena productiva.	5	Análisis de fuentes secundarias e información de expertos (promedio).
Dinamismo	0.4	Tendencia del valor de producción	Se calculó una regresión lineal simple, para cada cadena y se utilizó la pendiente del modelo lineal, como el valor que representa la tasa de cambio de los precios.	6	Fuentes secundarias y aplicación del modelo de regresión lineal $Y=a+b*Tendencia+e$.
		Evolución de los precios reales	Se calculó la media y desviación estándar de los últimos diez años de producción.	7	Análisis de fuentes secundarias y medidas de tendencia lineal.
		Evolución del empleo	Se estimó una regresión lineal simple del empleo, generados en el Estado por cadena productiva.	7	Información de expertos secundarias y aplicación del modelo de regresión lineal $Y=a+b*Tendencia+e$.
Especialización	0.3	Concentración	Es la relación entre el valor de la producción de la cadena y el valor de la producción total de las cadenas en el Estado.	8	Fuentes secundarias (VPC/VPE).
		Índice de especialización	Es la relación entre el valor de producción de la cadena en el Estado y el valor de la producción total nacional de todos los estados del país.	7	Fuentes secundarias (VPE/VPN).

Figura 1. Continuación.

EJE 2: Competitividad					
Criterio	Puntaje	Indicador	Argumentación	Ponderación	Método de obtención y análisis
Productividad	0.3	Rendimiento del capital	Corresponde al índice estimado en términos de la relación beneficio-costo.	7	Datos medidos de costos de producción y análisis de rentabilidad.
		Productividad de la mano de obra	Es la relación entre costo pagado por jornales, dividido por el ingreso bruto por hectárea.	8	Datos medidos de costos de producción e ingresos.
Medioambiental	0.35	Erosión del suelo	Se estimó a partir de la ecuación universal de pérdida de suelo; en este caso se utilizó el valor medio de erosión estatal por cadena.	9	Información de expertos (promedio).
		Uso eficiente del agua	Se utilizó información de valores de uso consuntivo, estimados por dieciséis investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). En este caso, se utilizó un valor inverso, para favorecer a las cadenas que hacen un uso más eficiente del recurso	9	Información de expertos (promedio).
		Niveles de contaminación por uso de fertilizantes	Se consultó con investigadores que han trabajado en fertilización y que han identificado los valores medios de fertilización nitrogenada. Se utilizó un valor inverso, para favorecer a los de menor uso de nitrógeno.	8	Información de expertos (promedio).
Desempeño Comercial	0.35	Desempeño comercial	Se utilizó la tendencia de los precios reales al productor; se calculó la pendiente de una regresión lineal de los valores de precios y este valor, se consideró como la tasa de cambio.	9	Fuentes secundarias y regresión lineal $Y=a+b*Tendencia+e$.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 2. Matriz de jerarquización ponderada de las cadenas productivas del Estado de Zacatecas, en el período 2010-2023.

Cadenas productivas	Importancia socioeconómica			Competitividad		
	Tamaño	Dinamismo	Especialización	Productividad	Sustentabilidad	Desempeño Comercial
Frijol	4.01	3.44	2.66	1.04	1.22	1.61
Ajo	0.7	0.79	1.72	0.6	4.33	0.65
Chile verde	1.65	1.85	2.2	0.52	1.4	0.68
Cebolla	1.88	0.83	0.47	2.37	1.23	0.31
Tuna	0.89	2.04	1.14	1.95	0.39	0.18
Maíz grano	1.49	1.41	0.85	0.45	1.65	0.53
Durazno	0.48	0.9	0.92	0.97	1.54	1.03
Tomate rojo	0.84	0.76	0.61	1.56	1.68	0.3
Uva	0.57	0.88	0.43	0.69	1.62	0.97
Maíz forrajero	0.84	1	0.81	0.84	1.65	0.05
Tomate verde	0.14	2.25	0.48	0.64	1.11	0.17
Avena forrajera	0.75	0.82	0.66	0.91	1.06	0.08
Lechuga	0.14	0.9	0.64	0.62	1.29	0.53
Zanahoria	0.25	0.55	0.59	1.04	1.56	0.13
Guayaba	0.15	0.46	0.61	0.44	1.64	0.64
Manzana	0.09	0.42	0.03	0.32	1.57	0.53
Cebada grano	0.14	0.7	0.19	0.04	1.06	0.63

Fuente: elaboración propia.

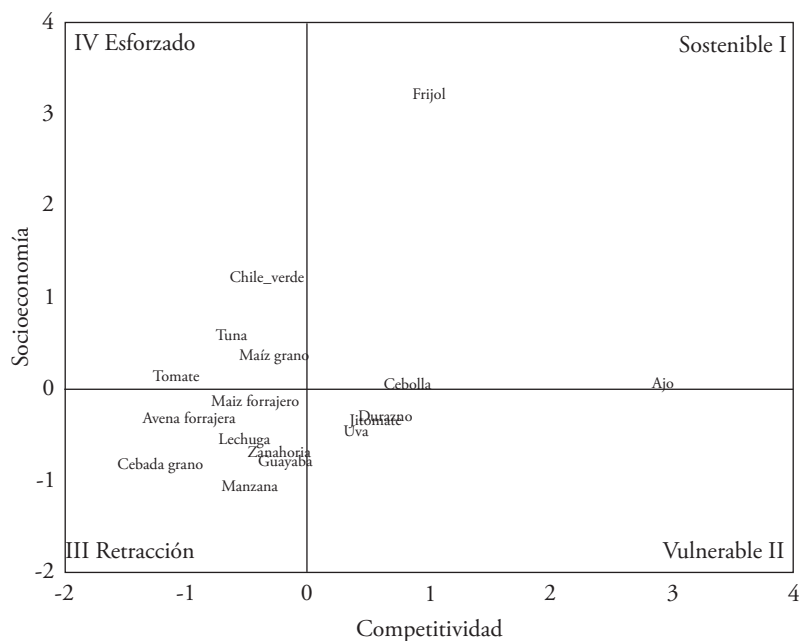
Cuadro 3. Matriz de jerarquización de las cadenas productivas para el período 2010-2023. Zacatecas, México.

Cadenas productivas	Socioeconómica ponderada	Competitividad ponderada	Sumatoria total ponderada	Orden	Socioeconómica estandarizada	Competitividad estandarizada
Frijol	3.38	1.30	4.68	1.00	3.20	0.99
Ajo	1.04	1.92	2.96	2.00	0.05	2.93
Chile verde	1.89	0.88	2.78	3.00	1.20	-0.32
Cebolla	1.04	1.25	2.29	4.00	0.05	0.82
Tuna	1.43	0.79	2.21	5.00	0.57	-0.62
Maíz grano	1.27	0.90	2.16	6.00	0.36	-0.27
Durazno	0.78	1.19	1.97	7.00	-0.30	0.64
Tomate rojo	0.74	1.16	1.90	8.00	-0.35	0.55
Uva	0.65	1.12	1.76	9.00	-0.47	0.41
Maíz forrajero en verde	0.89	0.85	1.74	10.00	-0.14	-0.43
Tomate verde	1.09	0.64	1.73	11.00	0.12	-1.07
Avena forrajera en verde	0.75	0.67	1.42	12.00	-0.34	-0.99
Lechuga	0.59	0.82	1.41	13.00	-0.55	-0.51
Zanahoria	0.47	0.90	1.38	14.00	-0.71	-0.25
Guayaba	0.41	0.93	1.34	15.00	-0.79	-0.18
Manzana	0.21	0.83	1.04	16.00	-1.07	-0.49

Fuente: elaboración propia.

hasta finales de mayo o principios de junio, para luego continuar con otras labores de limpieza y clasificación en el almacén. Los empleos directos (≈ 309 mil jornales anuales) e indirectos alrededor del cultivo en Zacatecas, realzan la importancia y la búsqueda de oportunidades, para mantener o incentivar la actividad productiva de este cultivo. Aunado a que gran parte del ciclo de cultivo, transcurre en la época invernal, es decir, cuando existen pocas alternativas de empleo en el medio rural (Velázquez *et al.*, 2008).

Los datos presentados en el Cuadro 3, permitieron construir una gráfica de posicionamiento con cuatro cuadrantes, de acuerdo con su relevancia socioeconómica y competitividad para el Estado de Zacatecas (Figura 3). El cultivo de ajo, se posicionó como una cadena sostenible; el signo positivo en el eje socioeconómico, obedeció a un incremento en la superficie establecida, que mostró una tasa de crecimiento medio anual de 6.2%, durante el periodo 2010-2023 (SIAP, 2024). Aunado, para el mismo periodo, el rendimiento también observó un incremento, con una tasa de crecimiento media anual de 2%. El mayor impacto de este cultivo, radica en el dinamismo que se traduce en un crecimiento positivo constante de precio y empleos generados, así como en su aportación al valor de la producción que esta hortaliza tiene en la entidad. En cuanto a la competitividad, el precio fue positivo y por ende, el rendimiento del capital también. La utilización de innovaciones tecnológicas y nuevas variedades en



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Posicionamiento de la cadena de ajo frente otras cadenas productivas en el Estado de Zacatecas, México.

la entidad, han permitido obtener cosecha durante la primera semana de abril, 30 a 45 días antes que el periodo de cosecha normal para la región del altiplano Zacatecano. En temporada normal, se cosecha de la tercera semana de mayo, a la segunda semana de junio en la región del altiplano Zacatecano y regiones con condiciones edafo-climáticas similares. Lo anterior, ha provocado una saturación del mercado, con la consecuente caída del precio del producto, hasta 50% del observado al inicio del periodo de cosecha, por una sobreoferta en los centros de distribución (Sánchez-Toledano *et al.*, 2021; Reveles-Hernández *et al.*, 2012).

DISCUSIÓN

La cadena de ajo, junto con cebolla y frijol, se ubicaron como cadenas de importancia estratégica tanto socioeconómica, como competitiva para el estado (Figura 3; Cuadrante I). Estos sistemas producto, se posicionaron en un mercado sostenible, ya que existe una demanda constante. Específicamente, en el cultivo de ajo, se corroboró con estadísticas del SIAP (2024) que el consumo per cápita anual, ha aumentado hasta llegar a 723 gramos. Si bien el consumo se ha incrementado, las exportaciones de este producto, también lo han hecho, debido a que México, se ubicó como el noveno país exportador mundial de esta hortaliza, donde el principal comprador fue Estados Unidos con 86.8%, seguido de Australia 7.0% y Francia con 2.3%. En cuanto a las importaciones, los principales orígenes comerciales de ajos frescos o refrigerados, fueron Chile, Perú, Argentina, Estados Unidos y China (FAO, 2022). El intercambio comercial total de ajos frescos o refrigerados en México (incluyendo compras y ventas internacionales), fue de US\$73.8M (Gobierno de México, 2024). Además de otros aspectos que han influido en el mejor rendimiento, como es la adopción de nuevas variedades. Al respecto, Sánchez-Toledano *et al.* (2021), mencionaron que la adopción de nuevas variedades, es por parte de agricultores que, en promedio, tienen una edad de 55 años y han conocido las semillas mejoradas a través de INIFAP, se han capacitado continuamente y tienen una extensión de siembra de 21 hectáreas, cada una de las cuales, genera en promedio 15 t ha⁻¹.

En el Estado de Zacatecas, se han generado diversas variedades de ajo cuyas principales características distintivas, son el crecimiento homogéneo y maduración de plantas, dientes con distribución más compacta y homogénea que otras variedades, lo que hace que los bulbos tengan un peso más alto, así como rendimiento superior a otras variedades establecidas en el Estado de Zacatecas (Reveles-Hernández *et al.*, 2011). Sumado, las nuevas variedades que poseen excelentes características comerciales, como una coloración rosa-violácea y en promedio, 13 dientes por bulbo, que garantiza una buena aceptación en el mercado (Reveles *et al.*, 2017). Así, la búsqueda de innovaciones tecnológicas, ha permitido contar con fortalezas en los niveles de concentración y especialización,

debido a que se tiene una participación significativa en el ámbito nacional y una clara oportunidad de posicionamiento en el mercado mundial.

En los últimos años, el manejo convencional de la producción hortícola, está siendo cuestionado por los consumidores, quienes exigen a los productores, prácticas amigables con el ambiente, como la disminución en el uso de agroquímicos, el uso eficiente del agua de riego, conservación del suelo, entre otras. Esto ha obligado a plantear una producción sostenible, así como a adaptar los manejos de forma gradual a tecnologías tendientes a mejorar la calidad productiva de los suelos (Bonisoli *et al.*, 2024).

La sostenibilidad de la cadena de ajo, reflejó un manejo eficiente del suelo, agua y niveles de contaminación. En el sistema de producción, es conveniente preparar una cama de siembra que proporcione buenas condiciones de desarrollo, evite la erosión y soporte desde el inicio el cultivo. Lo anterior, también favorecerá una germinación uniforme, que proporcione condiciones favorables para el desarrollo radical y del bulbo, que a su vez facilite condiciones de buen drenaje del agua (El-Beltagi *et al.*, 2022). Aunado, el ajo, tiene baja capacidad para absorber nutrientes del suelo, debido a un sistema radicular relativamente poco desarrollado. Por lo tanto, para un desarrollo adecuado de la planta y una producción de alta calidad, es necesario un suministro adecuado y equilibrado de nutrientes (Pączka *et al.*, 2021).

El riego por goteo, ofrece ventajas como un método de aplicación de agua para la producción de ajo (Barrios-Díaz *et al.*, 2006). Se aplica el agua en la zona de la raíz de la planta, a través de emisores que controlan la misma descarga en cualquiera lugar de la parcela. El ajo, es un cultivo de bulbo con raíces superficiales y sensible a las condiciones de estrés hídrico, en particular, durante la iniciación y el desarrollo del bulbo. Por lo tanto, es necesario un riego eficiente para un mejor desarrollo del bulbo (Gupta *et al.*, 2022). Además del agua, se puede conducir fertilizante líquido en el lugar donde se necesite. Los sistemas de riego por goteo, ayudan a distribuir el agua y los fertilizantes en la parcela con mayor eficiencia, lo que se traduce en mayor rendimiento, mejor calidad de los bulbos y ahorro de agua (Mariani *et al.*, 2022).

La utilización de manera eficiente y consciente de agroquímicos, como plaguicidas y fertilizantes sintéticos para disminuir la degradación ambiental, es fundamental. Aplicar principios de ecología y agronomía, entendiendo los agroecosistemas, propiciará menor degradación, mejorando la producción campesina y reforzando la soberanía alimentaria desde y para lo local (Wezel *et al.*, 2009).

Por consiguiente, para que la cadena productiva de ajo siga permaneciendo en un estado sostenible, es necesario promover la incorporación de estas sugerencias; además, analizar futuras líneas de investigación en el cultivo, así como estrategias para la transferencia de tecnología apropiada, inversión y asesoramiento, vinculado al hecho de que el agricultor, no siempre cuenta con las

condiciones financieras para implementar las innovaciones tecnológicas en su parcela.

Aunado, la inclusión de tecnologías para la generación de nuevos productos a base de ajo, es clave para incrementar la importancia socioeconómica y productiva en el eslabón primario. Existen estudios, donde señalan las propiedades del ajo, entre ellos el de Regalado *et al.* (2023), donde resaltan las propiedades antimicrobianas y antiinflamatorias, ideales para la atención de enfermedades respiratorias. Así mismo, posee compuestos bioactivos que ayudan a la reducción de glucosa, lípidos, estrés oxidativo y favorecen el incremento de la insulina (Zaldivar-Ortega *et al.*, 2023). Lo anterior, ubica al ajo como un vegetal con amplio potencial, para ser aprovechado en la industria farmacéutica, sumado a la importancia que tiene como ingrediente en la gastronomía y la medicina tradicional, para ser utilizado como alimento funcional y nutracéutico.

CONCLUSIONES

La cadena productiva de ajo, se ubicó en una posición sostenible por su importancia socioeconómica y competitiva en el Estado de Zacatecas. El aporte económico en el valor de la producción y la generación de empleo remunerado, propició esa posición. No obstante, es necesario seguir transfiriendo tecnologías para optimizar el recurso hídrico, aumentar el rendimiento, disminuir los niveles de contaminación, atender las preferencias del consumidor, mejorar la calidad del bulbo en post cosecha y fomentar las cadenas de valor de nuevos productos.

La generación de variedades mejoradas de ajo en la región, ofrece la oportunidad de obtener altos rendimientos y calidad, lo que permitirá incorporarlo al mercado en mejores condiciones. Es importante, seguir eficientando el consumo de agua, el uso racional de agroquímicos, con la tendencia a reemplazarlos por orgánicos, para mantener su relevancia ambiental.

Las investigaciones, con énfasis en la consecución del desarrollo socioeconómico y alcanzar la soberanía alimentaria, deben analizar la adaptación del cultivo al cambio climático, la creación de sistemas alimentarios innovadores y la investigación en valor agregado. El análisis económico, social y la creación de un entorno interinstitucional entre los centros de investigación, universidades, empresas y productores directos, propiciarán estrategias que beneficien a todos los actores que se encuentran involucrados en la cadena agroalimentaria de ajo.

REFERENCIAS

- Bonisoli L, Córdoba K, Alay XE, Burgos J. 2024. Valores declarados y valores reales: discrepancias en el comportamiento de compra de productos orgánicos en el mercado ecuatoriano. *Innovar*. 34(91): e98493. <https://doi.org/10.15446/innovar.v34n91.98493>
- Barrios-Díaz JM, Larios-García MC, Castellanos JZ, Alcántar-González G, Tijerina-Chávez, L, Rodríguez-Mendoza MN. 2006. Efecto del sistema de riego y tensión de humedad del suelo en rendimiento y calidad del ajo. *Terra Latinoamericana*. 24(1): 75-81. <https://www.redalyc.org>

- org/pdf/573/57311494009.pdf
- Barrera-Perales OT, Burgos AL, López-Ménera M, Reina-García JL. 2021. Intervención para la innovación rural en cooperativas de jamaica orgánica del trópico seco mexicano. *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*. 9(23). 1-22. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2021.23.78964>
- Bustamante F, Miranda D, Ocrosopoma R, Rosas C. 2022. Efecto del ajo en enfermedades no degenerativas: gastritis pilorica salud bucal. *Big Bang Faustiniiano*. 11(4): 1-11. <https://datos.unjfs.edu.pe/index.php/BIGBANG/article/view/878>
- Comisión Nacional del Agua. 2013. Estadísticas del Agua en México, Edición 2013. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ciudad de México. 165 p. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/260111/EAM2013_br.pdf
- Coria-Páez AL, Juárez-Díaz D, Jiménez-Arenas OL. 2023. Gestión Sistémica para Productores ante La Nueva Ruralidad. *Investigación administrativa*. 52(131). 1-20. <https://iadministrativa.escasto.ipn.mx/index.php/IA/article/view/162>
- Díaz A, Donéstevez GM, Maza NJ, García JG. 2021. La cadena productiva del plátano para la sostenibilidad alimentaria local. *Anuario Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*. 12. 303-325. <https://anuarioeco.uo.edu.cu/index.php/aeco/article/view/5194>
- El-Beltagi HS, Basit A, Mohamed HI, Ali I, Ullah S, Kamel EAR, Shalaby TA, Ramadan KMA, Alkhateeb AA, Ghazzawy HS. 2022. Mulching as a sustainable water and soil saving practice in agriculture: A review. *Agronomy*. 12(8). 1881. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081881>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2022. FAOSTAT. Datos sobre alimentación y agricultura. <https://www.fao.org/faostat/es/#home>
- García-Winder M, Riveros H, Pavez I, Rodríguez D, Lam F, Arias J, Herrera D. 2009. Cadenas agroalimentarias: un instrumento para fortalecer la institucionalidad del sector agrícola y rural. *ComunICA*. 5. 26-38. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REE14C122.pdf>
- Gobierno de México. 2024. Ajos Frescos o Refrigerados. DATAMÉXICO. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/garlic-fresh-or-chilled#:~:text=Acerca%20de%20Ajos%20Frescos%20o%20Refrigerados&text=Las%20entidades%20federativas%20con%20m%C3%A1s%20compras%20internacionales%20en%202023%>
- González E, Echavarría F, Váldez E, López N. 2022. Análisis de la competitividad e importancia socioeconómica de las cadenas agrícolas del estado de Zacatecas de 2010 a 2018. *Investigación Permanente de la Región Norte de Jalisco*. (9). 59-67. <https://investigacionpermanente.cunorte.udg.mx/index.php/iprjn/article/view/18>
- Gupta R, Kulmi GS, Sarathe A. 2022. Scheduling of drip irrigation system for garlic crop in Malwa region of Madhya Pradesh, India. *Plant Archives*. 22 (1): 421-424. <https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2022.v22.no1.065>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2019. Información por entidad. <https://www.inegi.org.mx/>
- Loeza-Deloya VM, Uzcanga-Pérez NG, Cano-González AJ, Ramírez-Jaramillo G, Ramírez-Silva JH, Aguilar-Duarte YG. 2016. Cadenas de importancia socioeconómica para el desarrollo agrícola e industrial de la Península de Yucatán, México. *Agroproductividad*. 9(5). 3-8. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/752/618>
- Mariani A, Martin L, Hernández R, Almeida G, Victor L, Civit B. 2022. Evaluación de la huella hídrica del ajo en Mendoza, Argentina. *Idesia (Arica)*. 40(4). 73-79. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292022000400073>
- Pączka G, Mazur-Pączka A, Garczyńska M, Kostecka J, Butt KR. 2021. Garlic (*Allium sativum* L.) cultivation using vermicompost-amended soil as an aspect of sustainable plant production. *Sustainability*, 13(24). 13557. <https://doi.org/10.3390/su132413557>
- Regalado M, Barrionuevo S, Tafur G, Medina A. 2023. Medicinal plants against COVID-19: An alternative in prevention? *Atencion Primaria*. 55(10). 102709. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2023.102709>
- Revels-Hernández M, Velásquez-Valle R, Alvarado MD, Rubio-Díaz S. 2011. CEZAC 06: nueva variedad de ajo tipo jaspeado para la región norte-centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2(4). 601-606. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v2i4.1647>

- Reveles-Hernández M, Velásquez-Valle R, Trejo-Calzada R. 2012. Reducción de tiempo de cosecha en ajo Cv. calerense mediante frigotratamiento de semilla. *Revista AGROFAZ*. 12(4): 33-38. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5504045>.
- Reveles M, Velásquez R, Cid JA. 2017. Barretero: nueva variedad de ajo jaspeado para Zacatecas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8(6): 1455-1462. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i6.318>.
- Rincón F, Echavarría FG, Rumayor AF, Mena J, Bravo AG, Acosta E, Gallo JL, Salinas H. 2004. Cadenas de Sistemas Agroalimentarios de Chile Seco, Durazno y Frijol en el Estado de Zacatecas: Una Aplicación de la Metodología ISNAR. Publicación Especial 14. Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. Centro de Investigación Regional Norte Centro (CIRNOC): Matamoros, Coahuila, México. 157 p. http://zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/Cadenas_Zacatecas.pdf.
- Sánchez-Toledano B, Cuevas-Reyes V, Palmeros-Rojas O, Borja-Bravo M. 2021. Modelando la adopción de una variedad de ajo (*Allium sativum* L.) en México mediante análisis de supervivencia. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*. 53(2): 178-192. <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCFA/article/view/3901/3867>
- Sánchez-Toledano B, Zegbe JA, Mena-Covarrubias J, Echavarría-Cháirez F. 2022. Situación actual y futura de la cadena productiva de chile verde: un caso de estudio en Zacatecas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 45(2): 261-270. <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.2.261>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Avances de siembras y cosechas. Resumen por estado. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. https://nube.agricultura.gob.mx/avance_agricola/.
- Tovar NJ, Bermeo HP, Torres JF, Gómez MI. 2018. Metodología para priorizar la intervención de agrocadenas. *In: Logística para la integración del valor en el sector hortofrutícola del Tolima: aportes desde la ciencia y la tecnología*. Barneo HP y Tovar NJ (eds). Ediciones Ibagué, Universidad del Tolima, SENA, Gobernación del Tolima: Tolima, Colombia. <https://repositorio.unibague.edu.co/entities/publication/e16277ff-b8f3-45a2-84f6-b36dc672e954>. pp:16-40.
- Velásquez R, Amador MD, Reveles M. 2008. Logros y rezagos en la investigación fitopatológica realizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) en Aguascalientes y Zacatecas. *Investigación y Ciencia*. 16(42): 4-10. <https://www.redalyc.org/pdf/674/67411270002.pdf>.
- Wezel A, Bellon S, Doré T, Francis C, Vallod D, David C. 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 29: 503-515. <https://doi.org/10.1051/agro/2009004>.
- Zaldívar K, Clarke M, Betancourt CM. 2021. Diagnóstico de la cadena productiva del tomate en el consejo popuFray Benito. *RILCO*. (25): 108-124. <https://www.eumed.net/es/revistas/rilcoDS/25-noviembre21/diagnostico-tomate>.