

ENRIQUECIMIENTO PROTEICO DE NOPAL FORRAJERO Y SU USO EN GANADO DE CARNE



iniap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Carlos A. Romero Rodríguez
Aarón H. Clift Franco
Daniel Díaz Plascencia
Pablo F. Mancillas Flores
Perla L. Ordóñez Baquera
Jorge A. Maldonado Jáquez
José E. Acosta Herrera
Sergio A. Soto Navarro

ENRIQUECIMIENTO PROTEICO DE NOPAL FORRAJERO Y SU USO EN GANADO DE CARNE

Carlos Arnoldo Romero Rodríguez¹

UACH- Facultad de Zootecnia y Ecología, México

Aarón Hernán Clift Franco¹

UACH- Facultad de Zootecnia y Ecología, México

Daniel Díaz Plascencia¹

UACH- Facultad de Zootecnia y Ecología, México

Pablo Fidel Mancillas Flores¹

UACH- Facultad de Zootecnia y Ecología, México

Perla Lucía Ordóñez Baquera¹

UACH- Facultad de Zootecnia y Ecología, México

Jorge Alonso Maldonado Jáquez²

INIFAP-Campo Experimental La Laguna, México

José Eduardo Acosta Herrera¹

UACH- Facultad de Zootecnia y Ecología, México

Sergio A. Soto Navarro³

NMSU- Department of Animal and Range Sciences, EE.UU.

¹Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Facultad de Zootecnia y Ecología.
Chihuahua, Chihuahua, México.

Periférico Francisco R. Almada Km 1
Tel. +52 (614) 4340363, Chihuahua, Chih. México

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
Campo Experimental La Laguna. Matamoros, Coahuila, México.

³Department of Animal and Range Sciences, New Mexico State University, Las
Cruces, EE.UU.

CONTENIDO

LISTA DE ACUADROS.....	4
LISTA DE FIGURAS.....	5
PRÓLOGO.....	6
INTRODUCCIÓN	7
ANTECEDENTES	8
DESCRIPCION METODOLÓGICA Y COSTO ECONÓMICO DEL ENRIQUECIMIENTO PROTEICO.....	10
UTILIZACIÓN DEL NOPAL ENRIQUECIDO EN LA ELABORACIÓN DE UN SUPLEMENTO ALIMENTICIO PARA BOVINOS	14
RECOMENDACIONES	19
AGRADECIMIENTOS	20
BIBLIOGRAFÍA	21

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Calidad en términos de humedad, MS y PC de nopal proteicamente enriquecido a diferentes tiempos de fermentación.....	12
2	Ingredientes y costos de preparación de la levadura para enriquecer proteicamente nopal forrajero.....	13
3	Costos del nopal enriquecido proteicamente.....	13
4	Ejemplo de suplemento con nopal para rumiantes con cantidades en base húmeda (tal como se ofrece al ganado).	17
5	Análisis bromatológico de un suplemento con nopal proteicamente enriquecido con diferentes tiempos de fermentación.....	18

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Cosecha y transporte de nopal forrajero en el Rancho el Papalote en el municipio de Chihuahua, Chihuahua.....	10
2	Mezclado de un suplemento con nopal enriquecido con proteína.....	14
3	Alimentación, de bovinos, con un suplemento con nopal enriquecido en el Rancho el Papalote en el municipio de Chihuahua, Chihuahua.....	15

PRÓLOGO

Los sistemas de producción ganadero son parte importante de la economía regional y nacional en México. Además, representan una garantía para la seguridad alimentaria, ya que las operaciones ganaderas pueden ser tanto de tamaño familiar como industrial. Sin embargo, la actividad ganadeara enfrenta grandes retos que ponen en riesgo su estabilidad y capacidad para satisfacer la demanda de productos de origen animal. En las últimas décadas, el alza en los precios de los insumos, sumado a periodos de lluvia errática y detrimento de los recursos, ha obligado a los ganaderos a diversificar sus fuentes de ingresos, e inclusive a cambiar de giro productivo.

En el estado de Chihuahua, la ganadería de carne ha sido parte importante de la economía y de la cultura. Convirtiéndose en un emblema y símbolo de orgullo del estado. Sus grandes extensiones de pastos, su posición geográfica y años de tradición, han posicionado al estado como uno de los principales exportadores de ganado en pie a los Estados Unidos. No obstante, en la actualidad, uno de los retos más importantes que enfrenta la actividad es el cambio climático, el cual limita la producción de forrajes en los agostaderos. Por ello, se están realizando esfuerzos para generar nuevas tecnologías que aporten opciones viables que ayuden a mejorar la alimentación del ganado de carne.

El presente documento tiene la finalidad de describir la tecnología de enriquecimiento proteico de nopal, un recurso forrajero ampliamente distribuido en el estado de Chihuahua, con una alta tolerancia a la sequía y con una buena aceptación por el ganado. El nopal tiene una baja cantidad de proteína cruda, por lo que un proceso de enriquecimiento proteico a un costo asequible, es de gran utilidad para ayudar al ganado a cubrir sus requerimientos nutricionales. Además, se presentan resultados de una dieta utilizada en bovinos. Por lo que el productor y personal técnico tendrán más opciones para enfrentar los desafíos productivos actuales, promoviendo sistemas ganaderos más eficientes y sostenibles.

MC. Carlos Arnoldo Romero Rodríguez

INTRODUCCIÓN

El territorio del estado de Chihuahua se caracteriza por presentar un 40% de clima muy seco, mientras que en el 33% se presenta un clima seco o semiseco (INEGI, 2022). Además, estudios recientes han reportado un incremento en la intensidad y duración de los periodos de sequía en la región centro del estado (Martínez-Sifuentes *et al.*, 2022). Esta particularidad climática dificulta la obtención de forrajes en una región cuya actividad ganadera es símbolo de tradición, y es una importante fuente de ingresos para numerosas familias. Por lo que es necesario tomar medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático para asegurar alimentos sostenibles, suficientes y de buena calidad (Banda-Villanueva *et al.*, 2022).

En un contexto en el que el cambio climático tiene implicaciones, no solo ambientales sino sociales y económicas, los forrajes alternativos surgen como una necesidad para poder cumplir con los requerimientos nutricionales del ganado (Osorio-Giraldo *et al.*, 2024). En este sentido, el nopal forrajero tiene la virtud de ser importante desde el punto de vista ambiental, ya que sus raíces protegen la capa fértil del suelo contra la erosión, pero al mismo tiempo, es importante para la ganadería pues es considerado un forraje de emergencia en las épocas crítica de alimentación (Aréchiga Flores *et al.*, 2007). Sin embargo, aunque el nopal forrajero es una buena fuente de agua (80-90% de humedad), tiene un bajo contenido de proteína cruda (4-6% de PC). Por ello se han implementado metodologías para enriquecer o mejorar su contenido proteico, y donde se han logrado aumentos en el contenido de PC hasta de 33% (Flores-Hernández *et al.*, 2019).

Por lo tanto, el objetivo del presente documento es proporcionar opciones de utilización de forrajes complementarios económicos para el ganado durante la época seca en el estado de Chihuahua, a través de la descripción metodológica del enriquecimiento proteico del nopal forrajero, y la presentación de breves resultados a nivel semi comercial de su uso en la alimentación de becerros para carne.

ANTECEDENTES

El nopal ha sido ampliamente explotado en varias regiones del mundo debido a sus múltiples usos y a su gran capacidad de adaptarse a suelos secos y pobres. En Europa, particularmente en Italia y Portugal, el nopal ha sido usado como forraje de emergencia y sembrado para la producción de tuna. En Etiopía, en el continente africano, el nopal ha tenido un gran impacto tanto económico como cultural, ya que se le escucha en notas musicales y diversas composiciones literarias. Además de ser ampliamente usado como alimento y como fuente forrajera, por lo que ha ayudado a mejorar la seguridad alimentaria del país. En Marruecos, el nopal fue introducido en el año 1770 y en la actualidad se le puede encontrar en gran parte del territorio. En el continente americano, Perú utiliza el 60% de su producción nopalera para la producción de cochinilla y el resto es destinada a la producción de tuna. Brasil por su parte, posee una gran cantidad de pequeños productores de nopal destinado casi exclusivamente a la producción de forraje, lo que posiciona a este país como el mayor productor de forraje de nopal en el mundo (Inglese *et al.*, 2018).

En México, el nopal es una planta con diversos usos y ampliamente distribuida. Su uso va desde nopal para verdura (nopalito), fruta (tuna), condimento (xoconostle), colorante (grana cochinilla) y como fuente de forraje para el ganado (nopal forrajero). El uso del nopal forrajero ha cobrado relevancia debido a que los periodos de sequía son cada vez más severos y frecuentes, por lo que recurrir a alimentos alternativos para el ganado se vuelve una necesidad. Es por ello que, en regiones de estados como Coahuila y Zacatecas, el nopal silvestre ha sido utilizado como forraje (Aréchiga Flores *et al.*, 2007). Por otra parte, en estados como Chihuahua, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural incentiva el establecimiento de parcelas de nopal forrajero sin espinas mediante proyectos estratégicos (SADER, 2022). En un estado en el que la superficie (ha) cosechada de nopalito creció un 39.72% del 2000-2022 (SIAP, 2024), la cactácea cobra una importante relevancia en la nutrición tanto humana como animal.

En el mismo sentido, se han descrito varias formas de utilizar el nopal para alimentar al ganado, las cuales van desde el *pastoreo sin asistencia* hasta el

chamuscado para pastoreo, así como el chamuscado, corte y picado en pesebre, en donde se vuelve necesario el uso de combustible (gas butano, diésel o petróleo) y un lanzallamas para quemar las espinas. Sin embargo, de manera natural, el nopal posee un bajo contenido proteico, por lo que su uso en combinación con ingredientes altos en proteínas, o el uso de tecnologías para su enriquecimiento proteico, es recomendable (Aréchiga Flores *et al.*, 2007), para un mejor efecto en los animales.

A manera de conclusión, el nopal destaca como un recurso vegetal de enorme importancia global debido a su versatilidad, resistencia y valor productivo. Su capacidad para prosperar en condiciones adversas ha permitido que diferentes países lo incorporen a sus sistemas agrícolas, ya sea como alimento humano, insumo industrial o, especialmente, como forraje estratégico en zonas áridas. La experiencia internacional demuestra que esta cactácea no solo contribuye a la economía local, sino también a la cultura y a la seguridad alimentaria, como se observa en regiones de África, Europa y Sudamérica. En México, su relevancia es aún mayor, pues constituye un elemento fundamental en diversas cadenas productivas y una alternativa clave para enfrentar los desafíos derivados de la sequía y la falta de forraje convencional. No obstante, su aprovechamiento óptimo requiere considerar su bajo contenido proteico, lo que hace esencial su combinación con ingredientes complementarios o la aplicación de tecnologías de enriquecimiento. En conjunto, el nopal se confirma como un recurso estratégico con potencial para fortalecer la resiliencia agrícola y ganadera, al tiempo que impulsa el desarrollo sustentable en múltiples regiones del mundo.

DESCRIPCION METODOLÓGICA Y COSTO ECONÓMICO DEL ENRIQUECIMIENTO PROTEICO

Todas las metodologías descritas en el presente documento fueron las utilizadas en el “Rancho El Papalote” ubicado en el municipio de Chihuahua para el procesamiento y uso de nopal forrajero variedad Atlixco (*Opuntia ficus-indica*) en la alimentación de bovinos. El nopal es enriquecido mediante un proceso de fermentación semisólida de tres etapas, las cuales se describen a continuación:

Etapas I: Las pencas de nopal son cosechadas directamente de la parcela y cargadas en la caja de una camioneta o en un remolque para su traslado al lugar de procesamiento. El personal debe utilizar zapatos o botas de trabajo, guantes de cuero, lentes de trabajo y camisa de manga larga, como equipo mínimo de seguridad para la cosecha, a fin de evitar lesiones causadas principalmente por las espinas de la cactácea.



Figura 1. Cosecha y transporte de nopal forrajero en el Rancho el Papalote en el municipio de Chihuahua, Chihuahua.

Etapla II: En un recipiente de plástico (puede ser un tambo de 200 lt), se mezclan 40 L de agua, 1 kg de levadura viva (*Sacharomices cereviceae*), 10 kg de azúcar de mesa y 10 kg de melaza de caña. La mezcla se mantiene en reposo por 45 a 60 min y se debe mezclar de manera ocasional para promover la oxigenación. La mezcla de azúcar y melaza aportará energía para el crecimiento y mantenimiento de las levaduras.

Etapla III: Se seleccionan 1,000 kg de nopal y se tritura con la utilización de un molino. El triturado del nopal debe durar los 45 a 60 min que dura en reposo la mezcla de la etapa II. Posteriormente, en un equipo mezclador de alimento para ganado, el nopal triturado se mezcla con 10 L de la preparación de la etapa II, y se agregan 10 kg de urea y 1 kg de sulfato de amonio. La adición de los ingredientes finales ayudará al crecimiento de las poblaciones de levadura, principalmente mediante el aporte de nitrógeno. Por último, el mezclado se debe realizar durante 30 min y se deja reposar durante otros 30 min, antes de ser servida a los animales.

En el Cuadro 1 se muestra la composición proteica (%PC), de materia seca (%MS) y humedad (%HUM.) del nopal natural (Inicial) y del nopal proteicamente enriquecido con diferentes tiempos de mezclado. Se observa que, el nopal proteicamente enriquecido, y procesado durante 1 hora (25.48% de PC), tiene 20.28% más proteína cruda que el nopal natural (5.20% de PC). En las pruebas de comportamiento en alimentación de ganado bovino en el Rancho el Papalote, se ha trabajado con un ciclo de mezclado (1 hora de proceso).

En el Cuadro 2 se desglosan los precios por kg, las cantidades y costos totales del preparado de levadura (levadura viva, azúcar, melaza y agua). Este preparado es el descrito en la **Etapla II** del enriquecimiento proteico del nopal. Este preparado es el que incrementará la cantidad de proteína en el nopal natural. La información de costos está actualizada al mes de noviembre de 2025. Para este análisis se consideraron los costos de cada ingrediente, sin incluir mano de obra, luz, agua, e infraestructura. Por lo que este análisis de costos parciales debe considerarse solo como base y adaptarse a las condiciones de producción de cada explotación.

Cuadro 1. Calidad en términos de humedad, MS y PC de nopal proteicamente enriquecido a diferentes tiempos de fermentación.

MUESTRA	%HUM.	%MS	%PC
Inicial*	87.19	12.81	5.20
1 Hora	85.85	14.15	25.48
2 Horas	86.86	13.14	27.37
3 Horas	85.65	14.35	26.54
4 Horas	86.41	13.59	26.12
5 Horas	86.21	13.79	26.10
6 Horas	85.58	14.42	25.45

HUM= humedad; MS= materia seca; PC= proteína cruda.

*Muestra de nopal natural; cada hora representa 30 min de movimiento por 30 min de reposo.

Cuadro 2. Ingredientes y costos de preparación de la levadura para enriquecer proteicamente nopal forrajero.

\$/kg	INGREDIENTE	CANTIDAD	COSTO
\$ -	Agua	40 kg	\$ -
\$ 31.00	Azúcar	10 kg	\$ 310.00
\$ 188.66	Levadura	1 kg	\$ 188.66
\$ 5.75	Melaza de Caña	10 kg	\$ 57.50
	TOTAL	61 kg	\$ 556.16
	Costo por kilogramo		\$ 9.12/kg

Del mismo modo, en el Cuadro 3 se desglosan los precios por kg, cantidades y costos totales del enriquecimiento proteico del nopal. Para este ejercicio se utilizaron solo los costos de cada materia prima necesaria en la mezcla, de acuerdo a los costos vigentes en el mercado. Cabe hacer mención que, el proceso de enriquecimiento proteico solo incrementa en \$0.17 pesos MXN/kg, el costo del nopal natural.

Cuadro 3. Costos del nopal enriquecido proteicamente.

\$/kg	INGREDIENTE	CANTIDAD	COSTO
\$ 2.00	Nopal Natural	1,000 kg	\$ 2,000.00
\$ 9.12	Preparado de Levadura	10 kg	\$ 91.17
\$ 7.26	Sulfato de Amonio	1 kg	\$ 7.26
\$ 11.62	Urea	10 kg	\$ 116.20
	TOTAL	1,021 kg	\$ 2,214.63
	Costo por kilogramo		\$2.17kg

UTILIZACIÓN DEL NOPAL ENRIQUECIDO EN LA ELABORACIÓN DE UN SUPLEMENTO ALIMENTICIO PARA BOVINOS

Se elaboró un suplemento alimenticio en el que se utilizaron insumos tradicionalmente disponibles para el estado de Chihuahua. La proporción de ingredientes incluidos en el suplemento es la siguiente: 25% de maíz roado, 40% de nopal proteicamente enriquecido, 15% de rastrojo de maíz, 16% de grano seco de destilería, 1% de urea y 3% de melaza de caña. En la Figura 2 se muestra el proceso de mezclado, en donde el orden de mezclado fue el siguiente: 1) se agregaron a la mezcladora primero los granos e ingredientes más finos que en este caso fueron el grano seco de destilería, la urea y el maíz roado. Después, se agregó el rastrojo de maíz (forraje) y por último los ingredientes líquidos: nopal natural, líquido de levadura y melaza de caña.

En el Cuadro 4 se muestran las cantidades y costos totales por tonelada y por kg del suplemento en base tal como se ofrece. Este suplemento incluye 40% (base tal como se ofrece) de nopal enriquecido y fue ofrecida a bovinos (Figura 3). Se muestran precios por kilogramo de ingrediente y los costos totales de las cantidades de cada materia prima usada en el suplemento. Se presentan las cantidades para la elaboración de una tonelada de alimento, así como los porcentajes de utilización de cada ingrediente. Se incluyen los costos para la elaboración de una tonelada de suplemento, así como el costo por kilogramo.



Figura 2. Mezclado de un suplemento con nopal enriquecido con proteína.

En la Figura 3 se muestra la alimentación de bovinos con el suplemento con nopal enriquecido. En donde se suplementó a ganado bovino de la raza charoláis.



Figura 3. Alimentación, de bovinos, con un suplemento con nopal enriquecido en el Rancho el Papalote en el municipio de Chihuahua, Chihuahua.

En el Cuadro 4 se muestran las cantidades y costos totales por tonelada y por kg del suplemento en base tal como se ofrece. Este suplemento incluye 40% (base tal como se ofrece) de nopal enriquecido y fue ofrecida a bovinos (Figura 3). Se muestran precios por kilogramo de ingrediente y los costos totales de las cantidades de cada materia prima usada en el suplemento. Se presentan las cantidades para la elaboración de una tonelada de alimento, así como los porcentajes de utilización de cada ingrediente. Se incluyen los costos para la elaboración de una tonelada de suplemento, así como el costo por kilogramo.

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de una serie de análisis bromatológicos realizados para el suplemento descrito en el Cuadro 4, el cual representa un ejemplo de suplemento para bovinos utilizando nopal proteicamente enriquecido. Esta prueba fue realizada con el objetivo de evaluar cambios en la composición nutricional del suplemento con diferentes tiempos de fermentación (ciclos de mezclado). En donde un ciclo de mezclado representa 30 min de mezclado y 30 min de reposo. Los resultados indican que, a mayor tiempo de mezclado, el suplemento pierde humedad y la densidad de nutrientes disminuye. Sin embargo, esta disminución de nutrientes no es sustancial en el caso de PC y GC (grasa cruda). Por otro lado, los kg de urea por tonelada de mezcla sufren una disminución más marcada a mayor tiempo de mezclado.

Cuadro 4. Ejemplo de suplemento con nopal para rumiantes con cantidades en base húmeda (tal como se ofrece al ganado).

\$/kg	INGREDIENTE	%/INCLUSIÓN	CANTIDAD/TON	COSTO
\$ 5.17	Maíz Rolado	25%	250 kg	\$ 1,292.50
\$ 2.17	Nopal Enriquecido	40%	400 kg	\$ 868.00
\$ 1.04	Rastrojo de Maíz	15%	150 kg	\$ 156.00
\$ 5.97	Grano Seco de Destilería	16%	160 kg	\$ 955.20
\$ 11.62	Urea*	1%	10 kg	\$ 116.20
\$ 5.75	Melaza	3%	30 kg	\$ 172.50
	TOTAL	100%	1,000 kg	\$ 3,560.40
			Costo por kilogramo	\$3.56kg

*Las cantidades de urea recomendadas, son cantidades seguras. Por lo que no se recomienda agregar cantidades superiores sin la supervisión de un nutricionista.

Cuadro 5. Análisis bromatológico de un suplemento con nopal proteicamente enriquecido con diferentes tiempos de fermentación.

MUESTRA	%HUM.	%MS	%PC	%GC	%FC	CEN.	UREA kg/Ton
Inicial	42.16	57.84	19.75	3.47	11.35	11.62	17.16
1 Hora	50.49	49.51	19.21	3.68	9.17	11.33	16.92
6 Horas	47.00	53.00	18.23	3.33	10.43	10.87	15.61
12 Horas	43.54	56.46	18.32	3.50	10.14	11.12	12.60
24 Horas	43.00	57.00	17.83	3.34	10.64	10.26	4.96
48 Horas	35.96	64.04	18.35	3.36	9.12	10.96	1.80
72 Horas	31.88	68.12	17.40	3.10	9.67	10.80	2.23

HUM.= humedad; MS= materia seca; PC= proteína cruda; GC= grasa cruda; FC= fibra cruda; CEN.= cenizas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda un ciclo de 1 mezclado para un suplemento con las características antes mencionadas para incrementar hasta 19.21% el contenido de PC.

Aunque el nopal cuenta con una buena cantidad de calcio, se recomienda ofrecer un suplemento mineral que contenga vitaminas y que cubra las deficiencias vitamínicas y de macro y micro minerales del pasto.

Si se desea agregar minerales en el suplemento con nopal proteicamente enriquecido, se recomienda agregarlo junto al grano seco de destilería y a la urea, y dejar mezclar estos ingredientes por al menos un minuto antes de incorporar los demás ingredientes.

De acuerdo al NRC (2000), una vaca para carne de 453 kg que consume 9.84 kg de materia seca al día, que produce 1.77 kg de leche al día (próxima a secarse) y con una cría de 6 meses de edad (próxima al destete) requiere una dieta con 7.14% de PC. Es decir, un consumo aproximado de 702 gr de PC al día. Tomando como ejemplo el suplemento con 1 ciclo de mezclado 49.51% de MS y 19.21% de PC, se puede calcular un total de 95.11 gr de proteína cruda por cada kilogramo de suplemento con nopal proteicamente enriquecida. Por lo que una suplementación de 2 kilogramos de suplemento proporcionaría 190.22 gramos de PC, es decir un 27% del total de su requerimiento. Esto beneficiará el crecimiento de microorganismos ruminales, incrementando el consumo de pasto en el agostadero, así como la capacidad del bovino para digerir dichos pastos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. José Raúl Reyes Roel y al Lic. Luis Fernando Prieto Aúñ, por el financiamiento y su invaluable apoyo durante la elaboración del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aréchiga-Flores, C. F., Aguilera-Soto, J. I., Valdez-Cepeda, R. D., Blanco-Macías, F., Urista-Torres, J., Reveles-Hernández, M., & Rubio-Aguirre, F. A. (2007). *El nopal en la producción animal* (1st ed.). Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Banda-Villanueva, I., Mendoza-González, G., Abad-Cuevas, N., Garza-Sánchez, A., & Díaz-Hernández, A. (2022). *Diagnóstico ambiental y socioeconómico para la implementación de procesos de ganadería regenerativa en Chihuahua, México*. Agencia Francesa de Desarrollo & Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza.
- Flores-Hernández, A., Macías-Rodríguez, F. J., Meza-Herrera, C., García-Herrera, G., Esquivel-Arriaga, O., Ortiz-Salazar, J., & Hernández-Bautista, C. (2019). Semi-solid fermentation of nopal (*Opuntia* spp) for use as an animal protein supplement. *Revista de Geografía Agrícola*, 63, 87–100. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2019.63.04>
- Inglese, P., Mondragón, C., Nefzaoui, A., Saenz, C., Taguchi, M., Makkar, H., & Louhaichi, M. (2018, octubre 7). *Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2022). *Aspectos geográficos de Chihuahua: Compendio 2022*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463913375.pdf
- Martínez-Sifuentes, A. R., Villanueva-Díaz, J., Estrada-Ávalos, J., Trucíos-Caciano, R., Carlón-Allende, T., & Castruita-Esparza, L. U. (2022). Two centuries of drought history in the center of Chihuahua, Mexico. *Forests*, 13(6), 921. <https://doi.org/10.3390/f13060921>
- National Research Council 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition: Update 2000*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9791>.
- Osorio-Giraldo, J. F., Calderón-Bedoya, V., López-De-Mesa, O., & Restrepo-Berrio, D. (2024). Importancia de la disponibilidad de alternativas forrajeras para la alimentación de ganado bovino. *Revista Politécnica*, 20(39), 18–30. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v20n39a2>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2022). Proyecto estratégico, concepto de apoyo: Establecimiento de parcelas de nopal forrajero sin espinas, Chihuahua 2022. gob.mx.

<https://www.gob.mx/agricultura%7Cchihuahua/documentos/proyecto-estrategico-concepto-de-apoyo-establecimiento-de-parcelas-de-nopal-forrajero-sin-espinas-chihuahua-2022>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2024). *Cierre agrícola*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.
https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/