



Mejorando el suelo con nopal: usos y beneficios agroambientales

Diana Marcela Torres-Madrid
Luisa Patricia Uranga-Valencia*
Luis Ubaldo Castruita-Esparza
Marina Imelda Terrazas-Gómez
Sandra Pérez-Álvarez

Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua. Campus Delicias. Km. 2.5 Carretera a Delicias-Rosales. Apdo. Postal 258 Delicias, Chih., 33000.

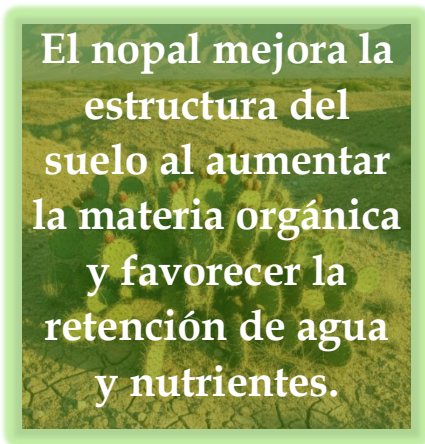
*Autor para correspondencia: luranga@uach.mx

El nopal puede transformar el campo árido de Chihuahua, resiste la sequía, mejora el contenido de materia orgánica, favorece la fertilidad del suelo y ayuda a recuperar tierras degradadas. Este cultivo representa una alternativa sustentable para enfrentar el cambio climático y fortalecer la seguridad alimentaria en regiones áridas.

Introducción

En la región centro-sur del estado de Chihuahua, la sequía ha provocado una disminución significativa en las precipitaciones, que actualmente se ubica en niveles inferiores a la mitad del promedio histórico anual. Datos del Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) registran una tendencia decreciente en las lluvias, que han disminuido aproximadamente un 5% durante los últimos 25 años, pasando a promedios anuales que han descendido de poco más de 303 a menos de 288 milímetros. Esta situación ha generado impactos severos en la agricultura y la ganadería local, comprometiendo la estabilidad de los sistemas productivos tradicionales.

Para enfrentar la crisis hídrica, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y la Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA) han promovido el cultivo de nopal como una alternativa viable. Esta cactácea, adaptada a la sequía, no solo provee alimento para la dieta humana y el ganado, sino que también contribuye a la recuperación y transformación del suelo al aumentar la materia orgánica, lo cual permite la mejora de su estructura, el incremento de la capacidad para retener agua y nutrientes, y ayuda a equilibrar el pH, creando un ambiente favorable para otros cultivos.



El nopal mejora la estructura del suelo al aumentar la materia orgánica y favorecer la retención de agua y nutrientes.



Gracias a estas características, el nopal se ha convertido en una herramienta clave para recuperar tierras degradadas y fortalecer la producción agropecuaria frente al cambio climático.

El nopal como herramienta para la recuperación del suelo.

El nopal, planta emblemática de las zonas áridas y semiáridas de México, sobresale no solo por su adaptabilidad a condiciones extremas, sino también por su capacidad para mejorar la calidad del suelo. En regiones como el centro-sur de Chihuahua, donde la degradación del suelo y la escasez del agua limitan la productividad agrícola, el cultivo del nopal se posiciona como una alternativa sostenible y efectiva para rehabilitar suelos degradados y afectados por procesos de erosión, desertificación y pérdida de nutrientes (Figura 1).

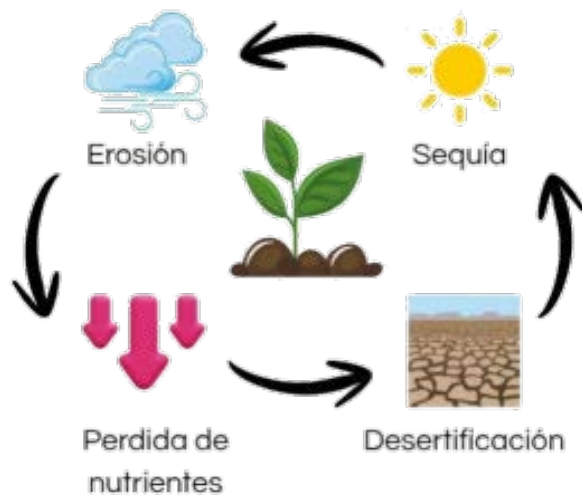


Figura 1. Degradación del suelo

Históricamente, esta planta ha sido utilizada por las comunidades rurales como alimento humano y forraje, además de su valor ambiental como recurso que contribuye a la regeneración del entorno. Su habilidad para desarrollarse en suelos pobres y resistir largos períodos de sequía la convierten en un aliado estratégico para enfrentar los retos que impone el cambio climático en la agricultura regional.

Aumento de la materia orgánica y mejora estructural del suelo.

Una de las principales formas en que el nopal contribuye al mejoramiento del suelo es a través del aumento de la materia orgánica. Una comparación de análisis de suelo realizada en una pequeña parcela experimental con antecedentes de abandono en Delicias, Chihuahua, expuso que, en un intervalo de seis meses mediante la plantación de nopal, la materia orgánica del suelo aumentó de 0.58% a 2.26%, representando un incremento de 1.78%. Esto se debe a que los residuos vegetales que produce como el conjunto de raíces, hierbas que crecen de manera espontánea y pencas caídas, se descomponen gradualmente, enriqueciendo el terreno con carbono orgánico y nutrientes esenciales. Este proceso resulta fundamental dado que la materia orgánica constituye de forma significativa la fertilidad del suelo como indicador clave para la calidad de este (Figura 2).



El incremento de la materia orgánica mejora la estructura física del suelo, favoreciendo la formación de agregados estables que aumentan la porosidad, lo que permite una mejor circulación del aire y mayor capacidad para retener agua y nutrientes, factores críticos en zonas con disponibilidad hídrica limitada. Además, un suelo con buena estructura es menos susceptible a la compactación y a la erosión, problemas comunes en suelos degradados.

- 1 Aumento de materia orgánica
- 2 Mejora de la estructura del suelo
- 3 Equilibrio de pH
- 4 Incremento de la retención del agua y nutrientes

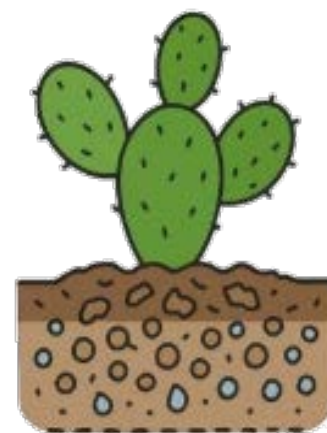


Figura 2. Beneficios del nopal para el suelo.

El aumento de la materia orgánica también estimula la actividad biológica del suelo; los microorganismos benéficos como bacterias y hongos micorrícicos se alimentan de los compuestos orgánicos y, a su vez, participan en un proceso de simbiosis donde la descomposición y mineralización de la materia liberan nutrientes que las plantas pueden absorber. Esta actividad microbiana y micorrícica es esencial para mantener un ciclo de nutrientes saludable.

Adicionalmente, la materia orgánica mejora la movilidad y disponibilidad de los nutrientes. Por ejemplo, el nitrógeno, uno de los elementos más demandados por las plantas, se encuentra en forma orgánica y es liberado lentamente mediante la actividad microbiana y micorrícica en formas asimilables, como nitratos y amonio. Esto, favorece el suministro constante y reduce las pérdidas por volatilización o lavado.

Uno de los efectos más importantes es el aumento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC), que permite retener cationes como potasio (K^{+1}), calcio (Ca^{+2}) y magnesio (Mg^{+2}). Al aumentar la CIC, el suelo puede almacenar y liberar estos nutrientes de forma gradual, asegurando que estén disponibles para las raíces cuando las plantas los demanden. El fósforo (P^{-3}), generalmente poco soluble en suelos áridos, también se vuelve más disponible gracias a la acción de la materia orgánica, que evita su fijación.



En suelos áridos, el cultivo de nopal estabiliza el pH y mejora la disponibilidad de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y micronutrientes.

Por otro lado, la materia orgánica también influye en la disponibilidad de micronutrientes y otros elementos aprovechables; así se observó en la comparación de análisis de suelo previamente mencionada, en donde se determinó que los nitratos (NO_3^{-1}) pasaron de 2.03 a 32 miligramos por kilogramo ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), con un incremento de $29.97 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. El hierro (Fe^{+2}) aumentó de 0.36 a $1.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, es decir, 0.84 unidades más. El zinc (Zn^{+2}) se elevó de 0.24 a $0.36 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (mejora de 0.12). El cobre (Cu^{+2}) permaneció sin variaciones, con $0.21 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ en ambos análisis. El manganeso (Mn^{+2}) pasó de 1.02 a 2.36

$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, representando un incremento de $1.34 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Todos estos elementos que, aunque se requieren en menores cantidades, son fundamentales para procesos metabólicos y enzimáticos, en caso de no contar con alguno de ellos no pueden ser reemplazados por otros y son esenciales para que la planta pueda completar su ciclo.

La presencia de compuestos orgánicos favorece la quelación (unión a un ion metálico formando un complejo estable) de los micronutrientes, evitando la precipitación y facilitando su absorción radicular, evitando que se pierdan por ser arrastrados hacia capas más profundas por el agua y por ende siendo más complicado de alcanzar por las raíces de las plantas.

Equilibrio del pH y disponibilidad de nutrientes

Los suelos áridos del centro-sur de Chihuahua suelen presentar desequilibrios en su pH, lo que dificulta que las plantas absorban los nutrientes que necesitan. El cultivo del nopal ayuda a estabilizar este parámetro, acercándolo a intervalos más adecuados para el desarrollo vegetal, lo que favorece la disponibilidad y absorción de nutrientes esenciales.

En la parcela de ciudad Delicias, el pH aumentó de 6.85 a 8.12, probablemente debido a la acumulación de cationes alcalinos. El potasio (K^{+1}) pasó de 854 a $1250 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ incrementando 396, mientras que el magnesio (Mg^{+2}) se elevó de 0.23 a 2.88 miliequivalentes por litro ($\text{meq} \cdot \text{L}^{-1}$), dado a que existe una relación entre la concentración de estos elementos y la alcalinidad del suelo, se puede decir que a mayor presencia de potasio (K^{+1}) y magnesio (Mg^{+2}), se asocia un pH más elevado, dando lugar a suelos alcalinos, los cuales pueden generar un entorno edáfico favorable para el establecimiento y desarrollo de diversos cultivos.

Gracias a su resistencia a la sequía, el nopal es una alternativa sustentable para restaurar tierras degradadas en regiones como el centro-sur de Chihuahua.



Adaptación y resistencia en suelos degradados

Una de las cualidades más sobresalientes del nopal es su capacidad para crecer en suelos con alta salinidad, baja fertilidad y otras condiciones adversas, comunes en suelos degradados por el sobrepastoreo, la erosión, las malas prácticas de riego o la agricultura intensiva. Gracias a su sistema radicular y a un metabolismo eficiente, la planta logra extraer agua y nutrientes aún en ambientes difíciles, lo que contribuye a estabilizar el suelo y prevenir su pérdida. Además, el cultivo de nopal ayuda a detener la degradación progresiva del suelo, ya que reduce la erosión causada por el viento y la lluvia, protege la superficie y mejora la infiltración de agua. En conjunto, actúa como un agente natural de conservación y restauración, capaz de recuperar áreas abandonadas o dañadas (Figura 3).



Figura 3. Ciclo del nopal en la producción agrícola



Beneficios socioeconómicos y ambientales

Más allá de sus beneficios agronómicos y como un producto forestal no maderable, el nopal ofrece importantes ventajas socioeconómicas para las comunidades

La presencia del nopal estimula la actividad microbiana del suelo, esencial para mantener un ciclo de nutrientes saludable.

rurales del centro-sur de Chihuahua, por ejemplo su cultivo proporciona alimento nutritivo para el ganado, especialmente en épocas de sequía cuando otros forrajes escasean; es un recurso alimenticio para las personas, con múltiples usos culinarios y medicinales que forman parte de la cultura local, estatal y nacional, el desarrollo de este cultivo puede generar ingresos adicionales para los productores a través de la venta de productos frescos, procesados o derivados, fomentando la economía local y la sustentabilidad. Además, al

promover prácticas agrícolas más amigables con el medio ambiente en una bioeconomía circular, el nopal contribuye a conservar la biodiversidad y a reducir la presión sobre los ecosistemas naturales asegurando recursos para futuras generaciones.

Los retos del cultivo de nopal en una región como la centro-sur de Chihuahua

Uno de los principales retos es la falta de capacitación y asistencia técnica para los productores locales, a esto se suman limitaciones en recursos y desconocimiento de problemas fitosanitarios que afectan la producción. También, existe resistencia al cambio y adopción de cultivos alternativos, así como poca organización entre los agricultores, lo que dificulta el uso de nuevas técnicas y el acceso a mejores mercados. La transformación agroindustrial y la comercialización son otros desafíos debido a bajos precios y fuerte intermediación para su comercio, mientras que la escasa promoción del valor del nopal en la región limita su demanda. Finalmente, la falta de planeación productiva, desconocimiento de variedades adaptadas y eventos climáticos extremos como heladas, afectan la eficiencia y sostenibilidad del cultivo en la región.

Más allá de sus beneficios agronómicos, el nopal genera oportunidades económicas al fortalecer la producción rural y fomentar la economía local.





Conclusión

El cultivo del nopal representa una solución natural, sostenible y accesible para la recuperación de suelos degradados en el centro-sur de Chihuahua y el norte de México, regiones afectadas por la sequía y la escasez de agua. Su capacidad para mejorar la fertilidad, equilibrar el pH y adaptarse a condiciones adversas lo convierte en un aliado para la producción agrícola y la seguridad alimentaria. No obstante, para aprovechar plenamente su potencial, se requiere capacitación, recursos, manejo fitosanitario adecuado y mejores estrategias de comercialización. Impulsar el trabajo conjunto entre productores, instituciones y autoridades permitirá consolidar este cultivo como una herramienta de desarrollo rural sostenible, clave para comunidades resilientes y ecosistemas áridos más saludables.

Literatura recomendada

FAO. (2018). Ecología del Cultivo, Manejo y Usos del Nopal. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/73ea486f-87b1-4a97-ba94-ebfc89ed528a/content>

Ortiz-Torres, C., Gómez-Díaz, J., Domínguez-Álvarez, F., y Villanueva-Morales, A. (2018). Influencia de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh y *Opuntia ficus-indica* L. Mill en las propiedades físicas y químicas del suelo. *Terra Latinoamericana*, 36(3), 275-285.

<https://doi.org/10.28940/terra.v36i3.199>

SADER. (12 de junio de 2022). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Plantación de nopal forrajero, una opción más para luchar contra la sequía:

<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/plantacion-de-nopal-forrajero-una-opcion-mas-para-luchar-contra-la-sequia>

Semblanzas de autores

Diana Marcela Torres Madrid. Estudiante de posgrado en Agronegocios. Su línea de trabajo se centra en la recuperación de suelos sobreexplotados por la ganadería extensiva. Investiga alternativas forrajeras de origen nativo en zonas áridas, como el nopal, para restaurar la fertilidad del suelo, promoviendo sistemas productivos resilientes y sustentables.



Luis Ubaldo Castruita Esparza. Académico en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua, realiza investigación relacionada al cambio climático en ecosistemas forestales, las ciencias agronómicas y de agronegocios, cuenta con Perfil PRODEP y pertenece al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) Nivel I.



Marina Imelda Terrazas Gómez. Doctora en Responsabilidad Social Empresarial por el Centro de Desarrollo de Estudios Superiores (CDES). Profesora investigadora en la UACH. Actualmente forma parte del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) con nivel Candidato y Miembro activo de la Red Multidisciplinaria de Estudios del Desierto, AC.

Sandra Pérez Álvarez. Labora en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la UACH. Nivel I del SNII, miembro del Cuerpo Académico UACH-CA-174, trabajando la LGAC manejo de los recursos naturales para la mejora integral de sistemas agrícolas y forestales con las líneas de investigación biofertilization, cultivo in vitro y Fisiología vegetal.

Luisa Patricia Uranga Valencia. Docente en la UACH e investigadora SNII nivel I, impulsa la sustentabilidad, agroecología, aprovechamiento de recursos naturales y agronegocios. Su labor vincula ciencia, comunidad y medio ambiente, promoviendo soluciones sostenibles para zonas áridas y bosques desde el cuerpo académico UACH-CA-174.

Envía tus contribuciones científicas a la revista **Terra Latinoamericana**, órgano de difusión de la SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A. C.

TERRA
Latinoamericana



ISSN Electrónico 2395 - 8030

La Universidad Autónoma
Chapingo, sede del 49° Congreso
Mexicano de la Ciencia del Suelo.

13-17 de octubre del 2025, Texcoco, México.

