

Evaluación de las propiedades del suelo bajo prácticas de agricultura climáticamente inteligente

Laura Sanchez-Castillo ^{1, §}
Edmar Melendez-Jaramillo ¹
Marisol Delgado-González ²
Daniel López-Aguirre ¹
Héctor Rodríguez-Morán ¹
María del Pilar Herrera-Mendoza ¹

¹ Facultad de Ingeniería y Ciencias-Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. CP. 87120. (edjaramillo@uat.edu.mx; dlaguirre@docentes.uat.edu.mx; hecrodriguez@docentes.uat.edu.mx; 2233018004@alumnos.uat.edu.mx).

² Centro de Producción Agropecuaria-Universidad Autónoma de Nuevo León. Carretera Nacional km 143, Linares, Nuevo León, México. CP. 67700. (mgonzalezdl@uanl.edu.mx).

Autor para correspondencia: laura.sanchez@uat.edu.mx

Resumen

El suelo es un recurso esencial y estratégico para la sostenibilidad de la producción agrícola en el planeta; sin embargo, enfrenta una degradación progresiva derivada de prácticas de manejo no sostenibles y los efectos del cambio climático. Dentro de este contexto, la agricultura climáticamente inteligente surge como un enfoque para intentar incrementar la productividad fortaleciendo la resiliencia de los sistemas agrícolas. La investigación tuvo como objetivo evaluar las propiedades físicas y químicas del suelo en dos sitios: 1) donde se ha implementado un sistema agro pastoril implementado como practica de ACI; y 2) en donde se ha mantenido técnicas de agricultura no sostenible. El muestreo de suelos siguió la NOM-021-SEMARNAT-2000, dividiendo el suelo en seis parcelas de 25 m², desde las cuales se determinaron características como: textura del suelo, estructura, pH, densidad real y aparente, porosidad, materia orgánica, carbonatos totales y conductividad hidráulica. Se concluyó que la implementación de prácticas de agricultura climáticamente inteligente mediante sistemas agro-pastoriles mejora de manera temprana las propiedades físicas del suelo, presentando incrementos de 1% en la materia orgánica y un 1.64% de espacio poroso nuevo, mientras que los cambios en las propiedades químicas requieren escalas temporales más extensas. Estos resultados destacan el potencial de la agricultura climáticamente inteligente como una estrategia viable para la restauración y manejo sostenible de suelos agrícolas en regiones áridas y semiáridas de México.

Palabras clave:

calidad del suelo, manejo sostenible del suelo, resiliencia climática, sistemas agrícolas.

Introducción

El suelo es un recurso natural sumamente valioso para la producción de alimentos; sin embargo, se enfrenta constantemente a muchas presiones que van desde actividades antropogénicas hasta efectos del cambio climático. Algunas actividades como el uso insostenible del suelo agrícola, cultivos intensivos, el sobre pastoreo y uso indiscriminado de agroquímicos han provocado una degradación generalizada del suelo (Negera *et al.*, 2022; Kumar *et al.*, 2025).

Derivando en problemas como erosión, pérdida de nutrientes, salinización, compactación, pérdida de materia orgánica y contaminación del suelo (Lal, 2012). Debido a esto, al pasar el tiempo, las propiedades físicas y químicas del suelo se modifican, reduciendo su fertilidad, capacidad de retención de agua, debilitando su estructura, por lo que se aumenta la vulnerabilidad de los sistemas agrícolas a tensiones climáticas como lo son las sequías e inundaciones (Oliveira *et al.*, 2023, Pérez-Aguilar *et al.*, 2026).

La agricultura climáticamente inteligente (ACI) es un enfoque integrado propuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2010) desde ese año, en el cual se propone la gestión del suelo agrícola, el ganado, los bosques y la pesca para hacer frente a los desafíos interrelacionados de la seguridad alimentaria y el cambio climático (Scherr *et al.*, 2012; Dubey *et al.*, 2025; Kabato *et al.*, 2025).

Hoy en día, los sistemas de producción agrícolas globales emiten alrededor de un tercio de todas las emisiones de metano, generan grandes pérdidas de la biodiversidad y utilizan alrededor del 70% del agua dulce del planeta. Además, se espera que para 2050, la demanda de alimentos incremente, tratando de asegurar comida para una población de 9.7 mil millones de personas (World Bank, 2025).

Esta situación de degradación por sistemas agrícolas se ha observado en aumento, sobre todo en países en vías de desarrollo como México, una situación preocupante que debe ser combatida. Los tres objetivos principales de la ACI son: 1) aumentar de forma sostenible la productividad y los ingresos de los agricultores; 2) fortalecer la adaptación y la resiliencia a la variabilidad climática; y 3) reducir o eliminar las emisiones de gases de efecto invernadero siempre que sea posible.

En este marco, los sistemas agro-pastoriles representan una estrategia eficaz para alcanzar estos objetivos. Los sistemas agro-pastoriles combinan los cultivos con el manejo de ganado, integrando ambas actividades para mejorar la salud del suelo, eficientizando los recursos y su resiliencia. Incorporando cultivos y animales en el mismo sistema de producción los ejidatarios pueden asegurar la incorporación de nutrientes al suelo, diversificar la producción y reducir las presiones ambientales.

Por ejemplo: utilizando los residuos de cultivos que puedan servir como forraje para el ganado, mientras que el estiércol animal enriquece el suelo con materia orgánica, mejorando la fertilidad, la estructura y la capacidad de retención de agua. El uso de los sistemas agropastoriles como una alternativa integral dentro de la ACI contribuye a la seguridad alimentaria y generación de ingresos, fortaleciendo la capacidad de adaptación de las comunidades rurales frente al cambio climático, promoviendo la conservación de los recursos naturales (Ortiz *et al.*, 2023; Brunetti *et al.*, 2025; Tyagi y Haritash, 2025).

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar las propiedades físicas y químicas del suelo en dos escenarios: 1) donde se ha implementado un sistema agro pastoril; y 2) en donde se ha mantenido técnicas de agricultura no sostenible. La hipótesis planteada establece que el sistema agro-pastoril mejora las propiedades del suelo después de tres años de ser usado como herramienta de la agricultura climáticamente inteligente.

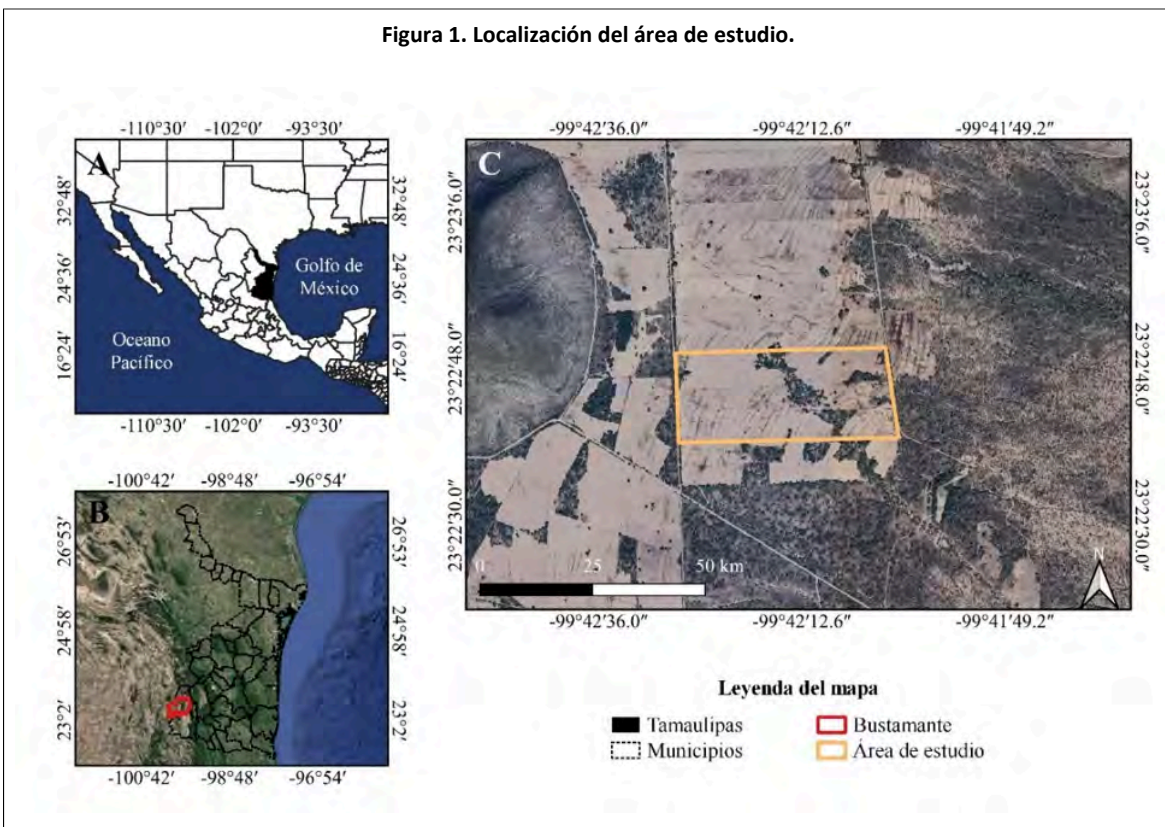


Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio se ubica en el estado de Tamaulipas, México. El suelo de Tamaulipas es apto para una gran diversidad de actividades agrícolas, de las cuales aproximadamente un 21% de la superficie del estado se destina a actividades agrícolas y un 58% se destina a actividades ganaderas. Específicamente el sitio de estudio está ubicado en el municipio de Bustamante en las coordenadas 23° 22' 45.876" latitud norte 99° 42' 19.735" longitud oeste y 23° 23' 16.112" latitud norte 99° 42' 18.813" longitud oeste (Figura 1), el municipio tiene una superficie cosechada de 650 ha con una producción de 375 t valoradas en 1.08 millones de pesos, de las cuales en su mayoría son cultivos de maíz y tuna.

Figura 1. Localización del área de estudio.



El suelo característico en el área es Litosol, de color predominante negro y gris, rico en materia orgánica y no presenta problemas salinos, es susceptible a la erosión presentando valores desde alta a muy alta. El clima es subhúmedo y húmedo con lluvias en verano según la clasificación de Köppen (Cantú-Medina, 2018). La temperatura media anual es de 18 °C, siendo la mínima 0 °C y la máxima 36 °C, con una precipitación media anual de 470 mm.

Los sitios de muestreo se localizaron en tierras agrícolas con más de 20 años de historia de cultivos intensivos de maíz. Después de un cambio generacional en el año 2022, se empezaron a introducir actividades de la agricultura climáticamente inteligente (ACI). Al inicio un sistema agro-pastoril (combinación de cultivos y ganado) fue introducido como una actividad para incrementar los ingresos del hogar, después, otras prácticas como: el uso de residuos agrícolas para alimentar al ganado, uso de estiércol para enriquecer el suelo, captación de agua de lluvia para abrevaderos y riego le siguieron.

Sin embargo, las prácticas de ACI no cubrieron la totalidad del área y se mantuvieron remanentes en el área de cultivo intensivo de maíz. Para conocer el efecto de las prácticas de ACI se dividió el área de estudio en seis parcelas de 25 m². Tres parcelas representando el área de prácticas de ACI y tres parcelas en donde se mantuvo la agricultura no sostenible.

Muestreo de suelo y determinación de propiedades

El muestreo de suelos se realizó tres años después del inicio de prácticas de ACI. La evaluación de las propiedades de suelo fue llevada a cabo siguiendo la metodología establecida en la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-SEMARNAT-2000), la cual establece las especificaciones técnicas para el muestreo de suelos y su análisis.

Se utilizaron diagonales formando una cruz de seis puntos desde la cual se elaboraron muestras compuestas de suelo. Las muestras compuestas fueron colocadas dentro de bolsas plásticas, etiquetadas, homogenizadas y trasladadas a la central de laboratorios de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT) para su análisis.

Las siguientes propiedades del suelo fueron determinadas en cada muestreo: textura del suelo, estructura del suelo, densidad aparente y real, porosidad, contenido de materia orgánica, carbonatos totales, conductividad hidráulica. La textura del suelo fue determinada siguiendo el método AS-09, usando un hidrómetro de Bouyoucos.

Este método está basado en la ley de Stoke en donde las partículas suspendidas en el agua se asientan a diferente grado dependiendo de su tamaño, forma y densidad, de esa manera se puede determinar las proporciones relativas de arena, limo y arcilla, para después establecer la clase textural utilizando el triángulo de texturas.

La estructura del suelo fue medida utilizando el método de tamizado húmedo, en el cual muestras de agregados del suelo son sumergidos en agua y la fracción del suelo que resista la desintegración, establece que tan resistente es la estructura del suelo hacia la erosión. El pH del suelo se realizó siguiendo el método AS-23 utilizando un potenciómetro Termo scientific, modelo Orion Star A211.

En cuanto a la densidad real, fue determinada utilizando el método AS-04, conocido como el método del picnómetro, mientras que la densidad aparente fue realizada siguiendo el método del desplazamiento, usando el resultado de esas dos propiedades se estableció la porosidad de la muestra. La materia orgánica de la muestra se calculó siguiendo el método AS-07 por Walkley y Black.

Los carbonatos totales de la muestra fueron calculados con el método volumétrico. La conductividad hidráulica del suelo se realizó utilizando muestras no alteradas producto del muestreo en cilindros Daiki, siguiendo la metodología de Sánchez-Castillo (2015).

Análisis de datos

Sé realizó un análisis de estadística descriptiva para cada una de las variables evaluadas en el laboratorio; asimismo, se analizó la presencia de diferencias estadísticas significativas entre sitios mediante pruebas de t para dos muestras. Todo el análisis de datos se realizó en el software estadístico PAST 5 (Hammer *et al.*, 2025).

Resultados y discusión

Estudios previos en el comportamiento del suelo en áreas de sistemas de producción agrícola evidencian que a medida que se intensifican las actividades, se observa una disminución en la calidad del suelo. Los resultados a los parámetros del suelo evaluados en este estudio se plasman en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Propiedades del suelo evaluados en el área de estudio.

Parámetro	AACI	DACI
Textura	Franco-arcillo-limosa	Franco-arcillo-limosa
Estabilidad del suelo	Mediana	Muy alta
Densidad real	2.89 ±0.01 A	2.76 ±0.04 B
Porosidad	37.88 ±3.86 A	39.61 ±4.03 A
Densidad aparente	1.79 ±0.11 A	1.64 ±0.09 A
Materia orgánica	3.8 ±0.15 A	4.37 ±0.28 B
Carbonatos del suelo	34.74 ±1.11 A	32.47 ±1.19 A
pH	8.57 ±0.17 A	8.53 ±0.17 A
Conductividad hidráulica	0.17 ±0.03 A	0.37 ±0.03 B

AACI= antes de agricultura climáticamente inteligente; DACI= después de agricultura climáticamente inteligente.
Letras distintas indican diferencias entre tipos de agricultura de acuerdo con intervalos de confianza del 95%.

La textura del suelo influye directamente sobre el comportamiento físico, químico y biológico de los sistemas agrícolas intensivos, en este tipo de ambientes existe una alteración continua del suelo mediante la aplicación de fertilizantes inorgánicos, mecanización y riego frecuente, lo cual modifica las propiedades fisicoquímicas del suelo en general.

La textura del suelo en el área de estudio de acuerdo con el análisis realizado con el triángulo de texturas resultó ser franco arcillo limoso en todos los puntos de muestreo lo cual es consistente con lo reportado por otros estudios en el área (Andrade-Limas *et al.*, 2012; Hoz-Zavala *et al.*, 2015).

El desempeño de esta clase textural de suelos se considera óptima para un rol agrícola ya que, al poseer una proporción intermedia-alta de limo, acompañada de arcilla y en una proporción menor de arena, le confiere características físicas y químicas benéficas y relevantes para el cultivo anual de maíz, trigo o sorgo; sin embargo, son muy susceptibles al encharcamiento o estrés hídrico, compactación y degradación estructural.

Lo cual lo hace un candidato excepcional para prácticas de la ACI la cual busca mitigar estos efectos adversos. La estructura del suelo en el área de estudio resultó ser mediana antes de ACI y muy alta después de ACI lo cual puede ser producto de la reducción en la labranza del suelo y evidencia del establecimiento de un cambio gradual de la estabilidad estructural a lo largo de tres años de actividades que conllevaría a una mayor actividad biológica, estabilidad de los agregados y resiliencia del sistema edáfico (Six *et al.*, 2000).

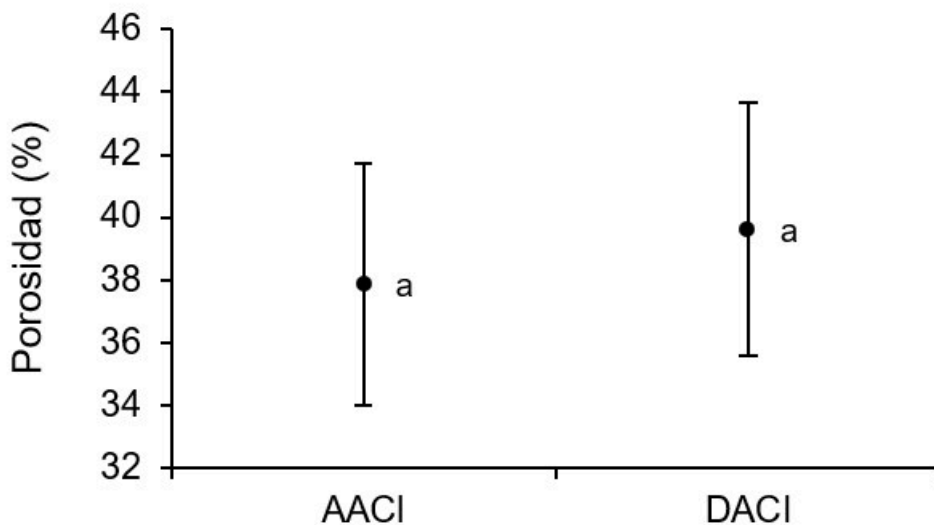
En ACI, el pH del suelo puede fungir como un indicador integrador que permitiría optimizar la productividad de los cultivos y mejorar la eficiencia y disponibilidad de los nutrientes, por lo que se reduciría el uso de fertilizantes. El pH encontrado en el área de estudio es alcalino con valores muy altos con valores máximos de 8.4 antes de ACI y 8.7 después de ACI.

Aunque se observó un incremento mínimo de pH no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre muestreos luego de tres años de ACI, esto se confirma con estudios presentados en otras partes del mundo (Tadesse *et al.*, 2021; Bufebo *et al.*, 2025).

La densidad real, densidad aparente y porosidad del suelo son variables clave para evaluar el efecto de la ACI en el suelo, ya que describen como está organizado el espacio sólido y sus espacios vacíos (poros) los cuales contienen agua y aire. Por lo que, su cuantificación nos podría servir como indicador de productividad, adaptación y mitigación, pilares necesarios en la ACI. La densidad aparente se conoce a la masa de suelo seco por unidad de volumen total, incluyendo poros, mientras que la densidad real es la masa de las partículas sólidas por unidad de volumen sólido, excluyendo poros.

El valor medio de densidad real encontrado en el suelo inicial fue de 2.88 g cm⁻³ mientras que lo encontrado después de ACI fue de 2.81 g cm⁻³, sin cambios significativos. Mientras que para densidad la aparente la variación en los valores medios disminuyó de 1.57 g cm⁻³ a 1.47 g cm⁻³. Mientras que la porosidad total cambió de 45.48% a 47.12% después de ACI (Figura 2).

Figura 2. Porosidad antes de la agricultura climáticamente Inteligente (AACI) y después de la agricultura climáticamente inteligente (DACI).



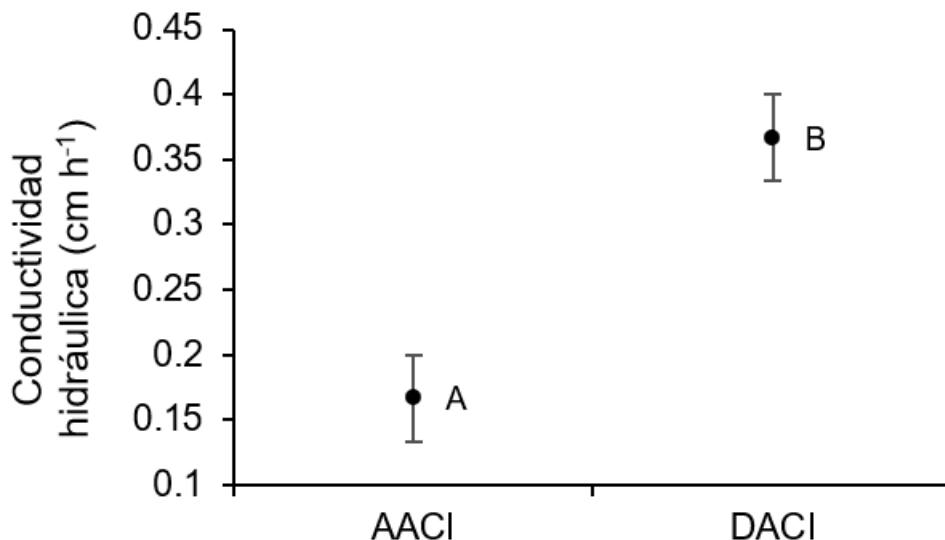
Lo que indica un cambio positivo en la práctica de agricultura climáticamente inteligente, logrando aumentar un 1.64% de espacio poroso nuevo. Estos cambios sugieren la incorporación de materia orgánica joven y de baja densidad, aunque este cambio aún está en desarrollo para alcanzar los valores óptimos de un suelo franco-arcillo-limoso, es un resultado optimista hacia la consolidación de la resiliencia y adaptación del suelo frente a los impactos del cambio climático (Brady y Weil, 2017; Hillel, 2003).

En cuanto a la materia orgánica y carbonatos contenidos en el suelo tampoco mostraron diferencias significativas entre muestreos. Mostrando valores máximos de materia orgánica antes de ACI de 3.6% y 4.6% después de ACI y valores en carbonatos de 31.03% antes de ACI y 31.85% después de ACI. Esto es consistente con el comportamiento de la clase textural franco arcillo limosa, ya que tanto la materia orgánica como los carbonatos contenidos en el suelo suelen ser una fracción poco sensible a cambios de manejo en escalas temporales cortas (Rumpel y Koegel-Knabner, 2011).

La conductividad hidráulica presentó diferencias significativas entre muestreos. Teniendo valores máximos de 0.4 cm s⁻¹ antes de ACI y 0.2 cm s después de ACI. La conductividad hidráulica constituye un indicador clave para medir los cambios sobre la estructura y porosidad del suelo (Figura 3).



Figura 3. Conductividad hidráulica antes de agricultura climáticamente Inteligente (AACI) y después de agricultura climáticamente inteligente (DACI).



En el suelo de nuestra área de estudio, los resultados obtenidos reflejan una reorganización interna del espacio poroso, lo que podría afectar otros valores como compactación o agregación del suelo, favoreciendo la eficiencia del uso del agua y la resistencia a condiciones climáticas adversas o ambientes áridos (Azooz y Arshad, 1996; Eze *et al.*, 2020).

Conclusiones

La investigación indica que la implementación de prácticas de agricultura climáticamente inteligente después de tres años, en un suelo franco arcillo limoso mejoró las propiedades físicas del suelo, lo que evidencia un cambio interno positivo del espacio poroso y estabilidad en el sistema suelo-agua-aire.

Sin embargo, las propiedades químicas evaluadas: pH, carbonatos y materia orgánica, no presentaron diferencias estadísticamente significativas lo cual señala la capacidad amortiguadora del suelo y su respuesta lenta a cambios en escalas de tiempo pequeñas.

Por lo que, la aplicación de técnicas de agricultura climáticamente inteligente se manifiesta a corto plazo en las propiedades físicas del suelo, mientras que las mejoras en propiedades químicas podrían tomar un periodo mucho más largo para hacerse evidentes. Estos resultados destacan el potencial de la agricultura climáticamente inteligente como una estrategia clave para formar un suelo mucho más resiliente en regiones áridas y semi áridas de México.

Bibliografía

- 1 Andrade-Limas, E.; Belmonte-Serrato, F. y Romero-Díaz, A. 2012. Erosión y degradación de suelos en ambientes semiáridos de Tamaulipas (México): regiones norte y altiplano. Ediciones de la Universidad de Murcia. 159-259 pp. ISBN 978-84-15463-29-0.
- 2 Azooz, R. H. and Arshad, M. A. 1996. Soil infiltration and hydraulic conductivity under long-term no-tillage and conventional tillage systems. Canadian Journal of Soil Science. 76(2):143-152.

- 3 Brady, N. C. and Weil, R. R. 2017. The nature and properties of soils. 15th. Edition. Pearson. 526-689 pp.
- 4 Brunetti, H. B.; Oliveira, P. P.; Pezzopane, J. R.; Bernardi, A. C. D. C.; Garcia, A. R.; Berndt, A. Pedroso, A. F.; Lelis, A. L. J. y Medeiros, S. R. 2025. Silvopastoral system as a climate-smart alternative for beef production: Enteric methane emission neutralization and animal thermal comfort increase. *Agricultural Systems*. 225:104277.
- 5 Bufebo, B. and Erkeno, Y. 2025. Analysis of soil properties and wheat yield in relation to climate smart agricultural practices in cultivated landscape of Bona Dibero, central Ethiopia. *Sci. Rep.* 15:21188. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-96550-1>.
- 6 Cantu-Medina, F. G. 2018. Calidad de agua para riego agrícola en el agua subterránea de la zona árida del suroeste de Tamaulipas, México. *Agro Productividad*. 11(1):56-61.
- 7 Dubey, A.; Singh, P. K.; Singh, S.; Manzoor, U.; Sahoo, C. and Saini, A. 2025. Impact of climate change and land degradation on agriculture. In: *eco-resilience: climate change, land degradation and sustainable solutions*. Cham: Springer Nature Switzerland. 49-95 pp.
- 8 Eze, S.; Dougill, A. J.; Banwart, S. A.; Hermans, T. D.; Ligowe, I. S. and Thierfelder, C. 2020. Impacts of conservation agriculture on soil structure and hydraulic properties of Malawian agricultural systems. *Soil and Tillage Research*. 201:104639. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104639>.
- 9 Hammer, Ø.; Harper, D. A. T. and Ryan, P. D. 2025. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 4(1):1-9.
- 10 Hillel, D. 2003. Introduction to environmental soil physics. Elsevier Academic Press. 568 p. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2005.0756d.x>.
- 11 Hoz-Zavala, M. E. E.; Calderón-Salas, C.; Nava-Diguero, P.; Pérez-Álvarez, R.; Vázquez-Montoya, M. A. y Rodríguez-Briseño, P. 2015. Tipos de suelos caracterizados por pH y textura en la zona sur de Tamaulipas. In: *Memorias del 26° Encuentro Nacional de Investigación Científica y Tecnológica del Golfo de México*. Tampico, Tamaulipas, México. 41 p.
- 12 Kumar, V.; Bisarya, D.; Thakur, S.; Sinha, A.; Nambiar, R. and Sahoo, C. 2025. the nexus between land degradation and climate change. In: *eco-resilience: climate change, land degradation and sustainable solutions*. Cham: Springer Nature Switzerland. 19-45 pp.
- 13 Lal, R. 2012. Climate change and soil degradation mitigation by sustainable management of soils and other natural resources. *Agricultural Research*. 1(3):199-212.
- 14 Negera, M.; Alemu, T.; Hagos, F. and Haileslassie, A. 2022. Determinants of adoption of climate smart agricultural practices among farmers in Bale-Eco region, Ethiopia. *Heliyon*. 8(7):e09824. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09824>.
- 15 NOM-021-RECNAT-2000. 2002. Norma Oficial Mexicana. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. SEMARNAT. México, DF.
- 16 Oliveira, D. M. D. S.; Tavares, R. L. M.; Loss, A.; Madari, B. E.; Cerri, C. E. P.; Alves, B. J. R. and Cherubin, M. R. 2023. Climate-smart agriculture and soil C sequestration in Brazilian Cerrado: A systematic review. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 47(spe):e0220055. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20220055>.
- 17 Ortiz, J.; Neira, P.; Panichini, M.; Curaqueo, G.; Stolpe, N. B.; Zagal, E. and Gupta, S. R. 2023. Silvopastoral systems on degraded lands for soil carbon sequestration and climate change mitigation. *Agroforestry for Sustainable Intensification of Agriculture in Asia and Africa*. 207-242 pp.
- 18 Pérez-Aguilar, L. Y.; Lopez-Osorio, R. F.; Zambrano-Medina, Y. G.; Avila-Aceves, E.; Monjardín-Armenta, S.A.; Plata-Rocha, W.; Quintero-Morales, M. A.; Mora-Ramirez, M. A. and Bernal-Guadiana, R. 2026. Soil degradation: causes, impacts, and mitigation strategies in the context. *Climate change, land degradation, and sustainability: insight towards innovative solutions*, 1.

- 19 Rumpel, C. and Koegel-Knabner, I. 2011. Deep organic soil matter - a key but poorly understood 540 components of terrestrial C cycle. *Plant and Soil*. 338(1):143-158.
- 20 Sanchez-Castillo, L. 2015. An integrated study of sediment related disaster prevention and erosion control for urbanized forest slopes in Nuevo Leon, Mexico. Doctoral thesis. Kyushu University. Japan. 112 p.
- 21 Scherr, S. J.; Shames, S. and Friedman, R. 2012. From climate-smart agriculture to climate-smart landscapes. *Agriculture & Food Security*. 1(12):1-15. <https://doi.org/10.1186/2048-7010-1-12>.
- 22 Six, J. #.; Elliott, E. T. and Paustian, K. 2000. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biology and Biochemistry*. 32(14):2099-2103.
- 23 Tadesse, M.; Simane, B.; Abera, W.; Tamene, L.; Ambaw, G.; Recha, J. W.; Mekonnen, K.; Demeke, G.; Nigussie, A. and Solomon, D. 2021. The effect of climate-smart agriculture on soil fertility, crop yield and soil carbon in Southern Ethiopia. *Sustainability*. 13(8):4515. <https://doi.org/10.3390/su13084515>.
- 24 Tyagi, A. and Haritash, A. K. 2025. Climate-smart agriculture, enhanced agroproduction, and carbon sequestration potential of agroecosystems in India: a meta-analysis. *Journal of Environmental Studies and Sciences*. 15(1):167-185.
- 25 World Bank. 2025. Climate-Smart Agriculture. <https://www.worldbank.org/en/topic/climate-smart-agriculture>.



Evaluación de las propiedades del suelo bajo prácticas de agricultura climáticamente inteligente

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
ISSN (electronic): 2007-9230
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (México)

Article/Issue Information
Date received: 01 June 2026
Date accepted: 01 August 2026
Publication date: 01 September 2026
Electronic Location Identifier: e4153
DOI: 10.29312/remexca.v17i6.4153

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

calidad del suelo
manejo sostenible del suelo
resiliencia climática
sistemas agrícolas

Counts

Figures: 3

Tables: 1

Equations: 0

References: 25