



Fertilización mineral- orgánica una alternativa para suelos erosionados en ladera

Amanda Miguel Sánchez Garduño
Horacio Santiago Mejía*

Universidad Intercultural del Estado de México. San Felipe del Progreso, Estado de México, México.

*Autor de correspondencia: horacio.santiago@uiem.edu.mx; Cel. +52 1 712 160 1017.

La fertilización mineral-orgánica representa una alternativa para corregir la fertilidad de suelos erosionados en ladera. Este trabajo describe las causas de pérdida de nutrientes esenciales en la agricultura, y resalta la importancia de la fertilización mineral-orgánica en la mejora de la nutrición de cultivos y su rendimiento.

Palabras clave: *fertilización mixta, nutrición de cultivos, erosión de suelo.*

Introducción

A lo largo de la historia, la humanidad ha mejorado plantas para la obtención de una mayor producción de alimentos. Como resultado ha sido frutos más grandes y ciclos de crecimiento rápido, las plantas cultivadas requieren de fertilización. A diferencia de sus parientes silvestres, que han evolucionado para obtener nutrientes de manera natural, las variedades cultivadas dependen en gran medida de los nutrientes que se les proporcionan.

Las plantas necesitan de 17 elementos esenciales para su desarrollo y los encuentran disponibles en el suelo, aire y agua. Del suelo obtienen 14 minerales; del aire el carbono y el oxígeno, y del agua el hidrógeno. En terrenos de ladera, los nutrientes del suelo históricamente se han ido perdiendo por causas de erosión, lixiviación, extracción de cosechas y malas prácticas agrícolas; esto reduce la fertilidad y productividad del suelo. Por tanto, la fertilización adquiere una importancia aún mayor en suelos deteriorados ya que, se dificulta la absorción y disponibilidad de los nutrientes.

Trabajos previos en fertilización en suelos erosionados muestran que la fertilización mixta (mineral-orgánica) es la que mejora los rendimientos de los cultivos y la fertilidad del suelo; ya que incorpora materia orgánica que mejora la estructura y la microbiota del suelo, y la rápida disponibilidad de los nutrientes se facilita a través de los fertilizantes minerales.



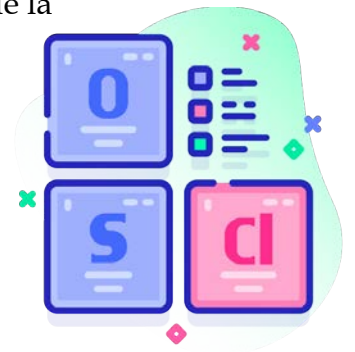


Este artículo explora la importancia de los nutrientes esenciales en las plantas cultivadas, las causas de su pérdida en suelos de ladera, y la relevancia de la fertilización mixta (mineral-orgánica) como alternativa sostenible para la agricultura.

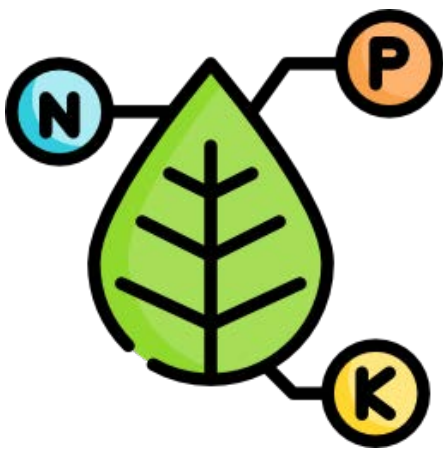
Desarrollo

Los nutrientes esenciales para las plantas cultivadas

Imagina que las plantas son como los humanos, necesitan una dieta balanceada para crecer fuertes y sanas. Esta dieta para las plantas consiste en 17 elementos esenciales; el carbono (C), oxígeno (O) e hidrogeno (H) forman parte de la estructura de los organismos vivos necesarios para su desarrollo y funcionamiento. El carbono y el oxígeno provienen del bióxido de carbono del aire, el cual es incorporado a la planta a través del proceso de fotosíntesis, mientras que el hidrógeno proviene del agua, la cual es absorbida del suelo por las raíces. Además, los otros 14 elementos provienen del suelo en forma mineral: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), manganeso (Mn), cloro (Cl), azufre (S), boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo) y níquel (Ni).



Llamamos esenciales a estos elementos porque la ausencia de alguno de ellos no sería posible el desarrollo normal de la planta y no tendría la capacidad de completar su ciclo de vida; esto se refleja en menor crecimiento, productividad y resistencia a enfermedades. Los síntomas de deficiencia deben ser corregidos únicamente por el elemento faltante, ya que ninguno sustituye la función del otro.



Cada uno de estos elementos cumple una o más funciones clave en el metabolismo vegetal. De manera general, las funciones se agrupan en tres categorías: estructurales, enzimáticas y catalíticas. La función estructural se refiere a que el nutriente forma parte de compuestos importantes como proteínas, clorofila o ADN. La función enzimática implica que el nutriente activa o forma parte de enzimas que regulan procesos vitales. Finalmente, la función catalítica está relacionada con su papel como facilitador en reacciones químicas como la fotosíntesis o la respiración.



Los 14 elementos minerales se dividen en macronutrientes y micronutrientes por la cantidad que la planta necesita. Los macronutrientes como el nitrógeno (N) es parte de la clorofila, las proteínas y los ácidos nucleicos; sin él, la planta no puede crecer ni producir hojas verdes. El fósforo (P) es vital para almacenar y transferir energía.



N

El potasio (K) regula la apertura de las estomas y activa más de 60 enzimas, ayudando a la planta a resistir enfermedades y condiciones adversas. Por otra parte, están los micronutrientes como: el calcio (Ca) que fortalece las paredes celulares, mientras que el magnesio (Mg) es el átomo central de la molécula de clorofila, esencial para la fotosíntesis. El hierro (Fe) participa en la síntesis de clorofila y el transporte de electrones. El zinc (Zn) regula el crecimiento a través de hormonas como las auxinas. El boro (B) ayuda en la formación de las paredes celulares y en el transporte de azúcares. El molibdeno (Mo) y el níquel (Ni) están involucrados en el metabolismo del nitrógeno, facilitando la conversión de nitratos o la descomposición de la urea. Sin estos elementos, los procesos internos de las plantas se alteran, afectando su rendimiento, calidad y sanidad.



P

El potasio (K) regula la apertura de las estomas y activa más de 60 enzimas, ayudando a la planta a resistir enfermedades y condiciones adversas. Por otra parte, están los micronutrientes como: el calcio (Ca) que fortalece las paredes celulares, mientras que el magnesio (Mg) es el átomo central de la molécula de clorofila, esencial para la fotosíntesis. El hierro (Fe) participa en la síntesis de clorofila y el transporte de electrones. El zinc (Zn) regula el crecimiento a través de hormonas como las auxinas. El boro (B) ayuda en la formación de las paredes celulares y en el transporte de azúcares. El molibdeno (Mo) y el níquel (Ni) están involucrados en el metabolismo del nitrógeno, facilitando la conversión de nitratos o la descomposición de la urea. Sin estos elementos, los procesos internos de las plantas se alteran, afectando su rendimiento, calidad y sanidad.



K

¿Por qué se pierden los nutrientes del suelo en las laderas?

Una de las principales causas de pérdida de nutrientes en suelos de ladera sin vegetación es la erosión hídrica y eólica. En el caso de la primera, cuando llueve con intensidad, el agua que no logra infiltrarse en el suelo corre por la pendiente, arrastrando consigo partículas de tierra fértil, materia orgánica y nutrientes como el nitrógeno, fósforo y potasio. Este fenómeno se conoce como escorrentía superficial y se intensifica en suelos desnudos, con poca cobertura vegetal, o mal manejados (Figura 1A, B y C). La erosión eólica ocurre cuando el viento levanta y arrastra partículas de tierra de un sitio a otro, lo que provoca la pérdida de la capa más fértil del suelo (Figura 1D). En poco tiempo, un suelo rico y productivo puede volverse poco profundo empobrecido y con baja capacidad para retener agua y nutrientes. Este fenómeno compromete la fertilidad del suelo y, en consecuencia, reduce la productividad de los cultivos.



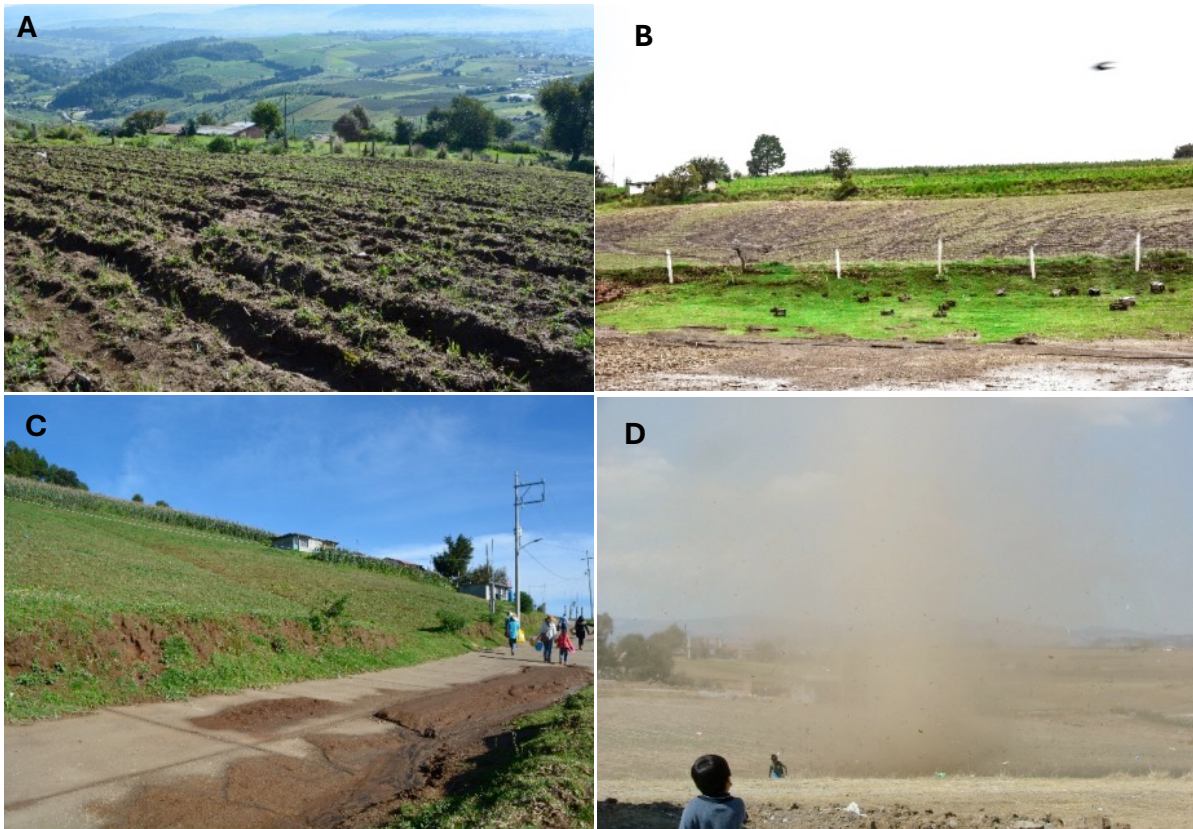


Figura 1. Principales causas de erosión en suelos en ladera. Erosión hídrica (A, B y C), erosión eólica (D) (Fuente: Autores).

¿Sabías que en un suelo en ladera se pierde 1 cm de suelo en 1 año, lo que equivale a 62.5 toneladas por hectárea?

Se estima que en suelos Andosoles de ladera en San José del Rincón, Estado de México, se pierde aproximadamente 1 centímetro de suelo por año, lo que equivale a unas 62.5 toneladas por hectárea (Figura 2A). Esto significa que en 50 años se han perdido alrededor de 3,125 toneladas por hectárea, una cantidad que no podría recuperarse en la escala humana, ya que la formación natural de 1 centímetro de suelo puede tardar entre 100 y 1,000 años (Figura 2B).

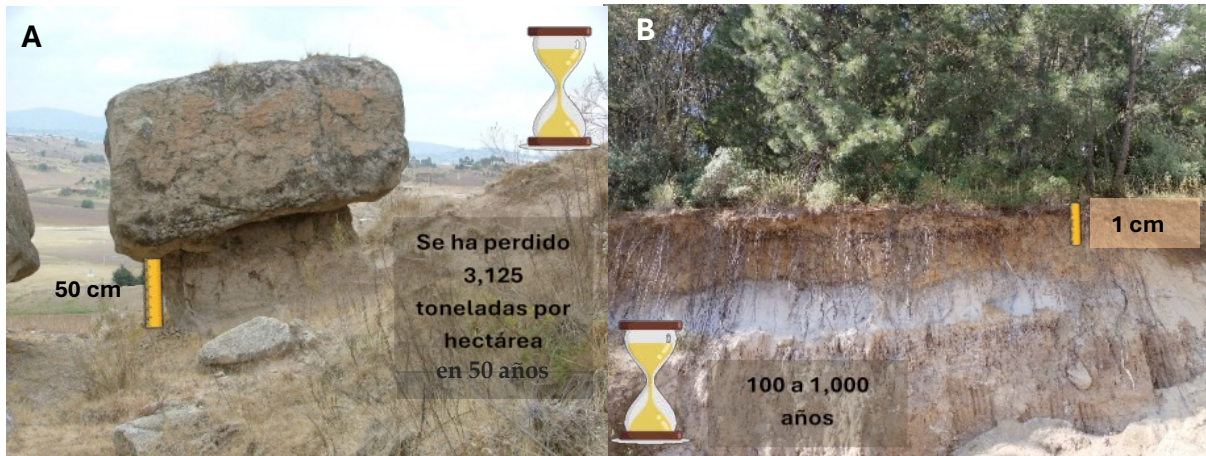


Figura 2. Estimación de pérdida de suelo en ladera por erosión hídrica (A), y de formación de suelo de manera natural (B) (Fuente: Autores).

Otra causa importante es la lixiviación, que ocurre cuando el agua de lluvia arrastra los nutrientes hacia horizontes más profundos del suelo, fuera del alcance de las raíces de las plantas. Este proceso se agrava por el uso excesivo o inadecuado de riego y fertilización. Además, las malas prácticas agrícolas como la labranza intensiva, surcados a favor de la pendiente, la quema de rastrojos y la extracción de cosechas también contribuyen a la pérdida de nutrientes, debilitan la estructura del suelo y reducen la vida biológica (Figura 3A y B). Frente a ello, existen varias prácticas sustentables para corregir la erosión y la pérdida de nutrientes como una labranza adecuada, el uso de barreras vivas o muertas, barreras rompevientos, la incorporación de materia orgánica y la fertilización mineral en dosis que el cultivo requiere.





Figura 3. Malas prácticas agrícolas. Surcos a favor de la pendiente (A), quema de residuos de cosechas (B) (Fuente: Autores).

¿Por qué la fertilización mineral-orgánica es una alternativa sostenible para suelos en laderas erosionadas?

La agricultura en laderas representa un gran desafío debido a la susceptibilidad natural de pérdida de suelo y nutrientes. Por lo que mantener un suelo fértil se vuelve cada vez más difícil. Ante este panorama, ¿cómo recuperamos la pérdida histórica de la fertilidad del suelo? Ante ello, la fertilización mineral-orgánica surge como una alternativa sostenible a corto y mediano plazo.

La fertilización mineral-orgánica combina lo mejor de dos mundos: los fertilizantes minerales, que aportan nutrientes de manera rápida y precisa, y los fertilizantes orgánicos, como el estiércol compostado o residuos vegetales, que mejoran la estructura del suelo, favorecen la vida microbiana y aumentan la capacidad de retención de agua. Esta sinergia permite que los nutrientes sean más aprovechables por las plantas y, al mismo tiempo, se reduce su pérdida por lixiviación o escurrimiento, lo cual es crucial en estos suelos inclinados. Además, el uso de materia orgánica ayuda a reducir la compactación del suelo, mejora su aireación y fomenta una mayor actividad biológica.





Implementar una estrategia de fertilización mineral-orgánica con dosis agronómicas (cantidades adecuadas) es una ventaja económica para las comunidades campesinas. Ya que, a largo plazo, este tipo de manejo no solo mejora la salud del suelo, sino que fortalece la resiliencia de los agroecosistemas frente al cambio climático, contribuyendo a la soberanía alimentaria y al desarrollo rural sustentable. Por todas estas razones, la fertilización mineral-orgánica no es solo una técnica agrícola, sino una herramienta integral para abastecer de nutrientes a las plantas cultivadas y aumentar su productividad.

En condiciones de ladera, diversos estudios han demostrado que la fertilización mineral, cuando se aplica de forma exclusiva, puede incrementar los rendimientos a corto plazo; sin embargo, su uso prolongado tiende a degradar la estructura del suelo y afectar negativamente la biodiversidad. Por otro lado, la fertilización orgánica mejora la salud y estructura del suelo, pero por sí sola no podría incrementar los rendimientos de los cultivos a corto plazo. En este contexto, la combinación de ambos tipos de fertilización conocida como fertilización mineral-orgánica o mixta representa una estrategia eficaz para potenciar la producción y calidad de los frutos y optimizar la nutrición de los cultivos (Cuadro 1).



Cuadro 1. Rendimiento de cultivos con diferentes fuentes de fertilización en suelos en ladera.

Especie	Mineral	Orgánica (Estiércol precompostado)	Mineral-Orgánica (Mixta)
Kilogramos por hectárea (Kg/Ha)			
Durazno	82.65	51.08	110.1
Maíz	1,640.1	1,622.0	1,898.1
Frijol	577.77	468.95	671.88
Lechuga	64,250	74,620	57,090
Chile poblano	22,700	21,500	35,500



Conclusiones

En la agricultura donde la erosión y la pérdida de nutrientes son desafíos constantes, la fertilización mineral-orgánica es una práctica agrícola esencial para corregir los problemas de fertilidad de suelos históricamente erosionados.

La adaptación de prácticas de fertilización mineral-orgánica informadas, basadas en análisis de suelo y recomendaciones técnicas, ayudará a que los campesinos pueden maximizar el rendimiento de sus cultivos, la clave es aplicar una dosis agronómica adecuada. Así, se incrementarán los beneficios socioeconómicos en las familias campesinas sin degradación del medio ambiente.



Literatura recomendada

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2025. El manejo de procesos naturales que afectan las propiedades biológicas y físicas del suelo. Portal de Suelos de la FAO.

Rambaut, L. A. E., E. Tillard, J. Vayssières, P. Lecomte, y P. Salgado. 2022. Trade-off between short and long-term effects of mineral, organic or mixed mineral-organic fertilisation on grass yield of tropical permanent grassland. *European Journal of Agronomy* 141: 126635.

Camas Gómez, R., Turrent Fernández, A., Cortés Flores, J. I., Lovera Muñoz, M., González Estrada, A., Villar Sánchez, B., López Martínez, J., Espinoza Paz, N., y Cadena Iñiguez, P. 2012. Erosión del suelo, escurrimiento y pérdida de nitrógeno y fósforo en laderas bajo diferentes sistemas de manejo en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(2): 231-243.



Semblanzas de autores

Amanda Miguel Sánchez Garduño: Es licenciada en Desarrollo Sustentable por la Universidad Intercultural del Estado de México. Actualmente estudiante de la maestría en Gestión de la Innovación Rural Sustentable. Ha trabajado en proyectos sobre soberanía alimentaria, sistemas productivos y educación comunitaria. Su compromiso con su cultura y comunidad se refleja en su enfoque investigativo, especialmente en la tecnología Milpa Intercalada con Árboles Frutales.

Horacio Santiago Mejía: Es Ingeniero Agrónomo en Producción por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Maestro en Ciencias en el Programa de Fruticultura y Doctor en Ciencias en el Programa de Edafología por el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agropecuarias. Profesor-investigador de la Universidad Intercultural del Estado de México, pertenece al SNII-I de la SECIHTI y tiene perfil PRODEP. Su línea de interés se enfoca en el co-diseño de agroecosistemas para la agricultura campesina de México; principalmente en la tecnología Milpa Intercalada de Árboles Frutales.

