

Impacto

de la fertilización orgánica y convencional en la productividad y calidad de frutos

Impact of Organic and Conventional Fertilization on Fruit Productivity and Quality

Recibido: 22/04/25

Aceptado: 08/05/25

Publicado: 12/06/25

Marcos Espinosa Aguilar^{1*}E-mail: maespinosa@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2608-0769>Rigoberto Miguel García Batista¹E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>Hipólito Israel Pérez Iglesias¹E-mail: hperez@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3368-8716>¹Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

*Autor para correspondencia:

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Espinosa-Aguilar, M., García-Batista, R. M., Pérez Iglesias, H. (2025). Impacto de la fertilización orgánica y convencional en la productividad y calidad de frutos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 13, e762. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/762>

RESUMEN

El objetivo de esta revisión sistemática fue analizar el impacto de la fertilización orgánica y convencional sobre la productividad y calidad de frutos en cultivos perennes, partiendo de la hipótesis de que el uso combinado de ambos sistemas mejora el rendimiento, la eficiencia nutricional y la sostenibilidad agrícola. Se aplicó el protocolo PRISMA para seleccionar 45 artículos científicos publicados entre 2020 y 2025 en bases de datos indexadas como Scopus, Web of Science y Science Direct. Los estudios incluidos evaluaron indicadores de productividad, calidad fisicoquímica del fruto, eficiencia en la absorción de nutrientes y salud del suelo. Los resultados mostraron que la fertilización combinada incrementa el rendimiento de los cultivos entre 5,7% y 10% respecto a la fertilización convencional, y mejora la absorción de nutrientes hasta en un 46,5%. Asimismo, los frutos obtenidos bajo manejo orgánico presentaron mayor contenido de sólidos solubles, flavonoides y compuestos antioxidantes. Se concluye que la fertilización integrada ofrece ventajas agronómicas y ecológicas significativas en comparación con los esquemas tradicionales.

Palabras clave:

Agricultura sostenible, Fertilización, Cultivos perennes, Productividad agrícola, Calidad de los alimentos.

ABSTRACT

This systematic review aimed to analyze the impact of organic and conventional fertilization on fruit productivity and quality in perennial crops, based on the hypothesis that combining both systems enhances yield, nutrient efficiency, and agricultural sustainability. The PRISMA protocol was applied to select 45 scientific articles published between 2020 and 2025 from indexed databases such as Scopus, Web of Science, and Science Direct. The selected studies assessed productivity, physicochemical fruit quality, nutrient uptake efficiency, and soil health indicators. Results showed that combined fertilization increased crop yield by 5.7% to 10% compared to conventional fertilization and improved nutrient uptake by up to 46.5%. Fruits grown under organic management had higher soluble solids, flavonoids, and antioxidant compounds. The review concludes that integrated fertilization provides significant agronomic and ecological advantages over traditional fertilization schemes.

Keywords:

Sustainable agriculture, Fertilization, Perennial crops, Agricultural productivity, Food quality.

INTRODUCCIÓN

La fertilización es un factor determinante en la productividad y calidad de los cultivos perennes, influyendo en el crecimiento vegetal, la absorción de nutrientes y la sostenibilidad del sistema agrícola (Hussein et al., 2024). Tradicionalmente, la fertilización química ha sido el método predominante debido a su rápida disponibilidad de nutrientes y efectos inmediatos sobre el rendimiento de los cultivos (Zhang et al., 2023). Sin embargo, su uso indiscriminado ha generado preocupaciones ambientales, como la contaminación de suelos y cuerpos de agua por escorrentía de nitratos y fosfatos, así como la emisión de gases de efecto invernadero (Hou et al., 2021; Polo-Murcia et al., 2025). En contraste, la fertilización orgánica ha ganado relevancia por su capacidad para mejorar la calidad del suelo, promover la biodiversidad microbiana y reducir el impacto ambiental (Ortiz-Liébanas et al., 2023).

Los estudios recientes han demostrado que la combinación de fertilización orgánica con fertilizantes convencionales puede mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes, incrementar la productividad de los cultivos y mejorar la calidad de los frutos (Fu et al., 2025; Hussein et al., 2024). En el caso del cultivo de la granada (*Punica granatum* L.), por ejemplo, se ha evidenciado que la aplicación de micronutrientes en formulaciones convencionales y en nanoescala mejora el rendimiento y la calidad nutricional de los frutos, aumentando el contenido de sólidos solubles totales, antocianinas y actividad antioxidante (Hussein et al., 2024). En otros cultivos perennes, como el manzano y el maracuyá, la combinación de fertilización orgánica y química ha demostrado optimizar el balance de nutrientes en el suelo, mejorar la calidad de los frutos y reducir la dependencia de insumos sintéticos (Polo-Murcia et al., 2025; Zhang et al., 2023).

El uso de enmiendas orgánicas como el biochar y los digestatos anaeróbicos también ha mostrado efectos positivos en la estructura del suelo, el almacenamiento de carbono y la eficiencia en la absorción de nutrientes por parte de las plantas (Chen et al., 2024; Ikram et al., 2024). Estos bioinsumos pueden mejorar la resistencia de los cultivos a condiciones de estrés hídrico y reducir la incidencia de enfermedades del suelo, lo que los convierte en una alternativa sostenible para sistemas agrícolas de larga duración (Ortiz-Liébanas et al., 2023).

A pesar de estos avances, la literatura aún presenta variabilidad en los resultados, dependiendo del tipo de cultivo, las condiciones edafoclimáticas y la interacción entre los fertilizantes utilizados. En este contexto, el objetivo de esta revisión es analizar el impacto de la fertilización orgánica y convencional en la productividad y calidad de frutos en cultivos perennes, evaluando los efectos de diferentes estrategias de manejo de nutrientes sobre el rendimiento, la calidad fisicoquímica de los frutos y la sostenibilidad agroecológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló bajo el enfoque de revisión sistemática siguiendo las directrices del método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and

Meta-Analyses), con el objetivo de analizar el impacto de la fertilización orgánica y convencional en la productividad y calidad de frutos en cultivos perennes. La metodología aplicada permitió una identificación rigurosa, depuración y análisis comparativo de la literatura científica existente, asegurando la validez y reproducibilidad del estudio.

Se realizó una búsqueda exhaustiva de artículos científicos en bases de datos indexadas de alto impacto, incluyendo Scopus, Web of Science, Science Direct y Google Scholar. Se emplearon términos clave en inglés y español, tales como "organic fertilization in perennial crops", "conventional fertilization and fruit quality", "soil health and fertilization", "nutrient uptake in fruit trees" y "environmental impact of fertilizers".

Los criterios de inclusión establecidos para la selección de estudios fueron los siguientes:

- Artículos publicados en revistas científicas indexadas en el cuartil Q1 y Q2 en los últimos cinco años (2020-2025).
- Estudios experimentales y de revisión que analizaran la relación entre fertilización orgánica, fertilización convencional y sus efectos en la productividad y calidad de frutos en cultivos perennes.
- Investigaciones que incluyeran datos cuantificables sobre parámetros fisicoquímicos de los frutos, contenido nutricional del suelo, balance de nutrientes y sostenibilidad agroecológica.

Por otro lado, se establecieron los siguientes criterios de exclusión para garantizar la calidad y relevancia de la información recopilada:

- Artículos que no estuvieran revisados por pares o que correspondieran a literatura gris sin validación científica.
- Estudios centrados en cultivos anuales o sin diferenciación clara entre fertilización orgánica y convencional.
- Investigaciones con datos incompletos, metodologías experimentales no replicables o sin indicadores claros de calidad y productividad de los frutos.

Inicialmente, se identificaron 90 artículos científicos potencialmente relevantes para el estudio. Posteriormente, se aplicó un proceso de cribado en tres etapas siguiendo el protocolo PRISMA, resultando en una selección final de 45 artículos altamente relevantes.

- Eliminación de duplicados: Se utilizó software de gestión bibliográfica Mendeley para remover artículos repetidos.
- Revisión de títulos y resúmenes: Se realizó un análisis preliminar para descartar estudios que no estuvieran directamente relacionados con la fertilización en cultivos perennes.
- Evaluación del texto completo: Se revisaron en detalle los artículos restantes para garantizar su cumplimiento con los criterios de inclusión y exclusión, seleccionando solo aquellos con información robusta y relevante.

Los estudios seleccionados fueron categorizados según las siguientes dimensiones de análisis:

- Efectos en la productividad: Se compararon rendimientos en distintos cultivos perennes bajo diferentes estrategias de fertilización, incluyendo manzano (*Malus*

domestica), vid (*Vitis vinifera*), cítricos (*Citrus spp.*), aguacate (*Persea americana*) y mango (*Mangifera indica*) (Zhang et al., 2023; Kouam et al., 2024).

- Impacto en la calidad del fruto: Se analizaron parámetros como sólidos solubles totales, firmeza, contenido de azúcares, acidez titulable y compuestos bioactivos en frutas cultivadas con fertilización orgánica y convencional (Hussein et al., 2024).
- Sostenibilidad y salud del suelo: Se evaluaron indicadores como contenido de carbono orgánico, biodiversidad microbiana, lixiviación de nitratos y emisiones de gases de efecto invernadero en función de los sistemas de fertilización empleados (Liu et al., 2025).

Para la síntesis de resultados, se realizó un análisis crítico de los hallazgos, contrastando las evidencias disponibles para determinar las mejores estrategias de manejo de nutrientes en cultivos perennes. El uso del método PRISMA permitió garantizar la rigurosidad, transparencia y reproducibilidad de la revisión sistemática, asegurando que las conclusiones se fundamentaran en estudios de alta calidad científica. Asimismo, se priorizó la inclusión de investigaciones con métodos experimentales validados y con un enfoque agroecológico, promoviendo una visión integral del impacto de la fertilización en la productividad y sostenibilidad de los cultivos perennes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Métodos de fertilización en cultivos perennes

Fertilización orgánica

La fertilización orgánica en cultivos perennes se basa en la aplicación de insumos como compost, estiércol, biofertilizantes y humus de lombriz. Estos insumos aportan materia orgánica y microorganismos benéficos que mejoran la disponibilidad de nutrientes en el suelo y su capacidad de retención de agua (Chen et al., 2024). En estudios con cítricos y manzanos, se ha observado que la aplicación de compost y estiércol mejora la estructura del suelo y favorece la disponibilidad de macronutrientes esenciales como el nitrógeno, fósforo y potasio (Hussein et al., 2024; Liu et al., 2025).

A diferencia de los fertilizantes sintéticos, los fertilizantes orgánicos liberan nutrientes de manera gradual a través de procesos de mineralización y actividad microbiana (Polo-Murcia et al., 2025). La liberación de nutrientes en el compost y humus de lombriz se ve influenciada por la actividad enzimática del suelo y la presencia de microorganismos descomponedores que transforman la materia orgánica en formas asimilables por las raíces de los cultivos (Ikram et al., 2024).

El uso de fertilización orgánica mejora la estructura del suelo al incrementar la materia orgánica y la agregación de partículas, lo que reduce la compactación y aumenta la capacidad de retención de humedad (Chen et al., 2024). Además, se ha demostrado que la aplicación de biochar y biofertilizantes promueve una mayor diversidad microbiana en el suelo, lo que mejora la absorción de nutrientes y la resistencia de los cultivos al estrés abiótico (Ortiz-Liébanas et al., 2023).

A pesar de sus múltiples beneficios, la fertilización orgánica presenta limitaciones, como la lenta liberación de nutrientes y la necesidad de aplicaciones recurrentes para mantener una nutrición equilibrada (Zhang et al., 2023). En cultivos perennes como la vid y el maracuyá, se ha observado que la combinación de fertilizantes orgánicos con aplicaciones controladas de fertilizantes minerales puede optimizar la absorción de nutrientes sin comprometer la calidad de los frutos (Polo-Murcia et al., 2025).

Fertilización convencional

La fertilización convencional en cultivos perennes se basa en el uso de fertilizantes sintéticos que proporcionan nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y micronutrientes esenciales en formas de rápida disponibilidad (Hussein et al., 2024). En el caso del manzano y la vid, se ha observado que la aplicación de NPK incrementa significativamente la producción y calidad de frutos cuando se administra en dosis óptimas (Chen et al., 2024; Zhang et al., 2023).

Uno de los principales beneficios de los fertilizantes sintéticos es su rápida absorción por las raíces, lo que permite una respuesta inmediata en el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Fu et al., 2025). Sin embargo, este beneficio conlleva un riesgo ambiental importante debido a la lixiviación de nitratos y fosfatos, lo que puede contaminar cuerpos de agua y reducir la fertilidad del suelo a largo plazo (Hou et al., 2021).

El uso intensivo de fertilizantes sintéticos puede provocar una disminución en la materia orgánica del suelo y una mayor compactación, afectando negativamente la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua (Hussein et al., 2024). En estudios con cultivos perennes, se ha encontrado que el uso exclusivo de fertilizantes minerales puede reducir la biodiversidad microbiana del suelo y hacer que los árboles frutales sean más susceptibles a enfermedades y estrés abiótico (Ikram et al., 2024).

A pesar de sus limitaciones ambientales, la fertilización convencional sigue siendo una estrategia ampliamente utilizada debido a su eficiencia en la provisión inmediata de nutrientes (Chen et al., 2024). En cultivos como la granada y el kiwi, se ha demostrado que el uso de fertilizantes sintéticos mejora la calidad de los frutos al aumentar el contenido de sólidos solubles y compuestos bioactivos como antocianinas y carotenoides (Hussein et al., 2024; Polo-Murcia et al., 2025).

Efectos en la Productividad de los Cultivos Perennes

Comparación del rendimiento en frutales como cítricos, manzanos, vid, aguacate, mango y plátano

El rendimiento de los cultivos perennes está directamente influenciado por el tipo de fertilización utilizada. Diversos estudios han evaluado la productividad en diferentes frutales bajo esquemas de fertilización orgánica y convencional. En cítricos, se ha reportado que la aplicación de fertilización combinada (orgánica + mineral) mejora la producción y calidad de frutos. Un estudio con mandarinas Kinnow mostró que la aplicación de biofertilizantes junto con fertilizantes minerales aumentó el rendimiento en comparación con el uso exclusivo de fertilizantes sintéticos (Djoko Kouam et al., 2024).

Para los manzanos, la fertilización orgánica, particularmente con biochar y compost, ha demostrado ser efectiva en la mejora del crecimiento y la calidad de frutos. Un estudio en sistemas agroforestales evidenció que la aplicación de biofertilizantes mejora la biodiversidad microbiana del suelo, lo que resulta en una mayor disponibilidad de nutrientes y un incremento en la producción (Tang et al., 2025).

En la vid, la fertilización con enmiendas orgánicas mejora la calidad del fruto y la concentración de compuestos fenólicos. Un análisis de multi-nutrientes en uvas Merlot mostró que la fertilización balanceada optimiza la calidad del fruto y su rendimiento, reduciendo la necesidad de fertilizantes químicos en un 24-35% (Wang et al., 2024). En el caso del plátano, la fertilización orgánica basada en compost y enmiendas bioactivas mejora el contenido de potasio en el suelo y aumenta la producción sin comprometer la calidad del fruto (Abd El-wahed et al., 2024).

Tabla 1. Comparación del rendimiento en distintos cultivos perennes con fertilización combinada

Cultivo	Fertilización Convencional (t/ha)	Fertilización Orgánica (t/ha)	Fertilización Combinada (t/ha)	Diferencia (%) Combinada vs Convencional
Manzano	24,1	21,4	26,5	10,0
Vid	18,3	15,9	20,0	9,3
Granada	21,6	19,0	23,4	8,3
Cítricos	29,8	27,1	31,5	5,7
Maracuyá	19,9	17,8	21,3	7,0

Fuente: Elaboración propia en base a (Wang et al., 2024; Tang et al., 2025; Djoko Kouam et al., 2024).

Los resultados muestran que la fertilización combinada (orgánica + química) como se observa en la tabla 1, supera en rendimiento a la fertilización convencional en un 5.7% a 10.0%, dependiendo del cultivo. Esto evidencia que la combinación de fertilizantes sintéticos y orgánicos permite un equilibrio entre la rápida absorción de nutrientes y la mejora en la estructura del suelo (Zhang et al., 2023). En comparación, los cultivos fertilizados exclusivamente con insumos orgánicos mostraron rendimientos más bajos, con reducciones de hasta un 13.8%, lo que sugiere la necesidad de estrategias de manejo complementarias para maximizar la producción sostenible (Fu et al., 2025).

Relación entre la fertilización y el desarrollo vegetativo del árbol

La fertilización juega un papel fundamental en el desarrollo vegetativo de los cultivos perennes, afectando su crecimiento, capacidad fotosintética y longevidad. En un estudio con fresas (*Fragaria xananassa*), la aplicación de biofertilizantes y enmiendas orgánicas favoreció el crecimiento vegetativo, con una mayor emisión de hojas y estolones en comparación con tratamientos minerales (Djoko Kouam et al., 2024). En manzanos, la combinación de fertilización orgánica y biocontroladores microbianos mejoró la tasa de fotosíntesis y la resistencia a enfermedades del sistema radicular (Tang et al., 2025).

Para cultivos de vid, se ha demostrado que la fertilización con bioestimulantes a base de nanopartículas de zinc y boro mejora la eficiencia fotosintética y la resistencia al estrés hídrico, reduciendo la incidencia de enfermedades y mejorando la calidad del fruto (Abd El-wahed et al., 2024).

Diferencias en la eficiencia de uso de los nutrientes

La eficiencia en el uso de los nutrientes varía considerablemente entre los sistemas de fertilización orgánica y convencional. En general, los fertilizantes sintéticos permiten una absorción más rápida de nutrientes, pero conllevan un mayor riesgo de lixiviación. En contraste, los fertilizantes orgánicos liberan nutrientes de manera progresiva, lo que favorece la retención y disponibilidad a largo plazo en el suelo (Matthews et al., 2025).

Estudios han demostrado que, en cultivos de cítricos, la aplicación de fertilización orgánica mejora la eficiencia en la absorción de nitrógeno y fósforo debido al incremento de la actividad microbiana en el suelo (Cabot et al., 2023). En el caso del plátano, la aplicación de biofertilizantes mejora la absorción de potasio y calcio, esenciales para la calidad del fruto y la resistencia a enfermedades (Abd El-wahed et al., 2024).

Tabla 2. Comparación de la absorción de nutrientes en plantas bajo diferentes fertilizaciones

Nutriente	Absorción Convencional (%)	Absorción Orgánica (%)	Absorción Combinada (%)	Diferencia (%) Combinada vs Convencional
Nitrógeno (N)	55,8	70,5	78,3	40,3
Fósforo (P)	48,6	65,1	71,2	46,5
Potasio (K)	57,9	72,4	80,5	39,0
Calcio (Ca)	46,2	58,8	64,9	40,5
Magnesio (Mg)	50,1	62,7	69,3	38,3

Fuente: Elaboración propia en base a (Abd El-wahed et al., 2024; Cabot et al., 2023; Matthews et al., 2025; ussein et al., 2024; Kouam et al., 2024).

La eficiencia en la absorción de nutrientes tabla 2, es significativamente mayor en sistemas de fertilización combinada, con incrementos de hasta 46.5% en la absorción de fósforo y 40.3% en la de nitrógeno, en comparación con la fertilización convencional. Esto respalda la hipótesis de que la integración de fertilizantes orgánicos con sintéticos optimiza la biodisponibilidad de nutrientes en el suelo y mejora la eficiencia metabólica de las plantas, favoreciendo un crecimiento más balanceado y una mayor resiliencia a condiciones de estrés hídrico y nutricional (Hussein et al., 2024; Kouam et al., 2024).

Estudios que comparan rendimiento bajo fertilización orgánica vs. convencional

Varios estudios han comparado el rendimiento de cultivos perennes bajo fertilización orgánica y convencional, obteniendo resultados variables dependiendo del cultivo y las

condiciones del suelo. En cítricos, un estudio en Uruguay evaluó la fertilización convencional y orgánica en limones, demostrando que la fertilización orgánica redujo el impacto ambiental sin comprometer el rendimiento del fruto (Cabot et al., 2023).

En manzanos, la combinación de fertilización orgánica y microorganismos benéficos aumentó el rendimiento en un 18%, mientras que la fertilización convencional mostró una reducción de la biodiversidad microbiana del suelo (Tang et al., 2025). En vid, la fertilización orgánica resultó en un incremento de polifenoles y flavonoides, mejorando la calidad del vino en comparación con la fertilización mineral (Wang et al., 2024). En el caso del plátano, la fertilización orgánica mostró beneficios a largo plazo en la estructura del suelo y en la resistencia del cultivo a plagas, mientras que la fertilización química ofreció mayores rendimientos inmediatos, pero con una menor sostenibilidad a largo plazo (Abd El-wahed et al., 2024).

Efectos en la Calidad del Fruto

Características físicoquímicas

El contenido de azúcares, la acidez, la firmeza y el color del fruto varían significativamente según el tipo de fertilización empleada. En cítricos, la fertilización orgánica incrementó el contenido de sólidos solubles totales en un 9-12% en comparación con la fertilización sintética, lo que mejoró su dulzura y calidad sensorial (Li et al., 2025).

En fresas (*Fragaria xananassa*), la aplicación de fertilización orgánica con biocompost y estiércol aumentó el contenido de vitamina C y polifenoles en un 18% en comparación con fertilización química (Kouam et al., 2024). En manzanos, la sustitución parcial de fertilizantes químicos por estiércol animal mejoró la firmeza del fruto en un 15% y redujo la pérdida de calidad durante el almacenamiento refrigerado (Esteves et al., 2023).

La fertilización con nano-micronutrientes en granadas (*Punica granatum*) mejoró la coloración del fruto en un 20% y redujo el agrietamiento de la cáscara, incrementando la estabilidad postcosecha (Hussein et al., 2024).

En dátiles 'Mejhoul' (*Phoenix dactylifera*), la fertilización afectó el contenido de humedad y proteínas, observándose diferencias significativas entre frutos cultivados en distintas regiones, con mayor humedad en frutos marroquíes en comparación con los de EE.UU. y Medio Oriente (Elhoumaizi et al., 2023).

Tabla 3. Efecto de la fertilización en la calidad del fruto

Parámetro	Convencional	Orgánica	Diferencia (%)
Sólidos solubles (%)	12,5	13,8	+10,4
Antocianinas (mg/kg)	180	195	+8,3
Flavonoides (mg/kg)	210	230	+9,5
Capacidad antioxidante (%)	75	82	+9,3

Fuente: Elaboración propia en base a (Li et al., 2025; Kouam et al., 2024; Esteves et al., 2023; Hussein et al., 2024).

Los datos de la tabla 3, muestran que la fertilización orgánica mejora significativamente la calidad del fruto en comparación con la convencional. Se observa un aumento del 10.4% en los sólidos solubles, lo que indica una mayor concentración de azúcares y mejor sabor. Además, los frutos orgánicos presentan mayores niveles de antocianinas (+8.3%) y flavonoides (+9.5%), lo que incrementa su capacidad antioxidante en un 9.3%. Estos resultados sugieren que la fertilización orgánica no solo favorece la calidad nutricional, sino también la estabilidad postcosecha de los frutos.

Propiedades organolépticas y nutricionales

La fertilización influye en el desarrollo del aroma y la textura de los frutos. En manzanas, la fertilización orgánica promovió un aumento del 18% en compuestos volátiles responsables del aroma frutal, mejorando la percepción sensorial de los consumidores (Zhu et al., 2020).

En fresas, la combinación de fertilización orgánica y mineral resultó en un mayor contenido de antocianinas y carotenoides, lo que intensificó la coloración del fruto y mejoró su textura (Kouam et al., 2024). En cítricos, la fertilización con nano-micronutrientes incrementó la concentración de flavonoides y polifenoles, mejorando el sabor y el aroma del fruto (Hussein et al., 2024).

El contenido de antioxidantes y vitaminas en los frutos varía según la estrategia de fertilización utilizada. En fresas, la fertilización orgánica incrementó la concentración de vitamina C en un 13%, mientras que en manzanas se observó un aumento del 20% en flavonoides y polifenoles (Kouam et al., 2024).

En uvas, el uso de biofertilizantes elevó la concentración de compuestos fenólicos en un 22%, lo que incrementó su capacidad antioxidante y la estabilidad del color del vino (Li et al., 2025). En dátiles, el contenido de polifenoles y flavonoides fue mayor en frutos cultivados en regiones con menor humedad relativa, lo que favoreció una mayor estabilidad de compuestos antioxidantes (Elhoumaizi et al., 2023).

Vida postcosecha y resistencia a enfermedades

La fertilización afecta la vida postcosecha de los frutos al influir en su capacidad de conservación y resistencia al deterioro. En manzanas, la sustitución parcial de fertilizantes químicos por estiércol animal redujo la pérdida de peso en un 12% y prolongó la vida útil del fruto en almacenamiento refrigerado (Esteves et al., 2023). En fresas, la aplicación de biocompost prolongó la firmeza del fruto en almacenamiento hasta en 5 días más que los frutos de cultivos convencionales (Kouam et al., 2024).

Los frutos de árboles fertilizados con métodos orgánicos presentan una mayor resistencia a enfermedades postcosecha debido a la acumulación de compuestos bioactivos con propiedades antimicrobianas. En fresas, la incidencia de podredumbre en frutos almacenados fue menor en aquellos tratados con biofertilizantes en comparación con los fertilizados de manera convencional (Kouam et al., 2024). En dátiles, la resistencia a microorganismos patógenos fue mayor en frutos con menor contenido de humedad y mayor concentración de compuestos fenólicos, lo que

redujo la proliferación de hongos postcosecha (Elhoumaizi et al., 2023).

CONCLUSIONES

La presente revisión sistemática demuestra que la fertilización combinada, integrando fuentes orgánicas y convencionales, constituye una estrategia agronómica altamente eficiente para cultivos perennes, al mejorar significativamente la productividad, la eficiencia en el uso de nutrientes y la calidad fisicoquímica de los frutos. Los sistemas integrados superan en rendimiento a la fertilización convencional en un 5,7% a 10%, y aumentan la absorción de nutrientes esenciales, especialmente fósforo y nitrógeno, en más del 40%. Asimismo, los frutos provenientes de sistemas orgánicos o mixtos presentan mayor concentración de sólidos solubles, flavonoides y compuestos antioxidantes, atributos que incrementan su valor nutricional y vida postcosecha. Estos hallazgos respaldan la transición hacia modelos de fertilización más sostenibles, capaces de optimizar el equilibrio entre productividad y salud del ecosistema agrícola, lo cual es clave frente a los desafíos actuales del cambio climático y la demanda de alimentos de alta calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd El-wahed, N. A., Khalifa, S. M., Alqahtani, M. D., Abd-Alrazik, A. M., Abdel-Aziz, H., Mancy, A., Elnaggar, I. A., Alharbi, B. M., Hamdy, A., & Elkelish, A. (2024). Nano-enhanced growth and resilience strategies for *Pomegranate cv. Wonderful*: Unveiling the impact of zinc and boron nanoparticles on fruit quality and abiotic stress management. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 100908. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100908>
- Cabot, M. I., Lado, J., & Sanjuán, N. (2023). Multi-season environmental life cycle assessment of lemons: A case study in south Uruguay. *Journal of Environmental Management*, 326, 116719. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116719>
- Chen, Y., Feng, X., Zhao, X., Hao, X., Tong, L., Wang, S., Ding, R., & Kang, S. (2024). Biochar application enhances soil quality by improving soil physical structure under particular water and salt conditions in arid region of Northwest China. *Journal of Integrative Agriculture*, 23(4), 215-230. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2024.12.014>
- Djoko Kouam, I., Mounang, S., Koulagna, H. I., Ntsoli, G. P., Titti, R. W., & Yaouba, A. (2024). Influence of organic and mineral fertilizers and a foliar biostimulant on the yield and nutritional quality of strawberries. *Biochemical Systematics and Ecology*, 117, 104917. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2024.104917>
- Elhoumaizi, M. A., Jdaini, K., Alla, F., & Parmar, A. (2023). Variations in physicochemical and microbiological characteristics of 'Mejhoul' dates (*Phoenix dactylifera* L.) from Morocco and new countries of its expansion. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 22(3), 318-326. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2023.02.003>
- Esteves, C., Fanguero, D., Mota, M., Martins, M., Braga, R. P., & Ribeiro, H. (2023). Partial replacement of chemical fertilizers with animal manures in an apple orchard: Effects on crop performance and soil fertility. *Scientia Horticulturae*, 322, 112426. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112426>
- Fu, S., Wu, Y., He, S., Yao, J., Han, Z., Zhao, J., Wang, G., & Li, T. (2025). Combining organic amendments and enhanced efficiency fertilizers to improve the quality and nutrient use efficiency of pineapple. *Scientia Horticulturae*, 339, 113839. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113839>
- Hou, L., Liu, Z., Zhao, J., Ma, P., & Xu, X. (2021). Comprehensive assessment of fertilization, spatial variability of soil chemical properties, and relationships among nutrients, apple yield, and orchard age: A case study in Luochuan County, China. *Ecological Indicators*, 122, 107285. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107285>
- Hussein, A. S., Abeed, A. H. A., Usman, A. R. A., & Abou-Zaid, E. A. A. (2024). Conventional vs. nano-micronutrients as foliar fertilization for enhancing the quality and nutritional status of pomegranate fruits. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 23(1), 112-122. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2023.09.008>
- Ikram, M., Singh, S., Bano, N., Alahmadi, T. A., Shariq, M., Siddiqui, M. A., & Islam, J. (2024). Biochar and oil cakes act as antagonists towards *Meloidogyne incognita* in tomato: A sustainable approach. *Plant Stress*, 11, 100320. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100320>
- Kouam, I. D., Mounang, S., Koulagna, H. I., Ntsoli, G. P., Titti, R. W., & Yaouba, A. (2024). Influence of organic and mineral fertilizers and a foliar biostimulant on the yield and nutritional quality of strawberries. *Biochemical Systematics and Ecology*, 117, 104917. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2024.104917>
- Liu, X., Tan, J., Dong, J., Jiang, S., Chen, H., Wang, Y., Chen, M., Wang, X., & Xing, L. (2025). Moderate deficit irrigation synergizes with partial replacement of chemical fertilizer by organic fertilizer to enhance soil micro-environment and improve the quality and yield of edible Rose. *Industrial Crops and Products*, 226, 120679. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120679>
- Liu, Y., Xu, M., Liu, M., Cheng, C., Qiao, L., & Li, Y. (2025). Responses of soil available nutrients and microbial performance in a newly established apple orchard after five-year fertilization with different sources of livestock manure. *Journal of Agriculture and Food Research*, 19, 101635. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101635>
- Matthews, S., Ali, A., & Siddiqui, Y. (2025). Nano-encapsulated biostimulant enhances growth and postharvest quality of chili peppers (*Capsicum annuum*). *Scientia Horticulturae*, 340, 113920. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113920>

- Polo-Murcia, S. M., Chaali, N., Jaramillo-Barrios, C. I., Ouazaa, S., Polo, V. J., & Calderon Carvajal, J. E. (2025). An ecological, environmental, and economic indicators-based approach towards enhancing sustainability in water and nutrient use for passion fruit cultivation in Colombia. *Environmental and Sustainability Indicators*, 26, 100602. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100602>
- Ortiz-Liébanas, N., Zotti, M., Barquero, M., & González-Andrés, F. (2023). Biochar + AD exerts a biostimulant effect in the yield of horticultural crops and improves bacterial biodiversity and species richness in the rhizosphere. *Scientia Horticulturae*, 321, 112277. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112277>
- Tang, W., Lü, Y., Zhang, R., Wang, X., Wang, H., Wang, M., Chen, X., Shen, X., Yin, C., & Mao, Z. (2025). Mixed application of raw amino acid powder and *Trichoderma harzianum* fertilizer for the prevention and management of apple replant disease. *Journal of Integrative Agriculture*, 24(3), 1126–1139. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2024.11.023>
- Wang, X., Shao, X., Zhang, Z., Zhong, X., Ji, X., & Liu, C. (2024). Multi-nutrient fertilization-based analysis of fruit quality in Merlot wine grapevine. *Journal of Integrative Agriculture*, 23, 1128–1142. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2024.04.032>
- Zhang, B., Yan, S., Li, B., Wu, S., Feng, H., Gao, X., Song, X., & Siddique, K. H. M. (2023). Combining organic and chemical fertilizer plus water-saving system reduces environmental impacts and improves apple yield in rainfed apple orchards. *Agricultural Water Management*, 288, 108482. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108482>
- Zhu, Z., Bai, Y., Lv, M., Tian, G., Zhang, X., Li, L., Jiang, Y., & Ge, S. (2020). Soil fertility, microbial biomass, and microbial functional diversity responses to four years fertilization in an apple orchard in North China. *Horticultural Plant Journal*, 6(4), 223-230. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2020.06.003>