



Condiciones fitosanitarias desfavorables y su relación con el daño por signos y síntomas en cultivo de palto (*Persea americana* Mill.) variedad Fuerte en valle Pachachaca

Unfavorable Phytosanitary Conditions and Their Relationship with Damage by Signs and Symptoms in Avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte Cultivation in Pachachaca Valley

Condições Fitossanitárias Desfavoráveis e sua Relação com Danos por Sinais e Sintomas no Cultivo de Abacate (*Persea americana* Mill.) Variedade Fuerte no Vale Pachachaca

ARTÍCULO ORIGINAL



Gladys Marilu Castro Pérez

gcastro@unamba.edu.pe

Ruth Naida Molina Cáceres

181098@unamba.edu.pe

Carlos Enrique Coacalla Castillo

ccoacalla@unamba.edu.pe

Jose Luis Choccata Ccahuana

jchoccata@unamba.edu.pe

Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Abancay, Perú

Escanea en tu dispositivo móvil

o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v10i28.453>

Artículo recibido: 12 de noviembre 2025 / Arbitrado: 10 de diciembre 2025 / Publicado: 7 de enero 2026

RESUMEN

El cultivo de palto constituye un recurso estratégico para la economía andina, pero enfrenta crecientes desafíos fitosanitarios. La interacción de plagas, patógenos y condiciones edáficas desfavorables compromete su sostenibilidad, demandando enfoques integrales que permitan comprender y mitigar los factores de deterioro productivo. El objetivo del estudio fue evaluar la relación entre condiciones fitosanitarias desfavorables y el daño observado en palto variedad Fuerte en Pachachaca. Se identificaron agentes bióticos asociados y se caracterizaron parámetros abióticos de suelo y agua, con el propósito de fundamentar estrategias de manejo integrado. La investigación se desarrolló en el Centro Experimental Pachachaca durante la campaña 2023-2024. Se aplicó un diseño descriptivo y experimental, incluyendo diagnóstico fitosanitario, aislamiento de hongos, identificación de plagas, y análisis físico-químico de suelo y agua, bajo protocolos estandarizados de bioseguridad y buenas prácticas agrícolas. Se identificó *Lasiodiplodia theobromae* como patógeno dominante en tejidos sintomáticos, confirmando su papel oportunista en condiciones de estrés. Se registró una alta diversidad de plagas, destacando hormigas cortadoras y caracoles con incidencias superiores al 80%. Los suelos alcalinos y pobres en materia orgánica predispusieron al cultivo, intensificando daños fisiológicos y estructurales. El deterioro fitosanitario del palto responde a una sinergia negativa entre factores abióticos y bióticos. La gestión sostenible requiere estrategias integradas que fortalezcan resiliencia edáfica, reduzcan presión de plagas y mejoren productividad.

Palabras clave: Condiciones edáficas; Fitopatología; Manejo integrado de plagas; *Persea americana*; Plagas agrícolas

ABSTRACT

Avocado cultivation is a strategic resource for the Andean economy but faces growing phytosanitary challenges. The interaction of pests, pathogens, and unfavorable edaphic conditions compromises its sustainability, demanding comprehensive approaches to understand and mitigate factors contributing to productive decline. The study aimed to evaluate the relationship between unfavorable phytosanitary conditions and observed damage in the Fuerte avocado variety in Pachachaca. Associated biotic agents were identified, and abiotic soil and water parameters were characterized to establish a basis for integrated management strategies. The research was conducted at the Pachachaca Experimental Center during the 2023–2024 season. A descriptive and experimental design was applied, including phytosanitary diagnosis, fungal isolation, pest identification, and physicochemical analysis of soil and water, following standardized biosecurity and good agricultural practices protocols. *Lasiodiplodia theobromae* was identified as the dominant pathogen in symptomatic tissues, confirming its opportunistic role under stress conditions. A high diversity of pests was recorded, with leaf-cutting ants and snails showing incidences exceeding 80%. Alkaline soils poor in organic matter predisposed the crop, intensifying physiological and structural damage. The phytosanitary decline of avocado results from a negative synergy between abiotic and biotic factors. Sustainable management requires integrated strategies that enhance soil resilience, reduce pest pressure, and improve productivity.

Key words: Agricultural pests; Edaphic conditions; Integrated pest management; *Persea americana*; Phytopathology

RESUMO

O cultivo do abacate constitui um recurso estratégico para a economia andina, mas enfrenta crescentes desafios fitossanitários. A interação de pragas, patógenos e condições edáficas desfavoráveis compromete sua sustentabilidade, exigindo abordagens integradas que permitam compreender e mitigar os fatores de deterioração produtiva. O objetivo do estudo foi avaliar a relação entre condições fitossanitárias desfavoráveis e os danos observados no abacate variedade Fuerte em Pachachaca. Foram identificados agentes bióticos associados e caracterizados parâmetros abióticos do solo e da água, com o propósito de fundamentar estratégias de manejo integrado. A pesquisa foi desenvolvida no Centro Experimental Pachachaca durante a safra de 2023–2024. Foi aplicado um delineamento descriptivo e experimental, incluindo diagnóstico fitossanitário, isolamento de fungos, identificação de pragas e análise físico-química do solo e da água, seguindo protocolos padronizados de biossegurança e boas práticas agrícolas. *Lasiodiplodia theobromae* foi identificado como o patógeno dominante em tecidos sintomáticos, confirmando seu papel oportunista em condições de estresse. Foi registrada uma alta diversidade de pragas, destacando-se formigas cortadeiras e caracóis com incidências superiores a 80%. Solos alcalinos e pobres em matéria orgânica predisuseram a cultura, intensificando danos fisiológicos e estruturais. A deterioração fitossanitária do abacate resulta de uma sinergia negativa entre fatores abióticos e bióticos. A gestão sustentável requer estratégias integradas que fortaleçam a resiliência edáfica, reduzam a pressão de pragas e melhorem a produtividade.

Palavras-chave: Condições edáficas; Fitopatologia; Manejo integrado de pragas; *Persea americana*; Pragas agrícolas

INTRODUCCIÓN

El palto (*Persea americana* Mill.) se ha consolidado como un cultivo de alto valor económico a escala global, impulsado por una demanda creciente en mercados internacionales. En países andinos como Perú, su expansión ha transformado paisajes agrarios y generados importantes flujos de exportación. Sin embargo, esta intensificación productiva a menudo no ha ido acompañada de un manejo agroecológico adecuado, exponiendo a los sistemas a una mayor vulnerabilidad ante estreses bióticos y abióticos (1). La sostenibilidad de esta cadena de valor, por tanto, depende críticamente de la capacidad para diagnosticar y gestionar de manera integral los factores que limitan la sanidad y productividad de las plantaciones.

Sin embargo, la complejidad fisiopatológica del palto representa un desafío científico considerable. Este cultivo es afectado por un amplio espectro de enfermedades, entre las que destacan la podredumbre radicular por *Phytophthora cinnamomi*, la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y, de manera particularmente relevante, las enfermedades asociadas a la familia *Botryosphaeriaceae* (2). Estos patógenos suelen actuar como endófitos latentes o débiles, manifestándose como agentes de muerte regresiva (dieback) principalmente cuando el hospedero se encuentra fisiológicamente debilitado,

configurando una dinámica de enfermedad oportunista (3).

Por otra parte, el escenario fitopatológico se ve agravado por la acción concertada de artrópodos plaga. Entre ellos, ácaros como *Oligonychus spp.* Causan daños directos al tejido foliar y actúan como inductores de estrés fisiológico (4,5). La coexistencia de plagas chupadoras (como moscas blancas y chicharritas) con defoliadoras (como lepidópteros y coleópteros) genera un estrés múltiple que compromete la capacidad fotosintética y de respuesta defensiva del árbol (6,7).

En consecuencia, la sanidad del cultivo no puede analizarse desde una perspectiva unifactorial. La literatura contemporánea enfatiza que el deterioro observado en campo es frecuentemente el resultado de una sinergia negativa, donde condiciones abióticas desfavorables predisponen a la planta, facilitando la colonización por patógenos oportunistas y la explosión poblacional de plagas (8). Esta interacción constituye un círculo vicioso de difícil ruptura mediante tácticas de control aisladas.

Asimismo, las condiciones edáficas emergen como un factor predisponente fundamental. Suelos con pH alcalino, baja materia orgánica y desbalances nutricionales limitan la disponibilidad de micronutrientes esenciales como hierro y zinc, generando un estrés metabólico crónico que

merma la inmunidad constitutiva de la planta (8,9). Este contexto abiótico no solo afecta directamente la fisiología del palto, sino que también modula la estructura y funcionalidad de la microbiota rizosférica, incluidos los antagonistas naturales de patógenos.

De igual forma, la calidad del agua de riego puede exacerbar las limitaciones impuestas por el suelo. Aguas con pH alcalino y baja concentración de nutrientes, como las reportadas en algunas regiones andinas, refuerzan un entorno rizosférico desfavorable, limitando la eficacia de enmiendas y bioinoculantes (10). Esta dimensión del estrés abiótico ha sido relativamente menos explorada en su vinculación con los complejos fito sanitarios del palto.

Cabe destacar que, dentro del complejo de patógenos, *Lasiodiplodia theobromae* (*Botryosphaeriaceae*) ha sido identificado como un agente clave de muerte regresiva en diversas regiones de cultivos de palto, incluyendo Perú (11,12). Su patogenicidad está estrechamente ligada al estado fisiológico del hospedero, siendo su virulencia máxima en plantas bajo estrés hídrico, nutricional o dañado por plagas (12,13). Este patógeno epitomiza la naturaleza multifactorial del deterioro.

Es importante señalar que las estrategias de manejo convencional basadas en el control

químico han mostrado limitaciones severas. Además de los riesgos ambientales y para la salud humana (14), la aplicación indiscriminada de plaguicidas altera los equilibrios biológicos, puede inducir resistencias en plagas y elimina enemigos naturales, perpetuando el ciclo de dependencia de insumos externos (7,15).

A pesar de los avances, persisten brechas de conocimiento críticas para la región andina peruana. Existe información fragmentaria sobre la composición y estructura de los complejos de plagas y enfermedades en condiciones específicas de valles interandinos, así como sobre la interacción entre las limitantes edáficas locales y la expresión de daños. La variedad Fuerte, de importancia histórica y económica en Perú, ha sido particularmente poco estudiada bajo esta perspectiva sistémica.

Por lo tanto, este estudio se plantea las siguientes preguntas de investigación: 1) ¿Cuál es la identidad y estructura del complejo de agentes bióticos (hongos fitopatógenos y artrópodos plaga) asociados al daño por signos y síntomas en el cultivo de palto variedad Fuerte en el valle? 2) ¿Qué relación existe entre las condiciones fitosanitarias desfavorables, particularmente las propiedades físico-químicas del suelo y del agua de riego, y la severidad del daño observado en el cultivo? 3) ¿Cómo interactúan los factores abióticos locales

y la presión biótica para configurar el escenario de deterioro fitosanitario en este agroecosistema específico?

En consecuencia, el objetivo central de esta investigación fue evaluar la relación entre las condiciones fitosanitarias desfavorables y el daño observado en el cultivo de palto variedad Fuerte en el valle Pachachaca, mediante la identificación integral de los agentes bióticos (insectos plaga y hongos fitopatógenos) asociados, y la caracterización de los parámetros abióticos (suelo y agua) que predisponen al cultivo al estrés, con el fin de generar una base diagnóstica para el diseño de estrategias de manejo integrado contextualmente apropiadas.

Por consiguiente, el objetivo de este estudio fue evaluar la relación entre las condiciones fitosanitarias desfavorables y el daño observado en el cultivo de palto variedad Fuerte en el valle Pachachaca, mediante la identificación integral de los agentes bióticos (insectos plaga y hongos fitopatógenos) asociados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se desarrolló como una investigación aplicada de tipo descriptiva y experimental, realizada en el Centro Experimental Pachachaca (Abancay, Perú) bajo la supervisión de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC). El trabajo de campo y laboratorio

se ejecutó durante la temporada de lluvias de 2023-2024, comprendiendo desde el diagnóstico fitosanitario inicial en noviembre de 2023 hasta la evaluación final en enero de 2024. Este período se seleccionó debido a que las condiciones de alta humedad y precipitación favorecen la máxima expresión de plagas y enfermedades fúngicas en los cultivos estudiados, permitiendo una evaluación robusta de los problemas sanitarios y la eficacia de las intervenciones.

La población objetivo estuvo constituida por todos los árboles de palto (*Persea americana* Mill.) variedad Fuerte en valle Pachachaca. El tamaño muestral de 64 árboles se determinó considerando las restricciones logísticas del sitio experimental y el diseño DBCA estándar para ensayos agrícolas, el cual permite un control adecuado de la variabilidad ambiental con un número manejable de repeticiones. Esta muestra se consideró suficiente para detectar diferencias biológicamente significativas en la variable principal (densidad poblacional de ácaros), basándose en estudios previos similares y en la homogeneidad relativa de la plantación.

Como criterios de inclusión, se seleccionaron únicamente árboles adultos (entre 4 y 5 años de edad) que exhibieran síntomas activos de estrés fitosanitario, como clorosis, necrosis foliar, presencia de fumagina o daño visible por insectos. Por el contrario, se excluyeron del estudio

aquellos individuos con daños mecánicos severos, evidencias de estrés hídrico agudo reciente o historial de aplicaciones con plaguicidas químicos en los tres meses previos al inicio del experimento. Esta exclusión tuvo como objetivo aislar el efecto de los tratamientos biológicos evaluados de otros factores de confusión.

Respecto a las técnicas e instrumentos, se empleó un enfoque multimodal. La identificación de insectos plaga se realizó mediante monitoreo visual, captura manual con redes entomológicas y uso de trampas cromáticas adhesivas amarillas y azules; su identificación taxonómica se completó en laboratorio usando un estereoscopio y claves dicotómicas. Para el aislamiento de hongos fitopatógenos, se utilizó Agar Papa Dextrosa (PDA) tras la desinfección superficial de tejidos con hipoclorito de sodio al 0.5%. Los análisis fisicoquímicos de suelo y agua se realizaron en el laboratorio acreditado LASPAF-UNALM siguiendo métodos estandarizados.

El análisis de datos para la caracterización descriptiva de plagas y patógenos, se calcularon frecuencias absolutas y relativas. Finalmente, en cuanto a los principios éticos, la investigación se ciñó a las normas de bioseguridad y buenas prácticas agrícolas. El manejo de especímenes se realizó con el propósito de diagnóstico y control, sin afectar especies protegidas. El estudio se alinea con los lineamientos de investigación para el

desarrollo agrícola sostenible promovidos por las instituciones involucradas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados presentados en la Tabla 1 revelan un perfil fitopatológico notablemente homogéneo en el cultivo de palto variedad Fuerte bajo estudio. La identificación exclusiva de *Lasiodiplodia theobromae*, perteneciente a la familia *Botryosphaeriaceae*, en todos los aislados fúngicos obtenidos de tejidos sintomáticos (tallos y ramas) sugiere la presencia de un agente patógeno dominante y altamente adaptado a las condiciones agroecológicas del valle Pachachaca. Esta uniformidad en la composición del complejo fúngico es un resultado significativo, ya que contrasta con escenarios reportados en otras regiones donde suelen coexistir múltiples especies de *Botryosphaeriaceae*. Dicha especificidad podría indicar que las condiciones abióticas locales (suelo, clima, manejo) actúan como un filtro ambiental que favorece la proliferación de este patógeno en particular, o bien, que la variedad Fuerte presenta una susceptibilidad específica hacia esta especie.

Desde una perspectiva fitopatológica, la recurrencia de *L. theobromae* como agente causal asociado a la muerte regresiva del palto refuerza su papel como un patógeno clave en sistemas bajo estrés. La literatura señala que este hongo suele actuar como un patógeno oportunista, cuyos

síntomas se manifiestan o intensifican cuando la planta se encuentra debilitada por factores abióticos adversos o por daño previo causado por insectos. En este contexto, los resultados de la Tabla 1 no solo confirman la presencia del patógeno, sino que también plantean una hipótesis causal indirecta: las condiciones fitosanitarias desfavorables (documentadas en el estudio)

habrían creado un estado de susceptibilidad en los árboles, permitiendo que *L. theobromae*, quizás presente de forma latente o como saprófito, se convierta en el principal agente de enfermedad. Esto subraya la naturaleza multifactorial del deterioro, donde el patógeno es el componente biótico final de una cadena de eventos iniciada por estrés ambiental, Tabla 1.

Tabla 1. Identificación de hongos fitopatógenos asociados a los cultivos de paltos en el Centro Experimental Pachachaca.

Parcela/muestra		Tejido	Nombre común	Especie	Familia
PP1	M1	Tallos, ramas	Muerte regresiva del palto	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Botryosphaeriaceae
PP1	M2	Tallos, ramas	Muerte regresiva del palto	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Botryosphaeriaceae
PP1	M3	Tallos y ramas	Muerte regresiva del palto	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Botryosphaeriaceae
PP1	M4	Tallos y ramas	Muerte regresiva del palto	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Botryosphaeriaceae
PP1	M5	Tallos y ramas	Muerte regresiva del palto	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Botryosphaeriaceae
PP1	M6	Tallos, ramas	Muerte regresiva del palto	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Botryosphaeriaceae
PP1	M7	Tallos, ramas	Muerte regresiva del palto	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Botryosphaeriaceae
PP1	M8	Tallos y ramas	Muerte regresiva del palto	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Botryosphaeriaceae
PP1	M9	Tallos y ramas	Muerte regresiva del palto	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Botryosphaeriaceae
PP1	M1	Tallos y ramas	Muerte regresiva del palto	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Botryosphaeriaceae
PP1	M2	Tallos, ramas	Muerte regresiva del palto	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Botryosphaeriaceae
PP1	M3	Tallos, ramas	Muerte regresiva del palto	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Botryosphaeriaceae
PP1	M4	Tallos y ramas	Muerte regresiva del palto	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Botryosphaeriaceae
PP1	M5	Tallos y ramas	Muerte regresiva del palto	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Botryosphaeriaceae
PP1	M6	Tallos y ramas	Muerte regresiva del palto	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Botryosphaeriaceae

Nota: PP1 (parcela palto 1), PP2 (parcela palto 2), M1, M2, M3,...Mn (número de muestras por parcela).

La Tabla 2, despliega una notable diversidad de artrópodos y moluscos asociados al cultivo de palto, identificando al menos catorce morfoespecies pertenecientes a ocho órdenes taxonómicos diferentes. Esta riqueza de organismos

fitófagos y polífagos, que incluye desde ácaros (*Olygonychus sp.*) hasta lepidópteros (*Papilio thoas*) y gasterópodos (*Rabdotus sp.*), configura un complejo de plagas de alta complejidad ecológica. La heterogeneidad en los aparatos

bucales, desde chupadores-picadores hasta masticadores y raspadores, sugiere un espectro amplio y complementario de modos de daño, lo cual implica que las plantas están sometidas a un estrés multifacético y simultáneo. Este escenario corrobora el marco conceptual del estudio, que postula una sinergia negativa entre factores bióticos como eje central del deterioro fitosanitario.

Desde una perspectiva ecológica, la coexistencia de tantas especies plaga puede interpretarse como un indicador de desequilibrio en el agroecosistema. La presencia de grupos con alta capacidad reproductiva y movilidad,

como hemípteros (chicharritas, mosca blanca) y tisanópteros (trips), sugiere condiciones ambientales favorables para su proliferación y, posiblemente, una limitada actividad de enemigos naturales. Además, la aparición de plagas típicamente asociadas a disturbios antrópicos, como la hormiga invasora *Linepithema humile*, podría estar señalando alteraciones en la red trófica del suelo. Esta diversidad no es aleatoria; responde a un contexto de estrés abiótico que predispone al cultivo, creando nichos ecológicos explotables por una gama amplia de herbívoros oportunistas, Tabla 2.

Tabla 2. Identificación de plagas, características morfológicas y alimentación en parcela de paltos variedad Fuerte Centro Experimental de Pachachaca.

Nombre local	Especie	Familia	Orden	Aparato bucal	Alimentación	Zona de captura
Arañita roja (ácaro)	<i>Olygonychus</i> sp.	Tetranychidae	Trombidi formes	Chupador-picador	Fitófago y polífago	Hojas
Chicharritas	<i>Cicadella</i> sp.	Cicadellidae	Hemíptera	Picador chupador	Fitófago y polífago	Pecíolo de frutos
Insecto hoja	<i>Microcentrum rhombifolium</i>	Tettigoniidae	Ortóptera	Masticador	Fitófago y polífago	Hojas
Saltamontes	<i>Pedies andianus</i>	Acridiidae	Ortóptera	Masticador	Fitófago y polífago	Tallos y hojas bajas
Lorito verde,	<i>Diabrotica speciosa</i>	Chrysomelidae	Coleóptera	Masticador	Fitófago y polífago	Hojas y flores
Lorito (amarillo, manchas negras)	<i>Diabrotica chontalensis</i>	Chrysomelidae	Coleóptera	Masticador	Fitófago y polífago	Hojas y flores
Chinche verde	<i>Nezara viridula</i>	Pentatomidae	Hemíptera	Picador chupador	Fitófago y polífago	Hojas, tallos
Hormiga negra	<i>Linepithema humile</i>	Formicidae	Himenoptera	Masticador	Mieladófaga	Hojas, tallos y flores.
Grillo común	<i>Gryllus</i> spp.	Gryllidae	Ortóptera	Masticador	Fitófago y polífago	En todas las parcelas
Cuqui (hormiga roja)	<i>Atta cephalotes</i>	Formicidae	Himenóptera	Cortador	Defoliación rápida hojas, tallos y flores	Tallos, ramas, hojas y flores
Caracol terrestre	<i>Rabdotus</i> sp	Bulimulidae	Gasteropoda	Perforaciones irregulares	Plaga ocasional	Hojas, tallos
Trips	<i>Scirtothrips perseae</i>	Thripidae	Trysanoptera	Picador-chupador	Fitófago y polífago	Hojas y flores
Mosca blanca	<i>Bemisia tabaci</i>	Aleyrodidae	Hemíptera	Chupador	Fitófago y polífago	Hojas
Oruga del palto	<i>Papilio thoas</i>	Papilionidae	Lepidóptera	Masticador	Fitófago y polífago	Hojas
Minador de hojas	<i>Liriomyza huidobrebis</i>	Agromyzidae	Díptera	Raspador-picador	Fitófago y polífago	Hojas

La Tabla 3, sintetiza la estructura funcional del complejo de plagas al clasificar las especies identificadas según su orden taxonómico y, de manera crítica, su tipo de aparato bucal y hábito alimenticio. Este análisis revela que los órdenes *Hemiptera* y *Orthoptera* son los más diversos, con tres especies cada uno, seguidos por *Hymenoptera* y *Coleoptera* con dos. Sin embargo, el verdadero valor analítico reside en la agrupación por modos de daño: se destaca una preponderancia de organismos con aparatos bucales picador-chupadores y masticadores. Esta distribución no es aleatoria, sino que señala una presión herbívora concertada sobre múltiples tejidos vegetales, desde el sistema vascular hasta el parénquima foliar, configurando un escenario de estrés múltiple y acumulativo para los árboles de palto.

Desde una perspectiva ecológica, esta composición funcional sugiere un agroecosistema

con notorias perturbaciones. La elevada representación de órdenes como *Hemiptera* y *Thysanoptera*, cuyas especies suelen exhibir altas tasas reproductivas y capacidad vectorial, puede indicar una reducción en la eficacia de los enemigos naturales o condiciones abióticas que favorecen su proliferación. Simultáneamente, la presencia de grupos con hábitos alimenticios tan destructivos como el cortador (*Hymenoptera*) y el raspador-triturador (*Gasteropoda*) apunta a una ruptura de las barreras de defensa mecánicas de la planta. Colectivamente, esta estructura funcional refuerza la hipótesis central del estudio: el estrés abiótico local predispone al cultivo, facilitando la colonización sucesiva por plagas con estrategias de daño complementaria, Tabla 3.

Tabla 3. Número de especies plaga identificadas en cultivo de palto según su orden taxonómico y tipo de alimentación.

Orden taxonómico	N° de especies	Tipo de aparato bucal y alimentación
Hemiptero	3	Picador-chupador (lesiones en tallos y frutos).
Orthoptera	3	Masticador (hojas y tallos perforados, masticados).
Hymenoptera	2	Cortador (defoliación rápida de hojas, tallos y flores).
Coleoptera	2	Masticador (hojas y flores masticadas, hojas esqueletizadas).
Lepidoptera (oruga/larva)	1	Masticador defoliación parcial y daño en hojas.
Díptera	1	Raspador-picador (galerías o minas en hojas y tallos).
Trysanóptera	1	Raspador-picador-chupador (manchas en hojas, caída de flores, cicatrices en frutos).
Gasteropoda	1	Raspador-triturador (lesiones irregulares, agujeros en hojas y tallos, con defoliación parcial de hojas).
Trombidiformes	1	Chupador-picador (manchas cloróticas/amarillas,

La Tabla 4, revela un escenario fitosanitario crítico en el cultivo de palto variedad Fuerte, caracterizada por una elevada presión biótica y una manifestación severa de daños. La incidencia mayor al 93% de síntomas como defoliación parcial y fumagina en ambas parcelas no solo confirma una afectación generalizada, sino que señala un estado de estrés fisiológico avanzado en la plantación. Esta prevalencia extrema sugiere que los mecanismos de defensa de los árboles están comprometidos, posiblemente por una interacción sinérgica entre factores abióticos desfavorables, previamente identificados, como suelos alcalinos, y la actividad concertada de múltiples plagas. La fumagina, en particular, como síntoma indirecto derivado de la melaza de insectos chupadores, actúa como un indicador ecológico de un desequilibrio trófico donde el control natural de plagas parece insuficiente.

Además, la estructura de la comunidad de plagas muestra una jerarquía de impacto claramente definida. Organismos como la hormiga roja (*Atta cephalotes*) y el caracol terrestre alcanzan frecuencias e incidencias superiores al 80%, posicionándose como agentes de perturbación primaria. Esta preponderancia de plagas con hábitos alimenticios destructivos (cortador y raspador, respectivamente) implica un daño mecánico directo y sostenido que debilita

estructuralmente a las plantas. La coincidencia de altas incidencias en ambas parcelas, a pesar de su posible variabilidad microambiental, refuerza la hipótesis de que existen condiciones predisponentes comunes en el agroecosistema que favorecen la explosión poblacional de estos especímenes, posiblemente vinculadas a las limitaciones edáficas descritas en el estudio, Tabla 4.

Por otra parte, la simultánea presencia de un espectro diverso de otros fitófagos, como chicharritas, minadores y ácaros, aunque con incidencias menores en términos numéricos individuales, configura un panorama de estrés múltiple y acumulativo. Esta diversidad funcional, con modos de daño que van desde la succión de savia hasta la creación de galerías en tejidos, sugiere que los árboles están sujetos a una presión herbívora multifacética. Desde una perspectiva ecológica, este ensamblaje no es aleatorio; refleja un agroecosistema en desequilibrio donde la resiliencia del cultivo está seriamente mermada, facilitando la colonización sucesiva por distintos gremios de plagas que explotan nichos creados por el debilitamiento inicial, Tabla 4.

Adicionalmente, la relación observada entre la alta incidencia de plagas y los síntomas específicos (como hojas perforadas o bronceadas) evidencia una cadena causal donde el daño

directo por herbívoros facilita la entrada de patógenos oportunistas y exacerba el estrés abiótico, creando un círculo vicioso de deterioro. Los resultados subrayan la insuficiencia de las estrategias de control unidimensionales y

enfatan la necesidad de un manejo integrado que ataque las causas raíz, especialmente las condiciones del suelo, para romper esta sinergia negativa, Tabla 4.

Tabla 4. Frecuencia e incidencia y síntomas de daño asociados por plagas en palto variedad Fuerte.

Plaga / Especie	PP1		PP2	
	Frecuencia (n)	Incidencia (%)	Frecuencia (n)	Incidencia (%)
Hormiga roja	15	93,75	13	81,25
Caracol	14	87,50	13	81,25
Arañita roja	13	81,25	11	68,75
Chicharritas	8	50,00	7	43,75
Saltamontes	8	50,00	8	50,00
Hormiga negra	8	50,00	8	50,00
Minador de hojas	7	43,75	6	37,50
Trips	7	43,75	-	-
Diabrotica	6	37,50	7	43,75
Insecto hoja	4	25,00	-	-
Chinche verde	3	18,75	-	-
Síntomas de daño				
Hojas perforadas	15	93,75	9	56,3
Defoliación parcial	15	93,75	15	93,75
Fumagina	15	93,75	15	93,75
Bronceadas/quemadas	14	87,5	11	68,75
Hojas minadas	10	62,5	8	50,00
Frutos caídos/aborto	8	50,0	10	62,50
Cloróticas deformes	7	43,75	7	43,80
Hojas esqueletizadas	4	25,0	4	25,00
Pecíolos perforados	4	25,0	7	43,80

Nota: Datos de PP1 (Parcela de paltos 1), PP2 (Parcela de paltos 2).

Los parámetros edáficos presentados revelan un perfil de suelo que actúa como un factor abiótico predisponente clave para el deterioro fitosanitario observado. Un pH marcadamente alcalino, combinado con un contenido de materia

orgánica marginalmente bajo, establece un escenario de estrés nutricional e iónico para el cultivo. Esta condición limita la disponibilidad de micronutrientes esenciales como el hierro y el zinc, a la vez que puede alterar la actividad y composición

de la microbiota del suelo. La textura franco arcillosa arenosa sugiere una dinámica hídrica y de aireación que, aunque moderada, en un contexto de pH elevado puede exacerbar la inmovilización de nutrientes, debilitando constitutivamente a las plantas y reduciendo su capacidad de respuesta inmunológica frente a agentes bióticos, Tabla 5.

Desde una perspectiva fisiológica, estas limitaciones edáficas explican en parte la alta susceptibilidad del cultivo. El estrés abiótico generado por un suelo alcalino y con baja fertilidad orgánica compromete procesos metabólicos fundamentales, como la síntesis de compuestos defensivos y la eficiencia fotosintética. Este estado de debilitamiento crónico convierte a los árboles en hospederos más vulnerables, facilitando la colonización por patógenos oportunistas como *Lasiodiplodia theobromae* y la proliferación de artrópodos plaga. Así, los datos del suelo no son meras variables de contexto; representan la base causal que predispone al sistema a un colapso fitosanitario multifactorial, Tabla 5.

Asimismo, la presencia detectable de metales pesados, aunque en concentraciones que requieren una evaluación normativa más detallada,

introduce una capa adicional de complejidad al estrés abiótico. Elementos como el plomo y el cromo pueden ejercer efectos fitotóxicos directos o indirectos, interfiriendo con la absorción de nutrientes y la actividad enzimática. Este resultado amplía el marco conceptual de la investigación, sugiriendo que la presión ambiental sobre el agroecosistema es aún más multifacética de lo inicialmente planteado, donde la contaminación difusa podría estar coadyuvando al deterioro general de la salud vegetal, Tabla 5.

Por otro lado, los resultados de la caracterización edáfica demandan un replanteamiento de las estrategias de manejo. Cualquier intervención biológica, como la aplicación de biocontroladores, podría ver su eficacia severamente limitada si no se corrigen previamente estas condiciones desfavorables del suelo. Esto subraya un principio agronómico fundamental: la sanidad vegetal está intrínsecamente anclada a la salud del suelo, y su manejo debe ser necesariamente integral, priorizando enmiendas orgánicas y prácticas de corrección de pH para restaurar el equilibrio del sistema, Tabla 5.

Tabla 5. Caracterización físico-química de suelos por parcela en el Centro Experimental Pachachaca.

Parámetro (Unidad)	PP
Propiedades generales	
pH	8.01
Conductividad Eléctrica - CE (dS/m)	0.39
Carbonato de Calcio - CaCO ₃ (%)	2.41
Materia Orgánica - MO (%)	1.76
Nitrógeno - N (%)	0.14
Macronutrientes disponibles	
Fósforo - P (ppm)	6.4
Potasio - K (ppm)	151
Textura del suelo	
Arena (%)	47
Limo (%)	24
Arcilla (%)	29
Clasificación textural	Franco arcilloso arenoso
Cationes cambiabiles (meq/100g)	
Calcio (Ca ²⁺)	10.85
Magnesio (Mg ²⁺)	3.79
Potasio (K ⁺)	0.54
Sodio (Na ⁺)	0.03
Acidez intercambiable (Al ³⁺ + H ⁺)	0.00
Suma de Cationes	15.24
Micronutrientes (ppm)	
Boro (B)	0.82
Cobre (Cu)	3.10
Hierro (Fe)	56.90
Magnesio (Mg)	1.90
Zinc (Zn)	2.70
Metales pesados (ppm)	
Plomo (Pb)	34.63
Cadmio (Cd)	2.93
Cromo (Cr)	32.85

Nota: Leyenda: PP = Parcela paltos.

El perfil fisicoquímico del agua de riego revela una condición alcalina coherente con la del suelo, consolidando un escenario abiótico homogéneo y potencialmente estresante para el cultivo. Este paralelismo entre el pH del agua y el suelo sugiere

un efecto de retroalimentación positiva que mantiene y posiblemente intensifica el ambiente alcalino en la rizósfera. Tal condición no solo limita la disponibilidad de micronutrientes críticos, como el hierro y el zinc, cuya ausencia se confirma en el

análisis hídrico, sino que también puede alterar la eficacia de insumos agrícolas aplicados vía riego, incluyendo bioinoculantes, cuya estabilidad y actividad están frecuentemente moduladas por el Ph, Tabla 6.

Además, la baja concentración de nutrientes esenciales en el agua, junto con una presencia cuantificable aunque limitada de iones como sodio y bicarbonatos, refuerza la noción de que el aporte nutricional mediante el riego es marginal. Esto transfiere una presión adicional al sistema radical para la adquisición de recursos desde un suelo ya limitante, exacerbando el estrés metabólico de la planta. La calidad del agua, por lo tanto, no actúa como un factor mitigante de las deficiencias edáficas, sino como un elemento coadyuvante que consolida un ambiente rizosférico desfavorable para el desarrollo óptimo del cultivo y su microbiota asociada, Tabla 6.

Por otro lado, la detección de trazas de metales pesados, como plomo y cromo, en el agua de riego introduce una variable de perturbación adicional, aunque su significancia agronómica

directa requiera una evaluación toxicológica más profunda. Su presencia, incluso a bajos niveles, plantea la posibilidad de una acumulación gradual en el perfil del suelo o de efectos sinérgicos con otros estresores, pudiendo interferir con procesos fisiológicos sutiles. Este resultado amplía el marco de diagnóstico al considerar la calidad del agua no solo desde parámetros convencionales, sino también desde la potencial carga de contaminantes emergentes, Tabla 6.

Paralelamente, los resultados indican que el manejo del recurso hídrico debe integrarse de forma crítica a la estrategia fitosanitaria. La corrección de la calidad del agua, mediante técnicas de acidificación controlada o filtración, podría ser un prerequisite para mejorar la eficiencia de las enmiendas del suelo y de los agentes de control biológico. Ignorar este componente líquido del sistema abiótico condena a cualquier intervención agronómica a una eficacia subóptima, ya que el agua actúa como el vector principal de numerosos factores químicos en el entorno radical, Tabla 6.

Tabla 6. Caracterización físico-química de suelos por parcela en el Centro Experimental Pachachaca.

Parámetro (Unidad)	PP
Propiedades generales	
pH	8.05
Conductividad Eléctrica - CE (dS/m)	0.60
Cationes (meq/L)	
Calcio (Ca ²⁺)	3.66
Magnesio (Mg ²⁺)	2.17
Potasio (K ⁺)	0.03
Sodio (Na ⁺)	0.37
Suma de Cationes	6.23
Aniones (meq/L)	
Nitratos (NO ₃ ⁻)	0.16
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	4.36
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	1.17
Cloruros (Cl ⁻)	0.60
Índices de Calidad	
Sodio (%)	5.87
RAS	0.21
Clasificación USSL	C2-S1
Micronutrientes y Metales (ppm)	
Boro (B)	0.04
Cobre (Cu)	0.021
Zinc (Zn)	N.D.
Hierro (Fe)	N.D.
Plomo (Pb)	0.027
Cromo (Cr)	0.021

Nota: Los resultados del análisis de agua son generales para el centro experimental y se repiten para cada parcela. Leyenda: N.D. = No Detectado; PP = Parcela paltos.

Discusión

El resultado de *Lasiodiplodia theobromae* como agente dominante en todos los aislados coincide con lo reportado por Alama, Maldonado y Rodríguez Gálvez (2006) en Piura, quienes identificaron la misma especie como responsable de canchros y muerte regresiva. Sin embargo, la uniformidad encontrada en Pachachaca contrasta con estudios en España (16), donde se documentó

un complejo más diverso de *Botryosphaeriaceae*. Esta diferencia sugiere que las condiciones edáficas y climáticas locales actúan como filtros ambientales, favoreciendo la proliferación de un solo patógeno en lugar de un consorcio. La susceptibilidad particular de la variedad Fuerte podría explicar esta especificidad, lo que abre interrogantes sobre su resistencia comparativa frente a otras variedades como Hass.

Sin embargo, la elevada incidencia de plagas observada en Pachachaca, con hormigas cortadoras y caracoles como agentes principales, difiere de lo descrito por autores que destacaron el papel de ácaros *Oligonychus perseae* como plaga dominante en California (4). En la presente investigación, aunque los ácaros estuvieron presentes, su incidencia fue menor frente a otros herbívoros de mayor impacto mecánico. Esta divergencia puede atribuirse a diferencias en el manejo agroecológico y en la estructura trófica del agroecosistema, donde la ausencia de enemigos naturales efectivos permitió la proliferación de plagas de hábitos destructivos más amplios.

De manera similar, los resultados sobre la diversidad de plagas concuerdan con que la presión múltiple de insectos chupadores y masticadores genera un estrés acumulativo en los cultivos (7). En Pachachaca, la coexistencia de hemípteros, ortópteros y coleópteros confirma este patrón de daño multifacético. No obstante, la presencia significativa de moluscos como *Rabdotus* sp. Constituye una particularidad regional poco descrita en la literatura internacional, lo que sugiere que las condiciones de humedad propias de los valles interandinos favorecen la aparición de plagas atípicas en sistemas de palto.

En contraste, los parámetros edáficos identificados en Pachachaca, con pH alcalino y baja materia orgánica, se alinean con lo descrito sobre la

importancia del zinc y otros micronutrientes en la inmunidad vegetal (17). La deficiencia de estos elementos en el estudio explica la vulnerabilidad del cultivo frente a patógenos oportunistas. Sin embargo, mientras Balafrej y colegas destacan la capacidad de algunas especies para hiperacumular zinc como estrategia adaptativa, la variedad Fuerte mostró una marcada incapacidad para compensar estas limitaciones, lo que refuerza su susceptibilidad fisiológica.

Estos resultados también se relacionan con las etapas fenológicas del palto según la escala BBCH (1). La coincidencia de los síntomas más severos durante la fase de fructificación en Pachachaca sugiere que el estrés abiótico y biótico se intensifica en momentos críticos del ciclo fenológico. La sincronía entre la presión de plagas y la vulnerabilidad fisiológica del cultivo refuerza la necesidad de estrategias de manejo ajustadas a las fases de desarrollo, aspecto poco considerado en prácticas convencionales.

Adicionalmente, la identificación de *Lasiodiplodia theobromae* como patógeno clave coincide con lo reportado en Chile (18), quienes documentaron la aparición de *Neofusicoccum australe* bajo condiciones de estrés hídrico. Aunque las especies difieren, ambos estudios confirman la naturaleza oportunista de los *Botryosphaeriaceae*, cuya virulencia se incrementa en escenarios de debilitamiento fisiológico. La diferencia específica

de especies entre regiones refuerza la hipótesis de que los factores abióticos locales determinan la composición del complejo patogénico.

De manera similar, en Colombia (2), se describió la importancia creciente de *Lasiodiplodia* y *Colletotrichum* en viveros y plantaciones comerciales. Los resultados coinciden parcialmente, al confirmar la relevancia de *Lasiodiplodia*, pero difieren en la ausencia de *Colletotrichum gloeosporioides*. Esta diferencia puede deberse a condiciones microclimáticas específicas del valle Pachachaca, donde la humedad y temperatura favorecen un patógeno dominante en lugar de un consorcio. La comparación evidencia la necesidad de estudios regionales que reconozcan la singularidad de cada agroecosistema.

En contraste, los resultados sobre la eficacia limitada del control químico se alinean con las críticas sobre los riesgos ambientales y la generación de resistencias (14). En Pachachaca, la exclusión de árboles con aplicaciones recientes de plaguicidas permitió observar la magnitud del desequilibrio ecológico sin interferencias químicas. Este enfoque confirma que las estrategias basadas en insumos externos perpetúan la dependencia y no resuelven las causas raíz del deterioro fitosanitario.

Estos resultados también se relacionan con lo planteado acerca del potencial de *Pseudomonas spp.* Como agentes de biocontrol (19). Aunque el estudio no evaluó directamente bacterias

rizosféricas, la evidencia de suelos con microbiota debilitada sugiere que la incorporación de biocontroladores podría ser una alternativa viable. La comparación resalta la necesidad de integrar prácticas de manejo biológico que fortalezcan la resiliencia del cultivo frente a plagas y patógenos oportunistas.

Adicionalmente, se indicó con anterioridad el papel de hongos filamentosos como agentes de biocontrol (20). En Pachachaca, la identificación exclusiva de *Lasiodiplodia* abre la posibilidad de explorar antagonistas fúngicos específicos para esta especie. La ausencia de diversidad patogénica podría facilitar la implementación de estrategias dirigidas, aunque la eficacia dependerá de la capacidad de los biocontroladores para adaptarse a las condiciones edáficas locales. Este contraste evidencia la necesidad de investigación aplicada en contextos específicos.

De manera similar, se analizaron hongos endófitos con doble función como patógenos de insectos y simbiosiontes vegetales (21). La coexistencia de plagas y patógenos en Pachachaca sugiere que tales interacciones podrían estar presentes, aunque no fueron evaluadas directamente. La posibilidad de que ciertos hongos actúen simultáneamente como reguladores de plagas y como agentes de estrés vegetal plantea un escenario complejo que requiere estudios adicionales para comprender la dinámica multifuncional de estos organismos.

En contraste, otros autores destacaron la producción de fitotoxinas por *Botryosphaeriaceae* en cultivos de vid (22). Aunque el estudio no analizó metabolitos secundarios, la severidad de los síntomas en Pachachaca sugiere que mecanismos similares podrían estar operando en palto. La comparación invita a explorar la producción de toxinas como factor adicional en la patogenicidad de *Lasiodiplodia*, lo que enriquecería la comprensión de su impacto fisiológico en condiciones de estrés abiótico.

Adicionalmente, los resultados de Pachachaca confirman la hipótesis sobre la sinergia negativa entre factores abióticos y bióticos (8). La coincidencia de suelos alcalinos, agua de riego deficiente y presión múltiple de plagas configura un círculo vicioso difícil de romper con tácticas aisladas. La comparación con estudios internacionales refuerza la necesidad de un enfoque sistémico de manejo integrado, adaptado a las condiciones locales, que combine prácticas edáficas, biológicas y ecológicas para restaurar el equilibrio del agroecosistema.

CONCLUSIONES

La investigación realizada permitió comprender de manera integral la interacción entre factores bióticos y abióticos que condicionan la sanidad del cultivo de palto variedad Fuerte en el valle Pachachaca. El análisis evidenció que la vulnerabilidad del sistema productivo no responde

a un único agente causal, sino a la convergencia de múltiples presiones que debilitan progresivamente la capacidad defensiva de las plantas. Esta visión sistémica aporta un marco conceptual sólido para interpretar la complejidad fitosanitaria en agroecosistemas interandinos y ofrece bases para diseñar estrategias de manejo que trasciendan enfoques reduccionistas. La relevancia de estos resultados radica en su potencial para orientar prácticas agrícolas sostenibles y adaptadas a las condiciones locales.

En consecuencia, los resultados sugieren que la gestión fitosanitaria debe ser concebida como un proceso multidimensional, donde la corrección de limitantes edáficas y el fortalecimiento de la microbiota rizosférica son tan importantes como el control directo de plagas y patógenos. La evidencia obtenida indica que las prácticas convencionales basadas en insumos químicos no logran revertir el círculo vicioso de deterioro, sino que lo perpetúan. Por ello, se plantea la necesidad de integrar estrategias biológicas, edáficas y ecológicas que actúen de manera sinérgica, favoreciendo la resiliencia del cultivo y reduciendo la dependencia de soluciones externas.

Por lo anterior, la investigación reafirma la importancia de considerar la especificidad varietal en el diseño de programas de manejo. La variedad Fuerte mostró una susceptibilidad particular frente a condiciones de estrés, lo que sugiere

que las recomendaciones técnicas no pueden extrapolarse de manera indiscriminada desde otras variedades como Hass. Este resultado abre la posibilidad de desarrollar protocolos diferenciados que reconozcan las particularidades genéticas y fisiológicas de cada cultivar, contribuyendo a una gestión más precisa y eficiente de los sistemas productivos.

Estos resultados sugieren que el enfoque agroecológico constituye una alternativa viable para restaurar el equilibrio en plantaciones de palto sometidas a presiones múltiples. La incorporación de prácticas como el uso de bioinoculantes, la diversificación de cultivos y la mejora de la fertilidad orgánica del suelo puede generar beneficios acumulativos que reduzcan la incidencia de plagas y patógenos oportunistas. Más allá de su impacto inmediato, estas estrategias fortalecen la capacidad adaptativa del agroecosistema frente a escenarios de cambio climático y variabilidad ambiental.

De esta manera, el estudio aporta evidencia que respalda la necesidad de transitar hacia modelos de producción más sostenibles, donde la prevención y la resiliencia ocupen un lugar central. La comprensión de la interacción entre factores abióticos y bióticos permite anticipar escenarios de riesgo y diseñar intervenciones proactivas. Este enfoque no solo mejora la productividad y calidad del cultivo, sino que también contribuye

a la conservación de los recursos naturales y a la reducción de impactos negativos sobre el entorno.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

FINANCIAMIENTO. Este artículo es producto del I Concurso de proyectos de investigaciones en centros experimentales de la UNAMBA, financiados con Fondos de Canon, Sobrecanon y Regalías Mineras, organizado por el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

REFERENCIAS

1. Alcaraz M, Thorp T, Hormaza J. Phenological growth stages of avocado (*Persea americana*) according to the BBCH scale. *Sci Hortic.* 2013;164:434-9. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423813005104>
2. Molano P. Enfermedades del Aguacate. *Rev Politécnica.* 2007;3(4):51-70. <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/62>
3. Úrbez J. The status of Botryosphaeriaceae species infecting grapevines. *Phytopathol Mediterr.* 2011;50:S5-45. <https://www.jstor.org/stable/26458709>
4. Aponte O, McMurtry J. Damage on «Hass» avocado leaves, webbing and nesting behaviour of *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae). *Exp Appl Acarol.* 1997;21(5):265-72. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1018451022553>
5. Narrea M, Valle C, Quispe R, Bascones R, Vila EGC. Distribución poblacional de la arañita roja *Oligonychus* sp. (Acari: tetranychidae), sobre árboles del palto (*Persea americana* Miller) en Lima, Perú. *Plaas Enfermedades.* 2015;198-201. http://www.avocadosource.com/WAC8/Section_03/NarreaCangoM2015.pdf
6. Blackman R, Eastop V. Taxonomic issues. En: *Aphids as crop pests.* 2017. p. 1-36. (CABI Books). <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/abs/10.1079/9781780647098.0001>

7. Bruce T. Tackling the threat to food security caused by crop pests in the new millennium. *Food Secur.* 2010;2(2):133-41. <https://doi.org/10.1007/s12571-010-0061-8>
8. Barrow N, Hartemink A. The effects of pH on nutrient availability depend on both soils and plants. *Plant Soil.* 2023;487(1):21-37. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-05960-5>
9. Aftab T, Hakeem K, editores. *Plant Micronutrients: Deficiency and Toxicity Management*. Cham: Springer International Publishing; 2020. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-49856-6>
10. Alengebawy A, Jin K, Ran Y, Peng J, Zhang X, Ai P. Advanced pre-treatment of stripped biogas slurry by polyaluminum chloride coagulation and biochar adsorption coupled with ceramic membrane filtration. *Chemosphere.* 2021;267:129197. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653520333944>
11. Alama I, Maldonado E, Rodríguez Gálvez E. Lasiodiplodia theobromae afectando el Cultivo de Palto (*Persea americana*) en las condiciones de Piura-Perú. *Universalia.* 2006;11(2):4-13. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2924536>
12. Valencia A, Gil P, Latorre B, Rosales I. Characterization and Pathogenicity of Botryosphaeriaceae Species Obtained from Avocado Trees with Branch Canker and Dieback and from Avocado Fruit with Stem End Rot in Chile. *Plant Dis* [Internet]. mayo de 2019;103(5):996-1005. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/full/10.1094/PDIS-07-18-1131-RE>
13. Biju C, Jeevalatha A, Peeran M, Bhai R, Basima F, Nissar V, et al. Association of Lasiodiplodia theobromae with die-back and decline of nutmeg as revealed through phenotypic, pathogenicity and phylogenetic analyses. *3 Biotech.* 2021;11(9):422. <https://doi.org/10.1007/s13205-021-02961-y>
14. Colborn T, Carroll L. Pesticides, Sexual Development, Reproduction, and Fertility: Current Perspective and Future Direction. *Hum Ecol Risk Assess Int J.* 2007;13(5):1078-110. <https://doi.org/10.1080/10807030701506405>
15. Ben S, Ben S, Rached Z, Mahjoubi K, Namsi A. Integrated pest management strategies for *Oligonychus afrasiaticus* (Acari: Tetranychidae) in Tunisia. *Euro-Mediterr J Environ Integr.* 2025;10(6):5115-28. <https://doi.org/10.1007/s41207-025-00898-9>
16. Arjona I, Ruano D, López C. Identification, pathogenicity and distribution of the causal agents of dieback in avocado orchards in Spain. *Span J Agric.* 2019;17(1):e1003-e1003. <https://sjar.revistas.csic.es/index.php/sjar/article/view/13561>
17. Balafrej H, Bogusz D, Triqui Z, Guedira A, Bendaou N, Smouni A, et al. Zinc Hyperaccumulation in Plants: A Review. *Plant.* 2020;9(5). <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/5/562>
18. Auger J, Palma F, Pérez I, Esterio M. First Report of *Neofusicoccum australe* (*Botryosphaeria australis*), as a Branch Dieback Pathogen of Avocado Trees in Chile. *Plant Dis.* 2013;97(6):842-842. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PDIS-10-12-0980-PDN>
19. Alattas H, Glick B, Murphy D, Scott C. Harnessing *Pseudomonas* spp. for sustainable plant crop protection. *Front Microbiol.* 2024;15. <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2024.1485197/full>
20. Baron N, Rigobelo E, Zied D, Baron N, Rigobelo E, Zied D. Filamentous fungi in biological control: current status and future perspectives. *Chil J Agric Res.* 2019 ;79(2):307-15. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-58392019000200307&lng=es&nrm=iso&tlng=en
21. Barelli L, Moonjely S, Behie S, Bidochka M. Fungi with multifunctional lifestyles: endophytic insect pathogenic fungi. *Plant Mol Biol.* 2016;90(6):657-64. <https://doi.org/10.1007/s11103-015-0413-z>
22. Andolfi A, Mugnai L, Luque J, Surico G, Cimmino A, Evidente A. Phytotoxins Produced by Fungi Associated with Grapevine Trunk Diseases. *Toxins.* 2011;3(12):1569-605. <https://www.mdpi.com/2072-6651/3/12/1569>