

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

**Prospección de hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa
(*Medicago sativa*), Chaquihuaycco, Carmen Alto, 2860 msnm,
Ayacucho, 2024**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

Bach. Flayser CAMPOS GUILLEN

ASESOR:

Ing. Guillermo CARRASCO AQUINO

AYACUCHO - PERÚ

2025

Mi amor y gratitud se dirigen hacia mis padres; Juan Campos y Maruja Guillen, quienes han sido, son y serán el motor y motivo de mi existencia, y los principales partícipes en mi formación personal y profesional.

A mis hermanos Franklin y Jhonny, mi abuela Eugenia, mis tíos; Mario, Yuri, Ronald, Lidia, Doris y Marleni, por su gran apoyo y compañía en cada momento.

Con un afecto muy especial hacia Marisol Paola R.C. por el cariño, respaldo y motivación incondicional.

Y haciendo memoria a las personas que partieron de este mundo, y que marcaron una etapa muy bonita de mi vida, Mi abuela Fidela Gamboa y mi gran amigo Luis David Quinto Javier.

AGRADECIMIENTO

A la tricentenaria Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por haberme dado la oportunidad de poder estudiar en sus aulas, igualmente a la Facultad de Ciencias Agrarias.

De la misma forma a los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía, por impartir sus conocimientos teóricos y prácticos, y así podernos desenvolver en el ámbito laboral.

Al Ing. Guillermo Carrasco Aquino, por su valiosa asesoría en este trabajo de investigación, destacando siempre su ayuda, paciencia y tiempo brindado en la ejecución de esta tesis.

A mis padres, por su ayuda incondicional y principales gestores en la realización de este trabajo de tesis.

A los agricultores de la quebrada del margen izquierdo del río ChaquiHuaycco, por facilitar incondicionalmente sus parcelas de cultivo para realizar esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras.....	vii
Índice de anexos.....	ix
Resumen.....	x
Introducción	1
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes	3
1.1.1. A nivel internacional	3
1.1.2. A nivel nacional.....	3
1.2. Generalidades del cultivo de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>).....	4
1.2.1. La alfalfa	4
1.2.2. Taxonomía de la alfalfa.....	4
1.2.3. Descripción botánica.....	5
1.2.4. Requerimientos ambientales.....	5
1.3. Hongos fitopatógenos reportados en el cultivo de alfalfa	6
1.3.1. Damping-off o Caída de plántulas y pudrición de semillas	6
1.3.2. Viruela o peca de la alfalfa	7
1.3.3. Mancha de <i>Leptosphaerulina</i>	7
1.3.4. Podredumbre algodonosa o esclerotiniosis	8
1.3.5. Tizón foliar o mancha foliar de <i>Stemphylium</i>	8
1.3.6. Mildiu	9
1.3.7. Tallo negro de primavera.....	9
1.3.8. Tallo negro de verano	10
1.3.9. Roya.....	11
1.3.10. Roncha amarilla de la hoja.....	11
1.3.11. Cáncer de la raíz y corona	12
1.3.12. Antracnosis	12
1.3.13. Marchitez por <i>Verticillium</i>	13
1.3.14. Pudrición de la raíz por <i>Phytophthora</i>	14
1.3.15. Marchitez por <i>Fusarium</i>	14

CAPÍTULO II METODOLOGÍA	16
2.1. Ubicación de la investigación.....	16
2.1.1. Ubicación política	16
2.1.2. Ubicación geográfica (Zona 18L).....	16
2.2. Materiales y equipos.....	17
2.2.1. Materiales.....	17
2.2.2. Equipos.....	17
2.2.3. Insumos.....	17
2.3. Problemas específicos	18
2.4. Datos climatológicos	18
2.5. Fenología del cultivo	18
2.6. Variedades del cultivo de alfalfa	18
2.7. Instalación y conducción del estudio.....	19
2.7.1. Etapa I: Trabajo de campo.....	19
2.7.2. Etapa II: Trabajo en el laboratorio.....	23
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
3.1. Análisis de la presencia de hongos fitopatógenos en el cultivo de Alfalfa en las Parcelas de la quebrada Chaquihuaycco	26
3.2. Análisis de Indicadores de diversidad de hongos fitopatógenos presentes en el cultivo de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) en la zona de Chaquihuaycco, distrito de Carmen Alto, 2024	31
3.3. Descripción de signos, síntomas y taxonomía del patógeno	32
3.3.1. <i>Verticillium alfalfae</i>	32
3.3.2. <i>Phoma medicaginis</i>	34
3.3.3. <i>Cercospora medicaginis</i>	36
3.3.4. <i>Stemphylium botryosum</i>	38
3.3.5. <i>Pseudopeziza medicaginis</i>	40
3.3.6. <i>Erysiphe polygoni</i>	42
3.3.7. <i>Peronospora trifoliorum</i>	44
CONCLUSIONES	47
RECOMENDACIONES.....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXOS	51

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1. <i>Precipitaciones y temperaturas promedio mensuales registradas en la provincia de Huamanga (marzo-mayo,2024)</i>	18
Tabla 3.1. <i>Porcentaje de Incidencia de hongos fitopatógenos en Lucmapampa, Idolopampa y Yarqapata, que comprende la zona de Chaquihuaycco, en el mes de marzo del año 2024</i>	27
Tabla 3.2. <i>Porcentaje de Incidencia de hongos fitopatógenos en Lucmapampa, Idolopampa y Yarqapata, que comprende la zona de Chaquihuaycco, en el mes de abril del año 2024</i>	27
Tabla 3.3. <i>Porcentaje de Incidencia de hongos fitopatógenos en Lucmapampa, Idolopampa y Yarqapata, que comprende la zona de Chaquihuaycco, en el mes de mayo del año 2024</i>	28
Tabla 3.4. <i>Promedio del Porcentaje de Incidencia de hongos fitopatógenos en los tres meses de prospección (marzo, abril y mayo) del año 2024</i>	28
Tabla 3.5. <i>Indicadores de diversidad de hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa, Chaquihuaycco-2024</i>	31
Tabla 3.6. <i>Patógenos registrados en parcelas de alfalfa de la quebrada Chaquihuaycco</i>	32

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 2.1.	<i>Croquis de parcelas y muestreo para cada zona de evaluación</i>	17
Figura 2.2.	<i>Croquis para la recolección de muestras de plantas enfermas.....</i>	22
Figura 2.3.	<i>Hojas de alfalfa puestas en cámara húmeda.....</i>	24
Figura 2.4.	<i>Tallo de alfalfa puestas en cámara húmeda.....</i>	24
Figura 2.5.	<i>Raíces de alfalfa puestas en cámara húmeda.....</i>	25
Figura 3.1.	<i>Plantas de alfalfa observadas en campo con síntomas de Verticillium alfalfae.....</i>	33
Figura 3.2.	<i>Muestras de las raíces enviadas al laboratorio con síntomas de Verticillium alfalfae.....</i>	33
Figura 3.3.	<i>Verticillium alfalfae. A. Conidias. B. Conidióforos. Observadas al microscopio con un aumento de 1000× y 400×, respectivamente.....</i>	34
Figura 3.4.	<i>Plantas de alfalfa observada en campo con síntomas de Phoma medicaginis, que ocasiona el tallo negro de primavera.....</i>	35
Figura 3.5.	<i>Muestra de tallos con síntomas de Phoma medicaginis llevado al laboratorio.....</i>	35
Figura 3.6.	<i>Phoma medicaginis. A-C. Conidias (observadas a un aumento de 400×). B. Picnidios en la superficie del huésped. D. Conidioma observado en el microscopio con un aumento de 400×.....</i>	36
Figura 3.7.	<i>Plantas de alfalfa observada en campo con síntomas de Cercospora medicaginis que ocasiona el tallo negro de verano.....</i>	37
Figura 3.8.	<i>Muestras de tallos enviadas al laboratorio con síntomas de Cercospora medicaginis.....</i>	37
Figura 3.9.	<i>Conidios de Cercospora medicaginis observadas en el microscopio con un aumento de 1000×.....</i>	38
Figura 3.10.	<i>Plantas de alfalfa observada en campo, con síntomas de Stemphylium botryosum que ocasiona el Tizón foliar o Mancha foliar de Stemphylium.....</i>	39
Figura 3.11.	<i>Muestras de hojas enviadas al laboratorio con síntomas de Stemphylium botryosum.....</i>	39
Figura 3.12.	<i>Stemphylium botryosum. A. Conidióforos y conidios. B. Picnidio. Observadas al microscopio con un aumento de 400×.....</i>	40

Figura 3.13.	<i>Plantas de alfalfa observada en campo con síntomas de Pseudopeziza medicaginis, que ocasiona la viruela de la alfalfa</i>	41
Figura 3.14.	<i>Muestras de hojas enviadas al laboratorio con síntomas de Pseudopeziza medicaginis</i>	41
Figura 3.15.	<i>Pseudopeziza medicaginis. A. Pseudoapotecios. B. Asca conteniendo ascosporas en su interior. Observadas al microscopio con un aumento de 400×</i>	42
Figura 3.16.	<i>Plantas de alfalfa observada en campo con síntomas de Erysiphe polygoni que ocasiona el oídio de la alfalfa</i>	43
Figura 3.17.	<i>Muestras de hojas enviadas al laboratorio con síntomas de Erysiphe polygoni</i>	43
Figura 3.18.	<i>Erysiphe polygoni. A. micelios, conidióforos y conidias. B. Conidióforo. C-D. Conidias. Observados en el microscopio con un aumento de 40×(A) ,400× (B y C),1000× (D)</i>	44
Figura 3.19.	<i>Plantas de alfalfa observada en campo con síntomas de Peronospora trifoliorum que ocasiona el mildiu de la alfalfa</i>	45
Figura 3.20.	<i>Muestras de hojas enviadas al laboratorio con síntomas de Peronospora trifoliorum</i>	45
Figura 3.21.	<i>Peronospora trifoliorum. A. Esporangióforo. B. Esporangios. Observadas al microscopio con un aumento de 400×, respectivamente</i>	46

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Ubicación geográfica del distrito de Carmen Alto	52
Anexo 2. Reconocimiento de las zonas de muestreo y evaluación en google Earth. Chaquihuaycco	53
Anexo 3. Cálculos estadísticos: intervalos de confianza e indicadores de diversidad de hongos fitopatógenos en alfalfa	54
Anexo 4. Panel fotográfico	57

RESUMEN

En el margen izquierdo de la quebrada de Chaquihuaycco perteneciente al distrito de Carmen Alto (Ayacucho) se realizó el presente trabajo de investigación mediante la prospección de enfermedades producidas por hongos, asociados al cultivo de alfalfa. Se muestrearon tres campos de cultivo, en zonas distintas (Lucmapampa, Idoluchayoq, Yarqapata) cada treinta días, en los meses de marzo (época húmeda), abril (semi húmeda) y mayo (época seca). Se recolectaron órganos de plantas de alfalfa afectadas con varias sintomatologías para su análisis microbiológico en laboratorio. Las muestras se procesaron observando directamente los síntomas y signos. Se empleó cámara húmeda para inducir la producción de esporas sexuales y asexuales. La formación de estructuras en las lesiones permitió identificar el patógeno. Se analizó la prevalencia de cada enfermedad en las parcelas de cultivo de la zona de Lucmapampa, Idolochayoq y Yarqapata. Dando como resultado la identificación de siete hongos fitopatógenos en el diagnóstico, afectando raíces (*Verticillium alfalfae*), tallos (*Phoma medicaginis*, *Cercospora medicaginis*) y hojas de la alfalfa (*Pseudopeziza medicaginis*, *Stemphylium botryosum*, *Erysiphe polygoni*, *Peronospora trifoliorum*).

Palabras clave: alfalfa, prospección, patógenos de raíz, tallo y hojas.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa o Medicago sativa es una leguminosa forrajera de gran difusión en las zonas de los valles interandinos del Perú que sirve como alimento de alta calidad para el ganado vacuno y animales menores. Su gran valor nutricional y la considerable producción por hectárea le dan a este cultivo un papel importante en la seguridad alimentaria y la economía rural (Sulca, 2015).

En los últimos años, el uso de la alfalfa como forraje verde se ha vuelto cada vez más importante. Sin embargo, cuenta con limitaciones fitosanitarias serias en su producción. La aparición de enfermedades que son producidas por hongos, han ocasionado pérdidas considerables en etapa de calidad y rendimiento, resultando en el encarecimiento de la producción y la disminución de la competitividad.

Ante esta situación, es necesario realizar una prospección fitopatológica que permita identificar y diagnosticar los hongos fitopatógenos de los cultivos de alfalfa. Este diagnóstico sirve para comprender el daño que realmente hacen y desarrollar estrategias de manejo integrado para mejorar la sanidad del cultivo. De todas formas, los productores locales tienen dificultades para identificar y reaccionar en el momento oportuno, por falta de conocimiento de sus signos visibles, su etiología y asistencia técnica

La falta de estudios específicos a nivel local sobre la diversidad de hongos fitopatógenos que afectan a la alfalfa, limita la implementación de medidas preventivas y de control eficaces. Por ello, la presente investigación tiene como finalidad realizar una prospección de hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa en la quebrada de Chaquihuaycco, distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, con el objetivo de caracterizar los síntomas visibles en el campo, aislar e identificar los agentes causales, y estimar la incidencia de las enfermedades. De este modo, se propone generar información que permita el manejo sanitario del cultivo, que fortalezca la capacidad de respuesta de

los productores locales, y que contribuya al desarrollo de estrategias agronómicas sustentables adaptadas a las condiciones agroecológicas de la región.

En respuesta a esta situación, se llevó a cabo la presente investigación con los siguientes objetivos.

Objetivo general

Evaluar la presencia y diversidad de hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) en parcelas de la quebrada Chaquihuaycco, 2860msnm, Ayacucho, 2024.

Objetivos específicos

1. Caracterizar los síntomas asociados a enfermedades fitopatógenas en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) en parcelas de la quebrada Chaquihuaycco, 2860msnm, Ayacucho, 2024.
2. Diagnosticar las enfermedades presentes en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) e identificar los hongos fitopatógenos responsables, en parcelas de la quebrada Chaquihuaycco, 2860msnm, Ayacucho, 2024.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. A nivel internacional

En los últimos años, diversos estudios han abordado la presencia de hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa en distintos países. Barbetti y Omidvari (2023) investigaron enfermedades fúngicas en alfalfa en sistemas agrícolas de clima templado, identificando patógenos como *Erysiphe polygoni*, *Verticillium alfalfae* y *Pseudopeziza medicaginis*, asociados a condiciones de alta humedad. Asimismo, Omidvari et al. (2023) realizaron un análisis de la interacción entre hongos foliares y factores agronómicos, concluyendo que prácticas de riego y la densidad de siembra influyen en la severidad de enfermedades causadas por *Stemphylium botryosum* y *Peronospora trifoliorum*. De igual forma, Li et al. (2023) estudiaron la dinámica de infecciones fúngicas en leguminosas forrajeras y resaltaron la importancia de diagnósticos locales para un manejo efectivo de enfermedades en alfalfa.

1.1.2. A nivel nacional

En el contexto peruano, los estudios sobre enfermedades en alfalfa son aún escasos. Sin embargo, Bustamante y Rivero (2015) realizaron una prospección en cultivos forrajeros en regiones como Arequipa y Cusco, donde reportaron la presencia de hongos del género *Fusarium* y *Alternaria*, asociados a marchitez y manchas foliares en condiciones de alta humedad y suelos poco drenados. Estos hallazgos permitieron alertar sobre la necesidad de monitorear enfermedades en forrajeras, aunque no se enfocaron exclusivamente en alfalfa. Por su parte, Mendoza, Quispe y López (2020) evaluaron enfermedades fúngicas en cultivos andinos en Ayacucho, y si bien no abordaron específicamente la alfalfa, su estudio destacó la carencia de investigaciones micológicas en esta región.

1.2. Generalidades del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*)

1.2.1. La alfalfa

Cancio (2016) menciona que “la alfalfa es uno de los cultivos forrajeros más utilizados debido a que produce grandes cantidades de materia seca de alta calidad” (p.5).

Alarcón et al. (2008) señalan que la alfalfa, una planta leguminosa, destaca por sus valiosas cualidades nutricionales y su eficacia en la producción de rumiantes. Originaria de la región montañosa del Transcaucasia y el noroeste de Irán (Asia Menor), la alfalfa se emplea ampliamente como alimento para el ganado lechero en zonas de clima templado y semiárido, así como para cabras y ovejas. Además, menciona que esta planta perenne ofrece una producción constante a lo largo del año, oscilando entre dieciocho y veinticuatro toneladas de materia seca por hectárea anualmente. Sus tallos son erguidos, largos y jugosos, mientras que sus hojas, que son ovaladas y alargadas, pueden representar hasta un 63% de la biomasa total. Además, sus raíces, que son gruesas y pivotantes, pueden alcanzar hasta cinco metros de profundidad, lo que le confiere una notable resistencia a la sequía.

La alfalfa presenta una calidad nutricional excepcional, con contenidos de proteína que varían del 19 al 23%, una digestibilidad entre el 70 y el 75%, un bajo contenido en fibra (13-18%) y una alta palatabilidad para los rumiantes (Alarcón et al., 2008).

1.2.2. Taxonomía de la alfalfa

Florez (2015) menciona que la clasificación taxonómica de la alfalfa es:

Reino	: Vegetal
División	: Magnoliophita
Clase	: Magnoliopsida
Subclase	: Rosidae
Orden	: Fabales
Familia	: Leguminosae
Subfamilia	: Papilionoideae
Tribu	: Trifolieae
Género	: <i>Medicago</i>
Especie	: <i>Medicago sativa</i>

1.2.3. Descripción botánica

Chariguaman (2014) menciona que la alfalfa es una planta herbácea y perenne que crece hasta alcanzar los 50 a 90 centímetros de altura. Su ciclo de vida oscila entre los cinco y siete años. Posee una robusta raíz principal que puede llegar a medir hasta cinco metros de longitud, con numerosas raíces secundarias. Emerge del suelo una corona de la que brotan tallos erectos de 60 a 90 centímetros de altura, pudiendo haber de 5 a 25 o más tallos por planta. Las hojas son trifoliadas, aunque las primeras son unifoliadas, con bordes lisos y ligeramente dentados. Las flores tienen tonos azules o púrpuras y se agrupan en racimos que nacen en las axilas de las hojas. Los frutos son vainas retorcidas, con uno a cinco espirales, cada una conteniendo de dos a seis semillas amarillentas, en forma de riñón y de 1,5 a 2,5 milímetros de longitud.

1.2.4. Requerimientos ambientales

a) Suelo

Chariguaman (2014) menciona que la alfalfa prospera mejor en suelos profundos, bien drenados y de textura ligera, como los arenosos o arcillosos. La consistencia uniforme del suelo en todo el perfil permitirá una retención adecuada de la humedad, lo que favorecerá un crecimiento saludable de las plantas a lo largo del tiempo y un secado homogéneo antes de la cosecha. Por el contrario, los suelos poco profundos, de menos de 60 cm, no son los más indicados para el cultivo de alfalfa.

b) Agua

Castro (2011) menciona que la alfalfa es un cultivo que se destaca por su tolerancia a la sequía. Claro está, la cantidad de agua requerida para su adecuado desarrollo depende de diversos factores climáticos, como la temperatura, la humedad y el viento, así como también de las características del suelo. Generalmente, se estima que, para producir un kilogramo de materia seca de alfalfa, se necesitan entre 700 y 800 litros de agua. Si bien la escasez de agua limita la producción de alfalfa, esta planta no deja de crecer por completo. Por otro lado, también menciona que la alfalfa es muy susceptible a un exceso de riego, sobre todo durante su fase de crecimiento activo. Incluso en invierno, la alfalfa puede soportar condiciones de encharcamiento.

c) Radiación, fotoperiodo y temperatura

Chariguaman (2014) menciona que la energía del sol es un elemento clave para la

generación de semillas, pues influye en el proceso de ahijamiento y florecimiento de las plantas.

Santamaria (2021) menciona que existen diferentes tipos de alfalfa, cada uno con su propia capacidad de adaptación a distintas condiciones climáticas y de temperatura. Por ejemplo, las variedades de la serranía se desarrollan bien a altitudes de 3000 a 4400 metros, pero requieren de riego regular. Otras, en cambio, pueden tolerar temperaturas de hasta 10°C bajo cero. No obstante, si buscamos obtener un buen forraje, conviene seleccionar aquellas variedades que se acomoden a una temperatura media, es decir, alrededor de los 15°C. Para lograr el máximo rendimiento, las variedades ideales son las que crecen a temperaturas entre 18° y 28°C, siempre y cuando otros factores como la humedad y los fertilizantes no se conviertan en elementos limitantes.

1.3. Hongos fitopatógenos reportados en el cultivo de alfalfa

Alarcón et al. (2008) menciona que los hongos representan el grupo de organismos más peligrosos para la alfalfa. Pueden infiltrarse en la planta anfitriona a través de la capa externa o por aberturas naturales, penetrando en el sistema vascular y causando el marchitamiento de la misma. Además, los hongos pueden desarrollarse en la superficie de las plantas. También, las infecciones fúngicas abarcan una variedad de problemas en las plantas, como la descomposición de las semillas, el marchitamiento de las plántulas, la formación de bultos, las manchas en las hojas, el ennegrecimiento de los tallos, el decaimiento de los vasos conductores, y la pudrición de tallos y raíces. Ciertos tipos de hongos pueden ser responsables de múltiples enfermedades.

1.3.1. *Damping-off o Caída de plántulas y pudrición de semillas*

Agentes causales: *Pythium spp*, *Fusarium sp*, *Rhizoctonia solani*.

Galdames (1994) menciona que esta enfermedad es un problema a nivel mundial que afecta a gran variedad de plantas, desde hortalizas, hasta árboles. Lo más característico es la muerte de las plantas, tanto antes como después de la germinación, lo que disminuye significativamente su población.

Además, menciona que las plantas que logran emerger suelen presentar síntomas como necrosis y estrangulamiento, lo que eventualmente las hace colapsar y morir. Estos patógenos también pueden provocar la pudrición de las semillas y las raíces, reduciendo

así el número de plantas y perjudicando su vigor y crecimiento. Estos organismos dañinos se encuentran ampliamente distribuidos en el suelo, sobreviviendo a partir de los residuos de los cultivos, la descomposición de la materia orgánica o parasitando a otros huéspedes.

1.3.2. Viruela o peca de la alfalfa

Agente causal: *Pseudopeziza medicaginis*

Galdames (1994) menciona que la alfalfa puede sufrir de esta enfermedad, la cual afecta sus hojas, reduciendo su vigor, calidad y rendimiento. Se caracteriza por pequeñas manchas circulares de color marrón a negro, que varían de 1 a 3 mm, las cuales aparecen en las hojas, pecíolos y tallos, acompañadas de un cuerpo frutal que produce esporas. Esta enfermedad se desarrolla mejor en condiciones de alta humedad, siendo más visible en la base de las hojas cuando hay mucho follaje. Además, menciona que las variedades que crecen más vigorosamente en invierno suelen tener un mayor nivel de infección. Las esporas, transportadas por el viento, son la principal forma de propagación, ya que el hongo se encuentra en los restos vegetales y en otras plantas.

No se observaron diferencias evidentes en resistencia a enfermedades entre las variedades evaluadas en la región. Además, los tratamientos con productos químicos pueden ser una opción, aunque su viabilidad económica aún no está clara (Galdames, 1994).

1.3.3. Mancha de *Leptosphaerulina*

Agente causal: *Leptosphaerulina briosiana*

Galdames (1994) menciona que esta enfermedad se presenta a lo largo de la temporada de crecimiento, especialmente en verano y en zonas con follaje denso. Afortunadamente, su incidencia suele ser baja; sin embargo, en casos de infestación severa, la enfermedad puede afectar negativamente el rendimiento y provocar un aumento en el contenido hormonal de las hojas.

Además, menciona que la enfermedad se concentra principalmente en las hojas jóvenes, manifestándose a través de manchas de diferentes formas y tamaños, estas lesiones presentan un centro de color marrón claro, bordes más oscuros y están rodeadas por áreas cloróticas.

Hasta el momento, no se han desarrollado variedades resistentes a esta enfermedad, por lo que el control se basa fundamentalmente en una rápida extirpación de las partes afectadas (Galdames, 1994).

1.3.4. Podredumbre algodonosa o esclerotiniosis

Agente Causal: *Sclerotinia trifoliorum*

Galdames (1994) menciona que algunas plantas forrajeras se ven afectadas por esta enfermedad que prospera en condiciones de alta humedad y temperaturas entre 13 y 18 °C, siendo común en el sur del país, especialmente en suelos mal drenados. La enfermedad se manifiesta con la aparición de manchas o parches dispersos en toda la plantación de alfalfa.

Además, menciona que esta patología puede ser muy perjudicial, y los síntomas típicos incluyen el marchitamiento de tallos y hojas, así como la putrefacción blanda en la base, también es frecuente observar hilos blancos y algodonosos, junto con pequeñas estructuras negras e irregulares, que son los esclerocios y cuerpos de resistencia del hongo, el patógeno se disemina a través de los esclerocios, que son transportados por el agua de riego, semillas o heno contaminados, y por las labores de cultivo. Estos esclerocios pueden persistir en el suelo o en los restos de los cultivos.

Las estrategias de control incluyen el uso de semillas limpias, la rotación de cultivos y el laboreo profundo. Aunque se ha reportado cierta variabilidad en la resistencia de algunos cultivares, esta no es lo suficientemente alta como para constituir una medida de control efectiva (Galdames, 1994).

1.3.5. Tizón foliar o mancha foliar de *Stemphylium*

Agente causal: *Stemphylium botryosum*

El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España (2020) menciona que el hongo *Stemphylium botryosum*, conocido también por su forma sexual *Pleospora tarda* E.G. Simmons, es un ascomiceto del orden Pleosporales.

Este patógeno foliar suele manifestarse, tras períodos húmedos y frescos en verano y otoño, mostrando manchas o lesiones foliares necróticas de hasta 10 mm de diámetro y contorno irregular, generalmente elípticas u ovaladas, con un característico

tono pardo-negruzco rodeado de un halo amarillento (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España, 2020).

En etapas avanzadas, es posible observar en el interior de las lesiones masas de células formadoras de conidios (esporas asexuales) , y bajo condiciones favorables, también pueden aparecer estructuras de reproducción sexual, como peritecas con ascosporas , y en casos de infección severa, estas lesiones pueden cubrir gran parte de la superficie foliar, provocando el amarillamiento y la caída de una considerable porción de la biomasa foliar (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España, 2020).

1.3.6. *Mildiu*

Agente causal: *Peronospora trifoliorum*

Galdames (1994) señala que la enfermedad se extiende predominantemente en ambientes húmedos y frescos, siendo más común durante las estaciones de primavera y otoño, cuando las condiciones climáticas son favorables para su desarrollo. Los síntomas de la enfermedad se manifiestan principalmente en las hojas superiores y en las hojas nuevas, que presentan un notable tono amarillento, lo que indica el deterioro de la planta. Estas hojas afectadas exhiben estructuras fúngicas algodonosas, de color gris y textura aterciopelada, visibles en ambas caras, lo que es indicativo de la presencia del hongo. La dispersión del hongo ocurre a través de esporangios que son transportados por el viento y las salpicaduras de lluvia, facilitando así su propagación a nuevas áreas.

El hongo sobrevive en la planta en forma de hifas, que se encuentran dentro de la corona de la planta, permitiéndole mantenerse latente hasta que las condiciones sean propicias para su activación. Para el control de la enfermedad, una medida efectiva es la poda temprana de las partes afectadas, que ayuda a reducir la carga de inóculo. No obstante, Galdames (1994) destaca que el uso de variedades resistentes es la acción más eficaz para contener la enfermedad y minimizar su impacto en los cultivos.

1.3.7. *Tallo negro de primavera*

Agente causal: *Phoma medicaginis*

Según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España (2020), *Phoma medicaginis* es un hongo ascomiceto que pertenece al orden Pleosporales y se considera un complejo de especies con un amplio rango de plantas hospederas,

incluyendo leguminosas forrajeras como la alfalfa. Este hongo se clasifica en varias variedades, entre ellas *P. medicaginis* var. *macrospora* y *P. medicaginis* var. *Pinodella*, esta última es más virulenta y mejor adaptada a climas frescos que la especie principal, *Phoma medicaginis* tiene la capacidad de infectar todos los órganos de la planta, desde las raíces hasta las semillas.

Los síntomas más comunes incluyen pequeñas manchas cloróticas de forma irregular en tonos pardos o pardo-negruzcos, que aparecen principalmente en tallos, hojas basales y pecíolos. Estas manchas pueden fusionarse y formar grandes áreas necróticas. A medida que la enfermedad progresa, las hojas en la base del tallo y los pecíolos pueden volverse de un color oscuro. En casos severos, la planta puede secarse por completo, incluidas las raíces. Además, el hongo puede propagarse a través de las semillas, lo que puede provocar una disminución de la tasa de germinación y la muerte de muchas plántulas bajo condiciones favorables. Esto resalta la importancia de implementar un manejo adecuado de los cultivos para prevenir la introducción y propagación de *Phoma medicaginis* en las áreas afectadas (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España, 2020).

1.3.8. Tallo negro de verano

Agente causal: *Cercospora medicaginis*.

Alarcón et al. (2008) mencionan que esta enfermedad está relacionada con otras afectaciones de la planta, lo que complica la determinación del alcance del daño. Si se retrasa la cosecha, la enfermedad se propaga rápidamente, disminuyendo tanto la calidad como la producción del forraje. El síntoma más notorio es la caída progresiva de las hojas, comenzando desde la parte inferior de la planta y ascendiendo hacia arriba. En las etapas iniciales de la infección, se desarrollan manchas en las hojas, seguidas de lesiones en el tallo. Estas manchas foliares presentan un color café con bordes irregulares, y con el tiempo se tornan de un tono café plateado durante la producción de conidios. Las manchas miden entre dos y cinco mm de diámetro y son visibles en ambos lados de la hoja, rodeadas por un borde amarillo difuso. Los tallos infectados muestran lesiones alargadas de color café rojizo o café oscuro, que pueden fusionarse y decolorar los tallos a medida que la enfermedad avanza.

Además, Alarcón et al. (2008) destacan que el hongo sobrevive durante el invierno

en forma de micelio en los tallos infectados, sin producir esporas ni infectar el tejido hasta que la humedad relativa alcanza casi el 100 % y la temperatura se sitúa entre 24 y 28 °C. La infección comienza en las hojas inferiores y luego se extiende a los brotes que superan los diez cm de altura.

1.3.9. *Roya*

Agente causal: *Uromyces striatus*

Galdames (1994) menciona que esta enfermedad se esparce por todo el globo, aunque solo se manifiesta en climas cálidos. Esto puede provocar la caída prematura de las hojas y una disminución significativa en la calidad y productividad de las plantas afectadas.

Este hongo se caracteriza por la formación de pequeñas pústulas rojas en las hojas, pecíolos o tallos, lo que puede comprometer la salud de la planta. Aunque la enfermedad puede ser devastadora para cultivos extensivos, raramente ocurre en nuestra zona, lo que sugiere que factores ambientales locales podrían ofrecer cierta protección (Galdames, 1994).

La propagación del hongo se lleva a cabo mediante esporas, específicamente uredosporas y teleutosporas, que son transportadas por el viento y a través de la comercialización de heno contaminado. Esta vía de transmisión destaca la importancia de implementar prácticas de manejo agrícola adecuadas para minimizar el riesgo de infestaciones en áreas vulnerables (Galdames, 1994).

1.3.10. *Roncha amarilla de la hoja*

Agente causal: *Leptotrochila medicaginis*

Alarcón et al. (2008) mencionan que esta enfermedad es común en todas las regiones templadas del mundo y puede causar hasta un 40% de defoliación durante la etapa de corte y hasta un 80% durante el desarrollo de la semilla.

Los síntomas incluyen manchas más numerosas en las hojas que en los pecíolos y tallos, comenzando como pequeños puntos amarillos en la parte superior de las hojas (Alarcón et al., 2008).

A medida que la enfermedad progresa, las manchas pueden extenderse hacia el borde de la hoja o tener forma semicircular. Con el tiempo, se forman agujeros de 100-200 μm de ancho y más de 100 μm de profundidad en la epidermis, donde se desarrollan esporas blancas (Alarcón et al., 2008).

1.3.11. Cáncer de la raíz y corona

Agente causal: *Rhizoctonia solani*

Alarcón et al. (2008) mencionan que este patógeno puede causar varios problemas en las plantas, incluyendo la muerte de plántulas por daños en el cuello, cáncer radicular, pudrición de la corona y yemas, así como quemaduras en hojas y tallos. Señalan que los mayores daños suelen ocurrir en periodos de alta temperatura y humedad en el suelo.

Además, este hongo a menudo se presenta junto a *Fusarium spp.* y *Phoma medicaginis*. El cáncer radicular, por ejemplo, ocurre cuando los hongos atacan las raíces y la zona donde emergen las raíces laterales, presentándose una coloración marrón amarillenta o, a veces, oscura en el borde de la lesión. La pudrición de la corona y las yemas aparece como lesiones marrones en brotes jóvenes y en la parte subterránea de la planta. Conforme progresa la enfermedad, las yemas y brotes mueren y se hunden, y aparecen manchas de color blanco a marrón en la base del tallo. En plantas más viejas, es posible observar hifas fúngicas marrones creciendo sobre las lesiones.

Alarcón et al. (2008) también mencionan que no se han identificado variedades completamente resistentes a este patógeno; sin embargo, algunos genotipos parecen mostrar mayor tolerancia, probablemente debido a sistemas de raíces fuertes y abundantes. Entre las medidas recomendadas, se sugiere podar las plantas afectadas para reducir los daños.

1.3.12. Antracnosis

Agente causal: *Colletotrichum trifolii*

Alarcón et al. (2008) mencionan que en las plantas resistentes al patógeno se observan manchas negras irregulares en los tallos. En cambio, en las plantas susceptibles aparecen lesiones grandes, cóncavas, ovaladas o en forma de diamante, de color pajizo con bordes marrones, en las cuales pueden visualizarse estructuras negras fructíferas en las áreas decoloradas. Las lesiones en estas plantas susceptibles tienden a fusionarse y

pueden ser fatales para algunos tallos, que adquieren una forma curvada. Una característica notable en estas plantas es la pudrición de la punta, que toma un color verde-negro; si el color es pardusco, podría tratarse de infecciones secundarias por *Fusarium* o *Rhizoctonia*. Otro síntoma común es el ennegrecimiento de los pecíolos en hojas muertas.

Alarcón et al. (2008) también señalan que el hongo tiende a ubicarse en los troncos y coronas de la alfalfa. Durante las temporadas cálidas y húmedas, se propaga rápidamente, favorecido por las gotas de lluvia que dispersan las esporas. Las masas de esporas presentes en los tallos dañados durante la temporada de crecimiento son la principal fuente de inóculo secundario. Además, las esporas pueden ser transportadas a nuevas plantaciones a través de semillas contaminadas y herramientas agrícolas.

Para el control de esta enfermedad, Alarcón et al. (2008) recomiendan el uso de variedades resistentes a enfermedades.

1.3.13. Marchitez por *Verticillium*

Agente causal: *Verticillium alfalfae*

Alarcón et al. (2008) mencionan que *Verticillium alfalfae*, un hongo ascomiceto del orden Hypocreales, es el agente responsable de la verticilosis vascular en la alfalfa. En el pasado, esta enfermedad se atribuía a *Verticillium albo-atrum*, una especie similar que, junto con *Verticillium dahliae*, *V. alfalfae* y *V. nonalfalfae*, forma un grupo de especies patógenas difíciles de diferenciar morfológicamente, a menos que se utilicen técnicas de identificación molecular o se considere el rango de huéspedes.

Además, mencionan que este hongo afecta exclusivamente al cultivo de alfalfa y, al igual que otras especies del grupo, es un habitante típico del suelo. Produce esporas asexuales en células alargadas dispuestas en verticilos y genera estructuras de resistencia a partir de hifas, en lugar de los microesclerocios que caracterizan al género.

Alarcón et al. (2008) también describen que los primeros síntomas de la verticilosis suelen aparecer en plantas aisladas y distribuidas de manera aleatoria en el campo. En etapas más avanzadas, las plantas infectadas pueden distribuirse homogéneamente a lo largo del cultivo. En ocasiones, la infección afecta a la planta completa, provocando síntomas de decaimiento y sequedad en los tejidos aéreos, los

cuales pueden confundirse con los causados por la bacteria *Clavibacter michiganensis*, un organismo de cuarentena no presente en el país. A menudo, estos síntomas se observan solo en algunos tallos de una misma planta.

Al realizar un corte transversal en la base del tallo o en el cuello de la raíz (que suele no presentar síntomas externos), es posible observar necrosis vasculares anulares en el centro de la sección, con coloraciones que varían del pardo rojizo al amarillento. En ciertas condiciones de alta humedad y temperaturas suaves, se puede ver un crecimiento de micelio blanquecino en la base de los tallos de las plantas infectadas, donde se produce activamente la generación de conidios.

1.3.14. Pudrición de la raíz por *Phytophthora*

Agente causal: *Phytophthora megasperma*

Alarcón et al. (2008) mencionan que esta enfermedad en la alfalfa aparece en diversas regiones donde se cultiva este forraje, especialmente en áreas con riego por gravedad o lluvias abundantes, junto a suelos arcillosos y mal drenados. Las plantas afectadas muestran signos de marchitamiento, y sus hojas, especialmente las inferiores, desarrollan tonalidades amarillentas o marrón rojizo antes de caerse. Las lesiones foliares tienen bordes difusos y presentan colores que varían del tostado al marrón. En las raíces, las lesiones son irregulares y de color marrón rojizo en las primeras etapas a un amarillo en etapas avanzadas; finalmente, el tejido infectado se oscurece hasta volverse casi negro.

La pudrición es más común cuando el suelo retiene agua durante más de 24 horas. Según Alarcón et al. (2008), el hongo responsable se encuentra en el tejido infectado, tanto en forma de esporas como de hifas, y prospera a temperaturas entre 24 y 27 °C. Durante el riego, las esporas se diseminan desde las raíces de las plantas enfermas, facilitando la propagación de la infección.

1.3.15. Marchitez por *Fusarium*

Agente causal: *Fusarium oxysporum*

Alarcón et al. (2008) señalan que la marchitez causada por *Fusarium oxysporum*, aunque no se considera una enfermedad grave, puede afectar a otros cultivos importantes como el trigo, la cebada y el maíz, ya que la alfalfa puede albergar cepas del hongo *Fusarium*.

Los primeros síntomas de la enfermedad incluyen el marchitamiento de los brotes, con hojas que pueden marchitarse durante el día y recuperar su turgencia por la noche. Con el avance de la infección, las hojas y los tallos adquieren un tono blanquecino y rojizo hasta que, eventualmente, la planta muere. En el interior de la raíz principal, se observa una franja de color marrón rojizo, junto con un anillo visible en la sección transversal de la raíz. En etapas avanzadas, esta decoloración puede extenderse al anillo exterior o a todo el cilindro central de la raíz.

Para diferenciar esta enfermedad del marchitamiento bacteriano, Alarcón et al. (2008) explican que el tono marrón rojizo característico de las raíces infectadas por *Fusarium* es más intenso y no afecta a la corteza, mientras que el marchitamiento bacteriano presenta un color marrón o marrón claro. Asimismo, en el caso de la marchitez causada por *Verticillium*, las raíces presentan una coloración marrón sin tonalidades rojizas.

En cuanto al control de la marchitez por *Fusarium*, Alarcón et al. (2008) recomiendan el uso de variedades resistentes como Atlisco, Moapa e INIA-76. Los agentes infecciosos pueden permanecer en el suelo durante períodos prolongados, ya que estos microorganismos dañinos tienen la capacidad de subsistir en la tierra por varios años consecutivos.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación de la investigación

La investigación se llevó a cabo en la quebrada de ChaquiHuaycco, ubicada en el distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, a una altitud aproximada de 2,860 msnm. Esta zona se caracteriza por ser productora de alfalfa (*Medicago sativa*) y forma parte de la región altoandina del Perú.

2.1.1. Ubicación política

Distrito : Carmen Alto

Provincia : Huamanga

Departamento: Ayacucho

2.1.2. Ubicación geográfica (zona 18L)

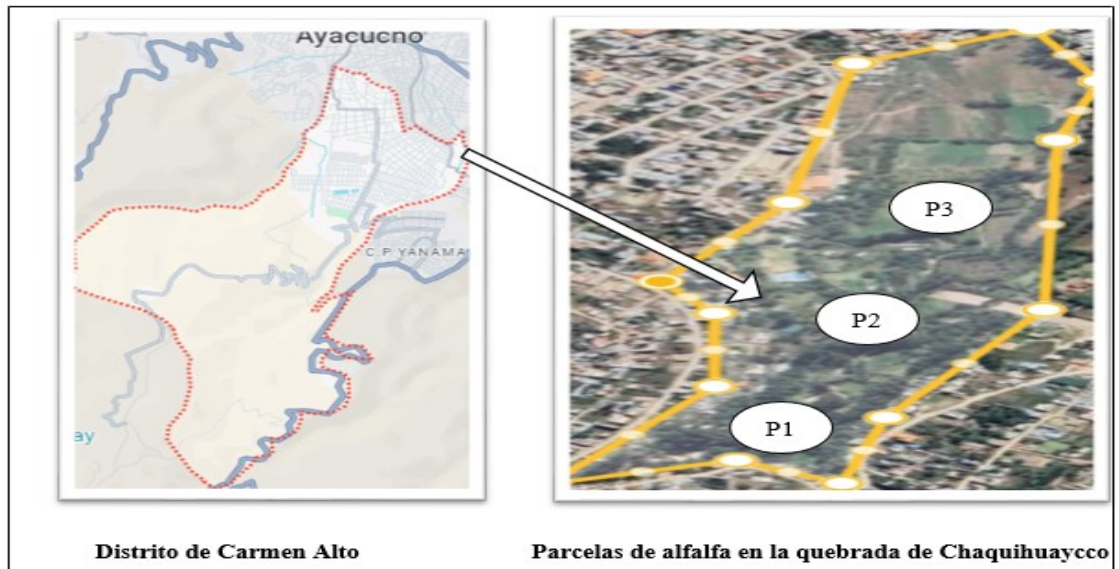
Altitud : 2 850 msnm

Latitud : 13°11'17"S

Longitud : 74°12'42"W

Figura 2.1

Croquis de parcelas y muestreo para cada zona de evaluación



Fuente: Fotografía propia (2024).

2.2. Materiales y equipos

2.2.1. Materiales

- Papel toalla
- Cúter y bisturí
- Marcador indeleble
- Bolsas plásticas y marco de 20x40cm
- Porta y cubre objetos
- Cuaderno de campo
- Placa Petri
- Mechero de alcohol
- Tapers hermético
- Pipeta
- Pinzas

2.2.2. Equipos

- Microscopio compuesto
- Estereoscopio
- GPS

2.2.3. Insumos

- Alcohol de 70°
- Hipoclorito de sodio al 4%
- Aceite de inmersión
- Agua estéril

2.3. Problemas específicos

- ¿Cómo se manifiestan los síntomas de los casos patológicos en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) en parcelas de la quebrada Chaquihuaycco, 2860msnm, Ayacucho, 2024?
- ¿Cuáles son los patógenos asociados a la sintomatología de enfermedades en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) en parcelas de la quebrada Chaquihuaycco, 2860msnm, Ayacucho, 2024?

2.4. Datos climatológicos

Durante el período de investigación, que comprendió los meses de marzo, abril y mayo, se realizó la recolección de muestras bajo condiciones climáticas variables propias de la región. Según datos del SENAMHI (2024), las precipitaciones promedio registradas fueron de 94 mm/mes en marzo (húmedo), 33 mm/mes en abril (semi-húmedo) y 9 mm/mes en mayo (seco). Asimismo, las temperaturas medias oscilaron entre 23.0 °C de máxima y 10.3 °C de mínima en marzo; 23.8 °C y 9.7 °C en abril; y 23.9 °C y 8.2 °C en mayo, respectivamente.

Tabla 2.1

Precipitaciones y temperaturas promedio mensuales registradas en la provincia de Huamanga (marzo-mayo, 2024)

Mes	Precipitación (mm/mes)	Clasificación	T° max (°C)	T° min (°C)
Marzo	94	Húmedo	23	10.3
Abril	33	Semi-húmedo	23.8	9.7
Mayo	9	Seco	23.9	8.2

Fuente: SENAMHI (2024)

2.5. Fenología del cultivo

Para el desarrollo del presente estudio, se tuvo en cuenta el ciclo fenológico del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*). Las observaciones en campo se realizaron antes de cada corte, cuando la mayoría de las plantas se encontraban en la etapa inicial de formación del botón floral.

2.6. Variedades del cultivo de alfalfa

En las parcelas evaluadas, ubicadas en la quebrada de Chaquihuaycco, se cultiva

exclusivamente la variedad de alfalfa Moapa 69. Esta variedad ha sido seleccionada por su buena adaptación a las condiciones agroclimáticas locales, especialmente en altitudes comprendidas entre los 2,000 y 3,500 msnm., y su tolerancia a suelos con un pH entre 6.5 y 7.5. Se trata de una planta vigorosa, con rápido crecimiento y buena capacidad de rebrote después del corte.

2.7. Instalación y conducción del estudio

2.7.1. Etapa I: Trabajo de campo

a) Ubicación de las parcelas de muestreo del cultivo de alfalfa

Esta evaluación se realizó en la quebrada de Chaquihuaycco, donde se seleccionaron tres campos de cultivo de alfalfa, ubicados en distintas zonas: uno en Lucmapampa, uno en Idolopampa y uno en Yarqapata.

	Lucmapampa	Idolopampa	Yarqapata
Coordenadas	13° 11' 21" S	13° 11' 16" S	13° 11' 13" S
	74° 12' 42" W	74° 12' 42" W	74° 12' 42" W

b) Metodología de muestreo para obtener el porcentaje de incidencia de enfermedades en el cultivo

Para la evaluación de la incidencia de enfermedades en el cultivo de alfalfa, se delimitaron unidades de muestreo de 40 m² (10 m de largo × 4 m de ancho). Dentro de cada unidad de muestreo, se establecieron cuatro hileras transversales imaginarias distribuidas de forma equidistante, siguiendo la metodología propuesta por el Ministerio de Agricultura de Chile (2005).

El recorrido de muestreo se realizó en patrón de zigzag, tomando como unidad de muestreo un marco de 20 cm × 40 cm, conforme al procedimiento descrito por Odorizzi et al. (2017). En cada hilera imaginaria se tomaron dos muestras, completando un total de ocho muestras por parcela. Este enfoque permitió obtener datos representativos sobre la incidencia de enfermedades, observando la presencia de síntomas visibles en hojas, tallos o raíces de las plantas dentro del área evaluada.

Se hizo un registro exhaustivo de las plantas de alfalfa, distinguiendo entre aquellas que presentaban síntomas de enfermedad y las que se encontraban en buen estado.

La muestra fresca se dividió visualmente en dos grupos: plantas con síntomas y sin síntomas. Esto permitió calcular el porcentaje de incidencia (I) de la enfermedad. La incidencia se obtuvo dividiendo la cantidad de plantas con síntomas por el total de plantas en la muestra, y luego multiplicando por 100.

$$I = \frac{\text{Plantas con síntomas}}{\text{Total de plantas en la muestra}} \times 100$$

c) Cálculo del intervalo de confianza para el promedio de incidencia de hongos fitopatógeno

Para estimar el valor real del índice de incidencia de los hongos fitopatógenos identificados en el cultivo de alfalfa, se aplicó el método del intervalo de confianza al 95 %, el cual permite determinar un rango dentro del cual se encuentra el valor poblacional.

El cálculo se realizó a partir de los valores mensuales de incidencia, obtenidos durante las evaluaciones de campo. Se utilizó la siguiente fórmula para determinar el intervalo:

$$IC = \bar{x} \pm t_{\alpha/2, n-1} \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$

Donde:

\bar{X} = Promedio de incidencia (%)

S = Desviación estándar de la muestra

n = Número de datos (meses evaluados)

$t_{\alpha/2, n-1}$ = Valor crítico de t de Student para un 95 % de confianza y n-1 grados de libertad

IC = Intervalo de confianza

\pm = (-) para hallar los límites inferiores y (+) los límites superiores.

El procesamiento estadístico se realizó utilizando Microsoft Excel, esta metodología permitió estimar para cada especie de hongo el promedio de incidencia con su respectivo intervalo de confianza, garantizando mayor precisión y respaldo estadístico en la interpretación de los resultados.

d) Cálculo de Indicadores de diversidad de hongos fitopatógenos presentes en el cultivo de alfalfa (Medicago sativa).

Para evaluar la diversidad de hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa, se utilizaron indicadores de diversidad, que permiten describir la estructura de la comunidad según la información recolectada en campo. Se tomaron en cuenta los valores promedio de los porcentajes de incidencia de cada especie (fitopatógenos), durante los meses de marzo, abril y mayo de 2024.

Se utilizaron los siguientes índices:

- **Riqueza específica (S):** Representa el número total de especies diferentes de hongos fitopatógenos identificados.

- **Índice de Shannon-Wiener (H')**: Se calculó con la fórmula:

$$H' = - \sum (p_i \cdot \ln(p_i))$$

- **Índice de Simpson (1 - D):** Se aplicó la fórmula:

$$D = \sum p_i^2 ; 1 - D$$

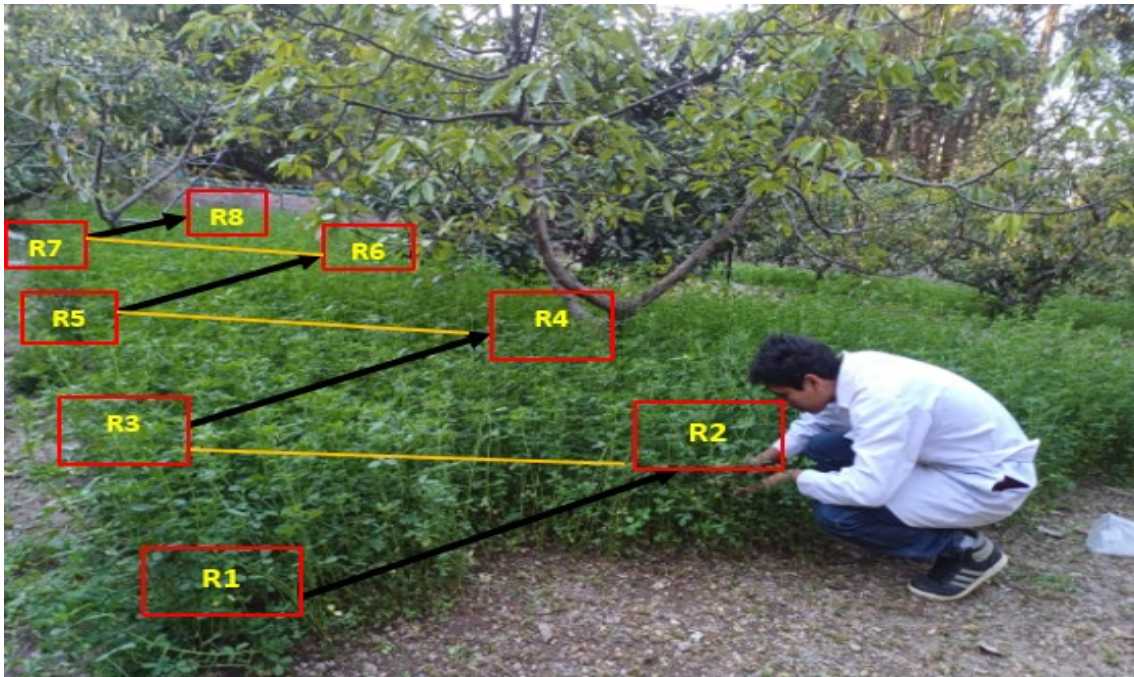
- **Equitatividad de Pielou (J')**: Estima la uniformidad en la distribución de las especies, mediante la fórmula:

$$J' = \frac{H'}{\ln(S)}$$

El procesamiento de estos cálculos se realizó mediante funciones de Excel, a partir de los datos obtenidos durante la prospección.

Figura 2.2

Croquis para la recolección de muestras de plantas enfermas



Fuente: Fotografía propia (2024).

e) Descripción de los síntomas

La evaluación de los síntomas se llevó a cabo en el mismo sitio donde se realizó el estudio. Para ello, se observaron detenidamente las plantas de alfalfa que mostraban signos de diversas enfermedades fúngicas, las cuales afectaban diferentes partes como tallos, hojas y raíces. Estos hallazgos fueron anotados en un cuaderno de campo y respaldados con fotografías.

f) Selección y recolección de muestras sintomáticas para análisis fitopatológico en laboratorio

La recolección de muestras se realizó mediante un muestreo dirigido, seleccionando ejemplares que presentaban síntomas visibles de enfermedades fúngicas distribuidas a lo largo del terreno. Se recolectaron órganos específicos de las plantas (hojas, tallos y raíces) con sintomatología evidente.

Cada muestra fue extraída cuidadosamente con una cuchilla previamente desinfectada en una solución de hipoclorito de sodio al 2%. Posteriormente, se envolvieron en papel periódico y se colocaron en bolsas plásticas selladas herméticamente, para su adecuado traslado al laboratorio de Fitopatología de la

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, donde se realizó el análisis correspondiente.

2.7.2. Etapa II: Trabajo en el laboratorio

Esta etapa se llevó a cabo en el laboratorio de Fitopatología, de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

a) Preparación de cámara húmeda

Las muestras fueron colocadas en una cámara húmeda, la cual fue preparada en un recipiente de plástico previamente desinfectado con una solución de hipoclorito de sodio al 2%.

En la base de la cámara húmeda se coloca papel toalla y se le humedece con agua destilada, y sobre él, se ubican las muestras sobre una placa de Petri, con el fin de crear un ambiente favorable para el rápido desarrollo de las estructuras de propagación del posible patógeno responsable de la enfermedad. Las muestras permanecen en la cámara húmeda un aproximado de seis a nueve días, hasta realizar el trabajo de identificación del agente causal de las respectivas enfermedades.

Hojas: En el laboratorio de Fitopatología, se llevó a cabo una selección cuidadosa de las muestras de hojas de alfalfa, basándose en los síntomas que presentaban cada una. Estas muestras fueron colocadas en una cámara húmeda, que es un recipiente de plástico hermético y desinfectado. En la base del recipiente, se colocó un papel toalla humedecido con agua destilada, y sobre este, se ubicaron placas Petri. Finalmente, las hojas de alfalfa con diferentes síntomas de enfermedades se depositaron sobre las placas Petri. Este proceso se realizó con el objetivo de crear un ambiente favorable para la esporulación de los patógenos. Las muestras permanecieron en la cámara húmeda durante seis a ocho días, lo que permitió la identificación del agente causal de las enfermedades.

Figura 2.3

Hojas de alfalfa puestas en cámara húmeda



Fuente: Fotografía propia (2024).

Tallo: Tras examinar los síntomas presentados en las muestras de los tallos de alfalfa, se preparó una cámara húmeda utilizando papel toalla húmedo en la base de un recipiente. Sobre este, se colocaron las placas Petri que contenían las muestras de tallos seleccionadas. Estas muestras se mantuvieron selladas durante nueve días para permitir la identificación del patógeno.

Figura 2.4

Tallo de alfalfa puestas en cámara húmeda



Fuente: Fotografía propia (2024).

Raíz: El método de la cámara húmeda era parecido al utilizado con las hojas y

tallos de la alfalfa, pero con la diferencia de que el organismo dañino que afectaba a las raíces era únicamente *Verticillium alfalfae*. Por lo tanto, ya no fue necesario seleccionar las muestras. Estas muestras se mantuvieron durante ocho días en la cámara, donde se pudieron observar las estructuras de propagación del patógeno.

Figura 2.5

Raíces de alfalfa puestas en cámara húmeda



Fuente: Fotografía propia (2024).

b) Reconocimiento de estructuras

El reconocimiento de los patógenos causantes de enfermedades se realizó mediante observación microscópica, utilizando un estereoscopio y un microscopio óptico. Para ello, se tomó una pequeña porción del tejido vegetal afectado con ayuda de pinzas y un bisturí estéril, la cual se colocó en un portaobjetos. Posteriormente, se añadió una gota de agua destilada, se cubrió con un cubreobjetos procurando evitar la formación de burbujas de aire, y se procedió a la observación al microscopio.

Durante el análisis microscópico, se observaron las estructuras morfológicas de los hongos fitopatógenos, como hifas, conidios, conidióforos, esporangios y otras estructuras reproductivas. Se evaluó su forma, tamaño, tipo de ramificación y disposición, lo que permitió identificar los patógenos. Este procedimiento se desarrolló conforme a los criterios taxonómicos y metodológicos propuestos por Agrios (2005), en el campo de la patología vegetal, y por Barnett y Hunter (1998), quienes proporcionan claves ilustradas para la identificación de hongos imperfectos.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de la presencia de hongos fitopatógenos en el cultivo de Alfalfa en las Parcelas de la quebrada Chaquihuaycco

Basándose en los registros descriptivos y fotográficos de los síntomas producidos por diversos hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa, se procedió a agrupar los diferentes casos patológicos para realizar un análisis organizado. Teniendo en cuenta la zona de producción, la diversidad de síntomas y tres meses del año (marzo, abril, mayo), se evaluaron las partes afectadas de la planta, incluyendo la parte aérea (hojas y tallos) y las raíces. El diagnóstico se realizó mediante el examen macroscópico y microscópico de muestras frescas, con el fin de identificar los agentes causales fúngicos.

Tabla 3.1

Porcentaje de Incidencia de hongos fitopatógenos en Lucmapampa, Idolopampa y Yarqapata, que comprende la zona de Chaquihuaycco, en el mes de marzo del año 2024

Hongo fitopatógeno	Enfermedad	Lucmapampa	Idolopampa	Yarqapata	Promedio	Intervalo de Confianza al 95%	
		(%)	(%)	(%)	(%)	Límite inferior (%)	Límite superior (%)
<i>Phoma medicaginis</i>	Tallo negro de primavera	68	65	70	68,0%	61,41	73,92
<i>Cercospora medicaginis</i>	Tallo negro de verano	59	55	63	59,0%	49,06	68,94
<i>Stemphylium botryosum</i>	Tizón foliar o Mancha foliar de <i>Stemphylium</i>	100	98	100	99,0%	96,46	100,00
<i>Pseudopeziza medicaginis</i>	Viruela o peca de la alfalfa	94	93	93	93,0%	91,90	94,77
<i>Peronospora trifoliorum</i>	Mildiu	9	3	3	5,0%	0,00	13,61
<i>Verticillium alfalfae</i>	Marchitez por <i>Verticillium</i>	3	3	7	4,0%	0,00	10,07
<i>Erysiphe polygoni</i>	Oidio de la alfalfa	0	0	0	0,0%	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia (2024)

Tabla 3.2

Porcentaje de Incidencia de hongos fitopatógenos en Lucmapampa, Idolopampa y Yarqapata, que comprende la zona de Chaquihuaycco, en el mes de abril del año 2024

Hongo fitopatógeno	Enfermedad	Lucmapampa	Idolopampa	Yarqapata	Promedio	Intervalo de Confianza al 95%	
		(%)	(%)	(%)	(%)	Límite inferior (%)	Límite superior (%)
<i>Phoma medicaginis</i>	Tallo negro de primavera	59	63	63	61,6%	55,93	67,40
<i>Cercospora medicaginis</i>	Tallo negro de verano	53	45	50	49,3%	39,29	59,37
<i>Stemphylium botryosum</i>	Tizón foliar o mancha foliar <i>Stemphylium</i>	91	90	97	92,6%	83,26	100,00
<i>Pseudopeziza medicaginis</i>	Viruela o peca de la alfalfa	74	88	87	82,6%	63,60	100,00
<i>Peronospora trifoliorum</i>	Mildiu	3	3	0	2,0%	0,00	6,30
<i>Verticillium alfalfae</i>	Marchitez por <i>Verticillium</i>	0	0	3	1,1%	0,00	5,30
<i>Erysiphe polygoni</i>	Oidio de la alfalfa	3	0	3	2,0%	0,00	6,30

Fuente: Elaboración propia (2024)

Tabla 3.3

Porcentaje de Incidencia de hongos fitopatógenos en Lucmapampa, Idolopampa y Yarqapata, que comprende la zona de Chaquihuaycco, en el mes de mayo del año 2024

Hongo fitopatógeno	Enfermedad	Lucmapampa	Idolopampa	Yarqapata	Promedio	Intervalo de Confianza al 95%	
		(%)	(%)	(%)	(%)	Límite inferior (%)	Límite superior (%)
<i>Phoma medicaginis</i>	Tallo negro de primavera	50	55	47	50,6%	40,63	60,71
<i>Cercospora medicaginis</i>	Tallo negro de verano	38	35	37	36,6%	32,87	40,46
<i>Stemphylium botryosum</i>	Tizón foliar o Mancha foliar de Stemphylium	82	78	87	82,2%	71,13	93,54
<i>Pseudopeziza medicaginis</i>	Viruela o peca de la alfalfa	62	70	80	70,6%	48,26	93,07
<i>Peronospora trifoliorum</i>	Mildiu	3	0	0	1,0%	0,00	5,30
<i>Verticillium alfalfae</i>	Marchitez por Verticillium	0	0	0	0,0%	0,00	0,00
<i>Erysiphe polygoni</i>	Oidio de la alfalfa	6	3	7	5,3%	0,16	10,50

Fuente: Elaboración propia (2024)

Tabla 3.4

Promedio del Porcentaje de Incidencia de hongos fitopatógenos en los tres meses de prospección (marzo, abril y mayo) del año 2024

Hongo fitopatógeno	Enfermedad	Marzo (%)	Abril (%)	Mayo (%)	Promedio	Intervalo de Confianza al 95%	
					(%)	Límite inferior (%)	Límite superior (%)
<i>Phoma medicaginis</i>	Tallo negro de primavera	68	62	51	60,3%	38,91	81,75
<i>Cercospora medicaginis</i>	Tallo negro de verano	59	49	37	48,3%	20,97	75,70
<i>Stemphylium botryosum</i>	Tizón foliar o Mancha foliar de Stemphylium	99	93	82	91,3%	69,91	100,00
<i>Pseudopeziza medicaginis</i>	Viruela o peca de la alfalfa	93	83	71	82,3%	54,97	100,00
<i>Peronospora trifoliorum</i>	Mildiu	5	2	1	2,7%	0,00	7,84
<i>Verticillium alfalfae</i>	Marchitez por Verticillium	4	1	0	1,7%	0,00	6,84
<i>Erysiphe polygoni</i>	Oidio de la alfalfa	0	2	5	2,3%	0,00	8,59

Fuente: Elaboración propia (2024)

En la tabla 3.1, 3.2 y 3.3 se observa que en las tres parcelas muestreadas de la quebrada de Chaquihuaycco durante el mes de marzo, abril y mayo, el hongo *Stemphylium botryosum*, causante de la mancha foliar, que afecta la parte foliar de la planta, es el patógeno de mayor promedio de incidencia en los mencionados meses, con un 99%, 93% y 82% respectivamente, se aprecia que la incidencia por dicha enfermedad va decreciendo a causa de la baja humedad producto de la disminución de las precipitaciones en los meses de época seca. Entonces se puede afirmar lo mencionado por Alarcón et al. (2008), que el desarrollo de la enfermedad se ve favorecido por condiciones cálidas y húmedas, como las que se presentan a finales del verano y principios de otoño.

En cuanto, el segundo patógeno de mayor incidencia es el hongo *Pseudopeziza medicaginis*, causante de la viruela de la alfalfa, que afecta la parte foliar de la planta. Con un promedio de incidencia de 93%, 83% y 71% en los meses de marzo, abril y mayo, respectivamente. Se aprecia que la incidencia por dicha enfermedad va decreciendo a causa de la baja humedad producto de la disminución de las precipitaciones en los meses de época seca. Afirmando lo mencionado por France (s.f.) que la enfermedad de la viruela se presenta comúnmente en regiones donde se cultiva la alfalfa, en las épocas de elevada humedad relativa y temperatura. Siendo la afección foliar más habitual que se puede observar.

El tercer patógeno de mayor incidencia es el hongo *Phoma medicaginis*, causante la enfermedad del tallo negro de primavera, con un promedio de incidencia de 68%, 62% y 51% en los meses de marzo, abril y mayo, respectivamente. Se aprecia que la incidencia por dicha enfermedad va descendiendo mes a mes, a causa de la baja humedad producto de la disminución de las precipitaciones en los meses de época seca. Mostrando resultados que afirman lo mencionado por France (s.f.), que la presencia de este hongo parece ser más notoria en la región centro-sur, ya que las condiciones climáticas de esta zona, con precipitaciones y humedad adecuadas, permiten que el desarrollo de este microorganismo sea más favorable.

El cuarto patógeno de mayor incidencia es el hongo *Cercospora medicaginis* causante de la enfermedad del tallo negro de verano, con un promedio de incidencia de 59%, 49% y 37%, en los meses de marzo, abril y mayo, respectivamente. Se aprecia que la incidencia por dicha enfermedad va descendiendo mes a mes, a causa de la baja

humedad producto de la disminución de las precipitaciones en los meses de época seca. Afirmando lo mencionado por Hijano y Navarro (1995) que la enfermedad se presenta con más severidad en áreas de veranos húmedos y calurosos.

El quinto patógeno registrado, es el hongo *Peronospora trifoliorum* causante de la enfermedad del mildiu de la alfalfa, con un promedio de incidencia de 5%, 2% y 1%, en los meses de marzo, abril y mayo, respectivamente. Se aprecia que la incidencia por dicha enfermedad va descendiendo mes a mes, a causa de la baja humedad producto de la disminución de las precipitaciones en los meses de época seca. Mostrando resultados que afirman lo mencionado por France (s.f.), que la aparición de este hongo se hace más evidente cuando las condiciones climáticas presentan suficientes lluvias y humedad, lo cual favorece el crecimiento de este microorganismo.

El sexto patógeno registrado, es el hongo *Verticillium alfalfae* causante de la enfermedad de marchitez por *Verticillium*, que afecta la parte radicular de la planta. Con un promedio de incidencia de 4% y 1%, en los meses de marzo y abril, respectivamente. Siendo nula su presencia en el mes de mayo. Esta enfermedad fue de poca presencia en las parcelas de cultivo de alfalfa, se aprecia que la incidencia por dicha enfermedad va decreciendo a causa de la baja humedad producto de la disminución de las precipitaciones en los meses de época seca. Mostrando resultados que afirman lo mencionado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España (2020) que los síntomas se presentan durante las estaciones cálidas y húmedas.

El séptimo patógeno registrado es el hongo *Erysiphe polygoni* causante de la enfermedad de oidio de la alfalfa, con un promedio de incidencia de 2% y 5%, en los meses de abril y mayo, respectivamente. Esta enfermedad fue de muy poca presencia en las parcelas de cultivo de alfalfa y siendo nula su presencia en el mes de marzo. Se aprecia que la incidencia por dicha enfermedad, va en ascenso, a causa de la baja humedad producto de la disminución de las precipitaciones en los meses de época seca. Afirmando lo mencionado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España (2020) que las circunstancias ideales para que la enfermedad prospere se presentan en áreas agrícolas con temperaturas moderadas y niveles bajos de humedad, donde las noches frescas favorecen la formación y el desarrollo del micelio.

En la tabla 3.4. Se muestra que, durante los tres meses de prospección, los hongos *Stemphylium botryosum*, *Pseudopeziza medicaginis*, *Phoma medicaginis*, *Cercospora medicaginis*, tienen elevados porcentajes de incidencia, con 91.3%,82.3%,60.3% y 48.3%, respectivamente. En tanto *Peronospora trifoliorum*, *Erysiphe polygoni* y *Verticillium alfalfae*, tienen los valores más bajos con 2,6%,2.3% y 1.7%, respectivamente.

3.2. Análisis de Indicadores de diversidad de hongos fitopatógenos presentes en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) en la zona de Chaquihuaycco, distrito de Carmen Alto, 2024

Con el fin de analizar la estructura de la comunidad de hongos fitopatógenos asociada al cultivo de alfalfa en la zona de Chaquihuaycco, se calcularon indicadores ecológicos clásicos de diversidad: la riqueza específica (S), el índice de Shannon-Wiener (H'), el índice de Simpson (1 – D) y la equitatividad de Pielou (J').

Los cálculos se realizaron en base a los promedios mensuales de incidencia de cada hongo identificado en campo. En la Tabla 3.5 se presentan los valores obtenidos.

Tabla 3.5

Indicadores de diversidad de hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa, Chaquihuaycco-2024

Indicador	Valor obtenido
Riqueza específica (S)	7
Índice de Shannon-Wiener (H')	1.46
Índice de Simpson (1 – D)	0.75
Equitatividad de Pielou (J')	0.75

Fuente: Elaboración propia (2024)

Los resultados obtenidos evidencian una comunidad fúngica con diversidad moderada, representada por siete especies fitopatógenas que afectan distintas partes de la planta de alfalfa. El índice de Shannon-Wiener (H' = 1.46) indica que la comunidad presenta cierto equilibrio, aunque con predominancia relativa de algunas especies como *Stemphylium botryosum* y *Pseudopeziza medicaginis*.

Asimismo, el índice de Simpson (1 – D = 0.75) revela una dominancia intermedia, es decir, no existe una especie que monopolice la comunidad. La equitatividad de Pielou

($J' = 0.75$) complementa esta interpretación, sugiriendo que la mayoría de especies tienen una representación proporcionalmente equilibrada, aunque no perfectamente uniforme.

3.3. Descripción de signos, síntomas y taxonomía del patógeno

Basándonos en los objetivos planteados relacionados con la sintomatología asociada a los casos patológicos en el cultivo de alfalfa, y el diagnóstico de los patógenos relacionados con las enfermedades observadas en este cultivo, procederemos a describir los síntomas de cada una de las enfermedades encontradas, junto con sus respectivos diagnósticos. Para ello, la tabla 3.5, Muestra los diferentes patógenos identificados en las parcelas de la quebrada de Chaquihuaycco.

Tabla 3.6

Patógenos registrados en parcelas de alfalfa de la quebrada Chaquihuaycco

Hongo de raíz	Enfermedad
<i>Verticillium alfalfae</i>	Marchitez por <i>Verticillium</i>
Hongo de tallo	Enfermedad
<i>Phoma medicaginis</i>	Tallo negro de primavera
<i>Cercospora medicaginis</i>	Tallo negro de verano
Hongo de hojas	Enfermedad
<i>Stemphylium botryosum</i>	Tizón foliar o Mancha foliar de <i>Stemphylium</i>
<i>Pseudopeziza medicaginis</i>	Viruela o peca de la alfalfa
<i>Erysiphe polygoni</i>	Oidio de la alfalfa
<i>Peronospora trifoliorum</i>	Mildiu de la alfalfa

3.3.1. *Verticillium alfalfae*

Durante la exploración de las parcelas, se encontraron algunas plantas individuales que mostraban signos de marchitez vertical, repartidas de forma irregular dentro del campo. Las plantas a menudo muestran un deterioro y amarillamiento progresivo en sus hojas y tallos, que después de días se secan de una coloración marrón amarillamiento, llegando a extenderse a toda la planta en algunos casos.

En la mayoría de las plantas los síntomas solo se prestaron en algunos tallos. Al realizar un corte transversal y longitudinal de la raíz se observa la presencia de necrosis vasculares anulares en la parte más central, con una tonalidad pardo-rojizo. En ocasiones

se puede apreciar un micelio blanquecino desarrollándose en el cuello de la raíz, donde hay una producción activa de conidios.

En parcelas recién instaladas la presencia de esta enfermedad fue casi nula, a comparación de parcelas de mayor edad del cultivo, en donde se encontraron la mayoría de los casos.

Figura 3.1

Plantas de alfalfa observadas en campo con síntomas de Verticillium alfalfae



Fuente: Fotografía propia (2024).

Figura 3.2

Muestras de las raíces enviadas al laboratorio con síntomas de Verticillium alfalfae

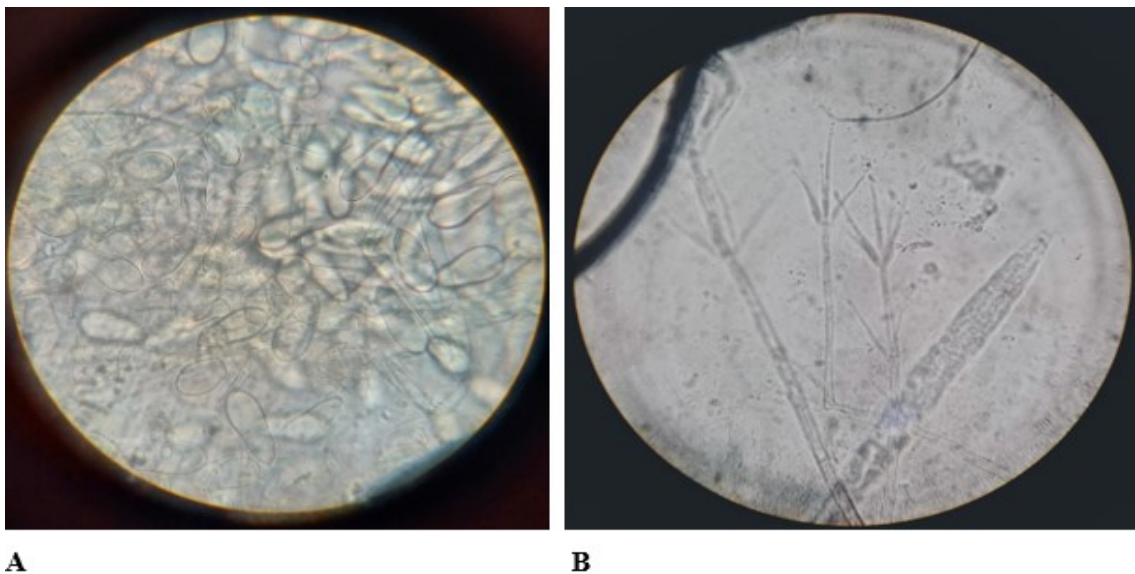


Fuente: Fotografía propia (2024).

En el diagnóstico de la enfermedad, las colonias son blanquecinas, los conidióforos son translúcidos, raras veces tienen un extremo de color marrón. Dentro de ellos, existen pequeñas divisiones horizontales o inclinadas, y en la parte superior cuentan con células que producen grupos de conidios, cada grupo tiene de uno a cinco conidios. Los conidios son translúcidos, sin tabiques, pero en raras ocasiones presentan uno. Se le incluye en la Clase Sordariomycetes y el Orden Hypocreales.

Figura 3.3

Verticillium alfalfae. **A.** Conidias. **B.** Conidióforos. Observadas al microscopio con un aumento de 1000× y 400×, respectivamente



Fuente: Fotografía propia (2024).

3.3.2. *Phoma medicaginis*

La sintomatología observada durante la prospección muestra que los primeros síntomas se dan con la aparición de pequeñas e irregulares pústulas alargadas de color café oscuro en el tallo, peciolo y en las hojas inferiores. Y que después, de acuerdo al aumento del grado de severidad, la enfermedad toma una coloración negra al momento de fusionarse, formando grandes áreas necróticas.

Las hojas afectadas suelen presentar amarillamiento generalizado, y la planta muestra un alto grado de defoliación, especialmente en las hojas basales. Asimismo, las lesiones en pecíolos y tallos adquieren un aspecto negruzco a medida que avanza la enfermedad. En algunos casos, la planta entera se seca, pudiendo observarse también daños en la corona radicular.

En el diagnóstico de la enfermedad, se observó que a los 8 días se formaron estructuras de reproducción (picnidios) en el tallo, las cuales eran de forma casi esférica, con una abertura en el centro y de color café oscuro. Las conidias eran mayormente unicelulares y transparentes, algunas con un único tabique, además de clamidosporas de color café claro a oscuro, esféricas o irregulares, ubicadas al final o entre las células, ya sea en cadenas o de forma individual. Se le incluye en la Clase Dothideomycetes y el Orden Pleosporales.

Figura 3.4

Plantas de alfalfa observada en campo con síntomas de Phoma medicaginis, que ocasiona el tallo negro de primavera



Fuente: Fotografía propia (2024).

Figura 3.5

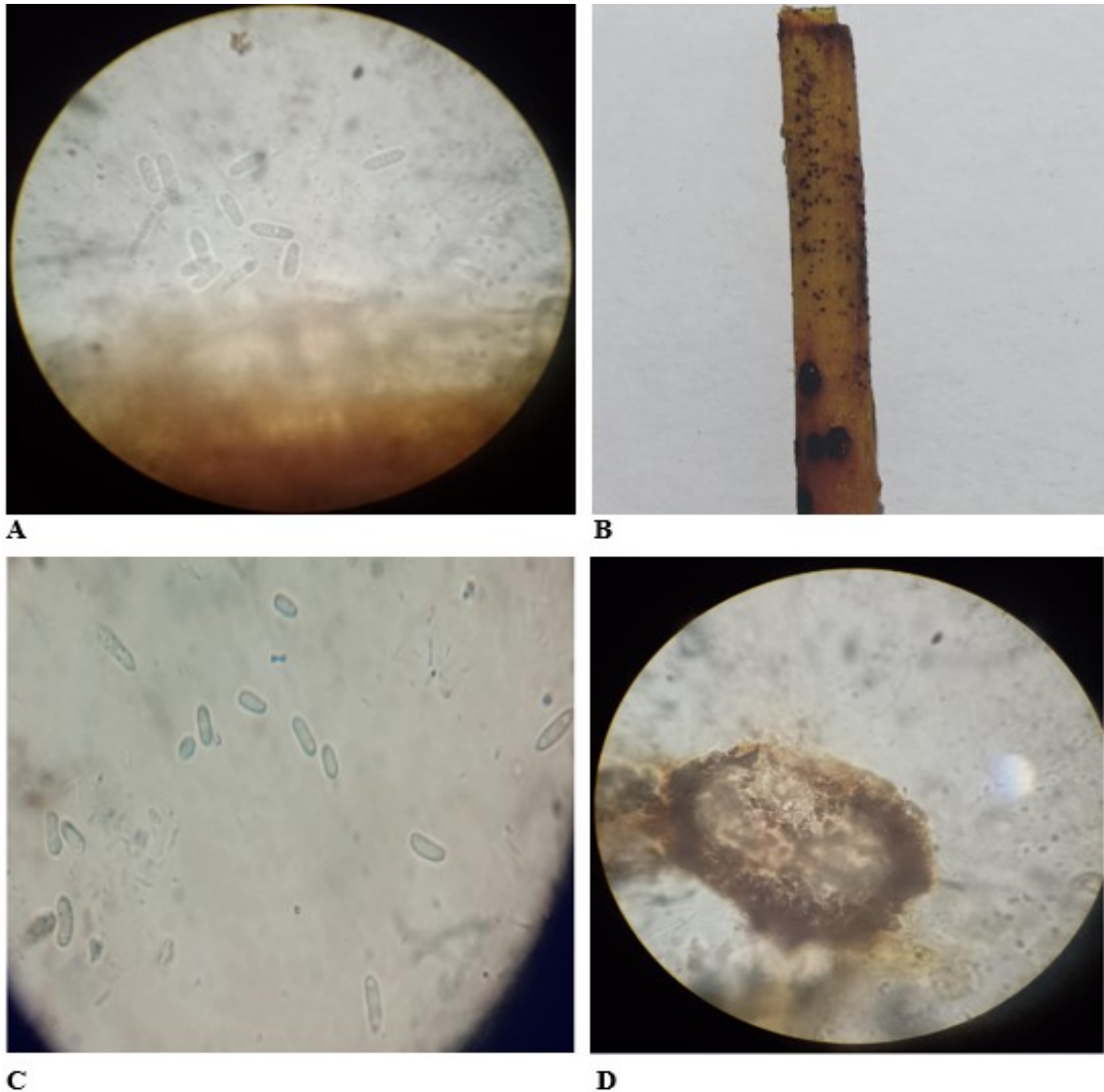
Muestra de tallos con síntomas de Phoma medicaginis llevado al laboratorio



Fuente: Fotografía propia (2024).

Figura 3.6

Phoma medicaginis. **A-C.** Conidias (observadas a un aumento de 400×). **B.** Picnidios en la superficie del huésped. **D.** Conidioma observado en el microscopio con un aumento de 400×



Fuente: Fotografía propia (2024).

3.3.3. *Cercospora medicaginis*

Durante la exploración, se observaron manchas en las hojas y con forma irregular en los tallos. En algunas ocasiones, las manchas tienen un color marrón, y en casos más severos, adquieren un tono pardo plateado. Los tallos afectados presentan lesiones alargadas de color marrón rojizo y desarrollan grandes áreas necróticas, secas y frágiles.

Figura 3.7

Plantas de alfalfa observada en campo con síntomas de Cercospora medicaginis que ocasiona el tallo negro de verano



Fuente: Fotografía propia (2024).

Figura 3.8

Muestras de tallos enviadas al laboratorio con síntomas de Cercospora medicaginis

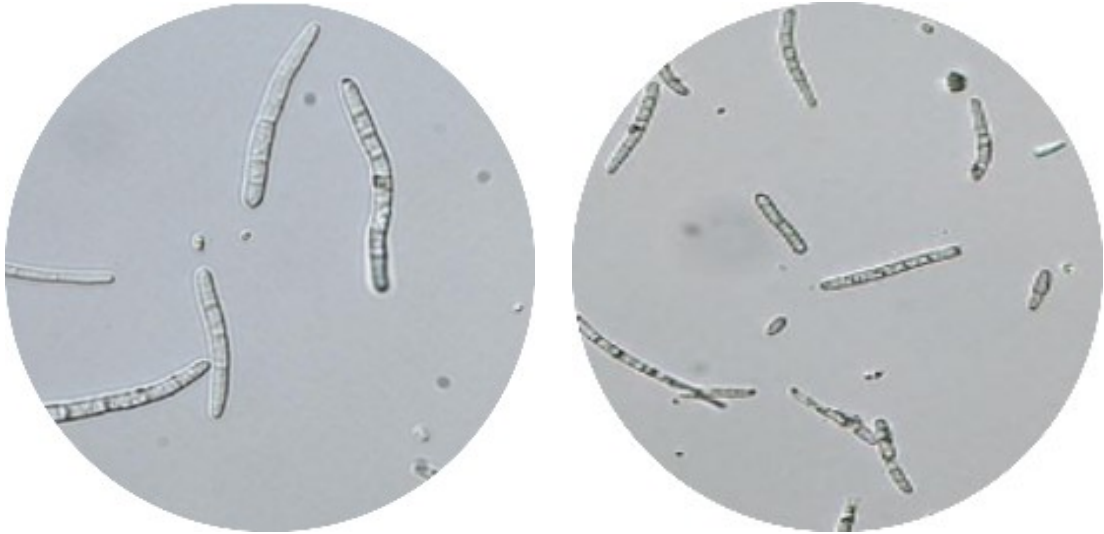


Fuente: Fotografía propia (2024).

En el diagnóstico de la enfermedad, las Conidias son de forma alargada, hialinos y contienen de cuatro a siete septos. Se le incluye en la Clase Dothideomycetes y el Orden Mycosphaerellales.

Figura 3.9

Conidios de Cercospora medicaginis observadas en el microscopio con un aumento de 1000×



Fuente: Fotografía propia (2024).

3.3.4. *Stemphylium botryosum*

En el proceso de prospección, se observa que el hongo comienza a manifestarse con lesiones necróticas irregulares en las hojas inferiores, propagándose gradualmente hacia las partes superiores de la planta. En sus primeras etapas, los síntomas pueden ser confundidos con la Viruela de la alfalfa, pero con el tiempo las diferencias se vuelven evidentes.

La enfermedad en un inicio presenta varias puntuaciones de color café oscuro y un pequeño color crema en el centro, con halo amarillo clorótico al borde de los puntos. Con el avance de la enfermedad las partes afectadas de las hojas se van tornando de color amarillo y posteriormente se presencia una quemadura foliar. Las puntuaciones irregulares aumentan de tamaño, formando un halo de color crema en la parte central y un diminuto borde de color café claro. Por consiguiente, de manera gradual desde la parte inferior hacia la parte superior, las hojas llegan a desprenderse de la planta.

Figura 3.10

*Plantas de alfalfa observada en campo, con síntomas de *Stemphylium botryosum* que ocasiona el Tizón foliar o Mancha foliar de *Stemphylium**



Fuente: Fotografía propia (2024).

Figura 3.11

*Muestras de hojas enviadas al laboratorio con síntomas de *Stemphylium botryosum**

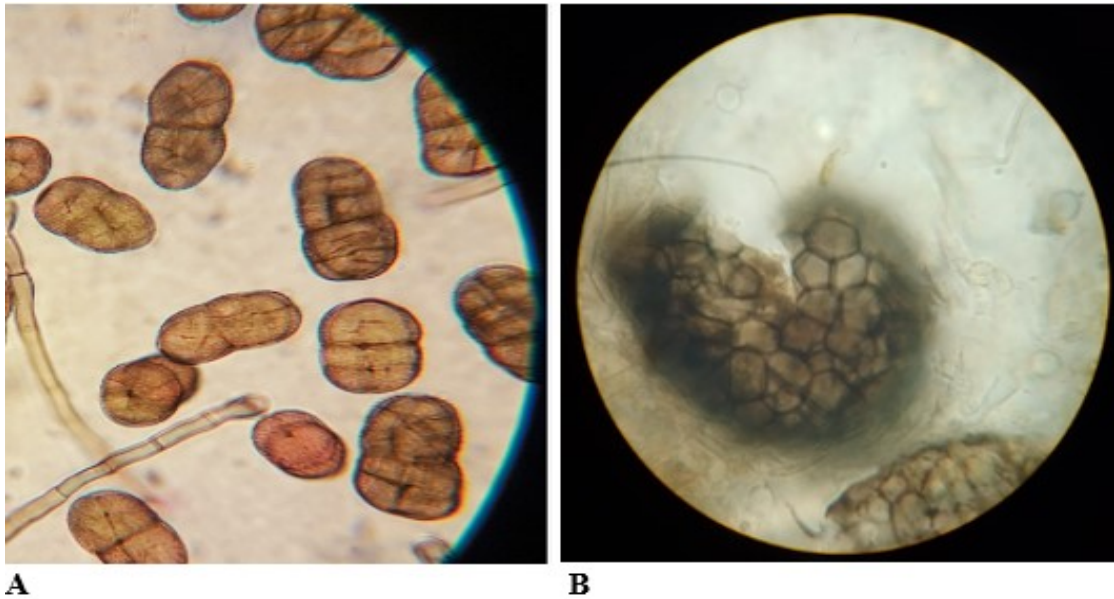


Fuente: Fotografía propia (2024).

En el diagnóstico de la enfermedad, los conidios observados presentan características acordes con la descripción del fitopatógeno, teniendo forma muriforme, incluyendo de tres a cuatro tabiques transversales, tres a cinco tabiques longitudinales, de una coloración marrón. Se le incluye en la Clase Dothideomycetes y el Orden Pleosporales.

Figura 3.12

Stemphylium botryosum. **A.** Conidióforos y conidios. **B.** Picnidio. Observadas al microscopio con un aumento de 400×



Fuente: Fotografía propia (2024).

3.3.5. *Pseudopeziza medicaginis*

En el proceso de prospección se notó mayor susceptibilidad a la enfermedad en cultivos de alfalfa recién instaladas. Los síntomas se presentan sobre el haz de las hojas, observando varias manchas circulares, pequeñas, con bordes aserrados, de coloración parda oscura y rodeada por un halo más claro. Los síntomas se presentan en casi la totalidad de las hojas, que en su mayoría están ubicadas en hojas inferiores y que gradualmente aparecen en hojas superiores. En el centro de una lesión desarrollada, se encuentra un cuerpo fructífero en forma de un disco de color marrón claro (apotecios), que es difícil de observar a simple vista.

En los casos más severos de infección (aumento de la cantidad de manchas en la superficie de la hoja), las hojas se tornan de color amarillo y posteriormente se desprenden de la planta.

Figura 3.13

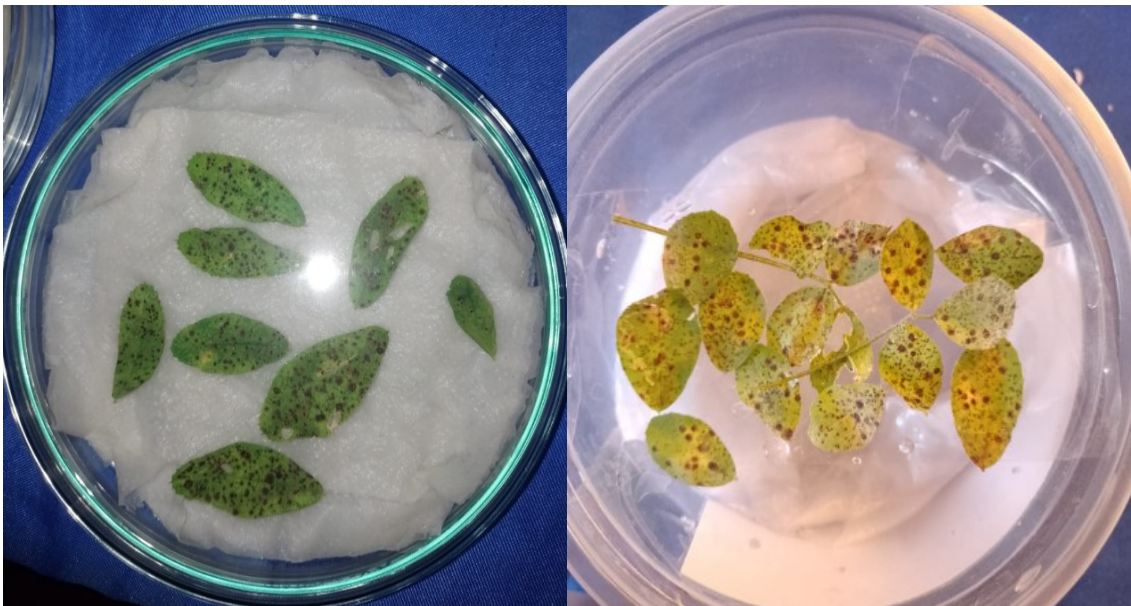
Plantas de alfalfa observada en campo con síntomas de Pseudopeziza medicaginis, que ocasiona la viruela de la alfalfa



Fuente: Fotografía propia (2024).

Figura 3.14

Muestras de hojas enviadas al laboratorio con síntomas de Pseudopeziza medicaginis

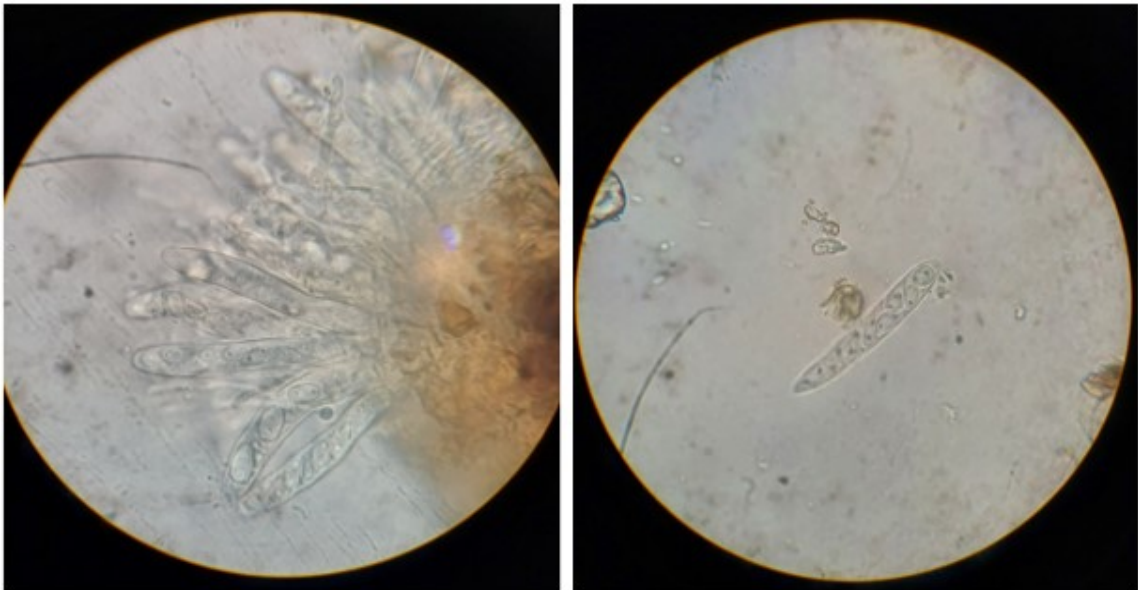


Fuente: Fotografía propia (2024).

En el diagnóstico de la enfermedad, se observa que las ascas son alargadas, translúcidas y contienen ocho ascosporas unicelulares, las ascosporas tienen una forma ovoide y son translúcidas. Se le incluye en la Clase Leotiomycetes y el Orden Helotiales.

Figura 3.15

Pseudopeziza medicaginis. **A.** Pseudoapotecios. **B.** Asca conteniendo ascosporas en su interior. Observadas al microscopio con un aumento de 400×



A

B

Fuente: Fotografía propia (2024)

3.3.6. *Erysiphe polygoni*

La enfermedad se muestra en ambas caras de las hojas con un revestimiento blancuzco de forma irregular (micelios, conidióforos y conidias), por debajo del cual aparecen manchas oscuras. En la mayoría de casos la enfermedad se presentó en hojas y tallos jóvenes. La cenicilla formada en la superficie de la hoja es frágil al tacto, desprendiéndose fácilmente. En casos iniciales primero aparecen manchas leves de color pardo oscuro, que conforme la enfermedad avanza se vuelve blanquecino, y ya en casos muy avanzados las manchas blanquecinas pasan a tornarse de color café oscuro. Las manchas blanquecinas invaden toda la superficie de las hojas y tallos en poco tiempo, cuando las condiciones ambientales son favorables.

La enfermedad no perjudica los rendimientos productivos en cultivos destinados a la alimentación animal, porque se presenta cuando ya las plantas están listas para el corte.

En el diagnóstico de la enfermedad, se observa que los conidioforos son rectos, con una célula basal seguida por dos células un poco más cortas, o a veces una célula de

longitud similar o ligeramente más larga, que terminan en apresorios lobuladas. Los conidios se producen individualmente, son grandes y más o menos cilíndricos, hialinos y a menudo con tubos germinativos cortos en el extremo que concluyen en un apresorio lobulado. Se le incluye en la Clase Leotiomycetes y el Orden Erysiphales.

Figura 3.16

Plantas de alfalfa observada en campo con síntomas de Erysiphe polygoni que ocasiona el oídio de la alfalfa



Fuente: Fotografía propia (2024).

Figura 3.17

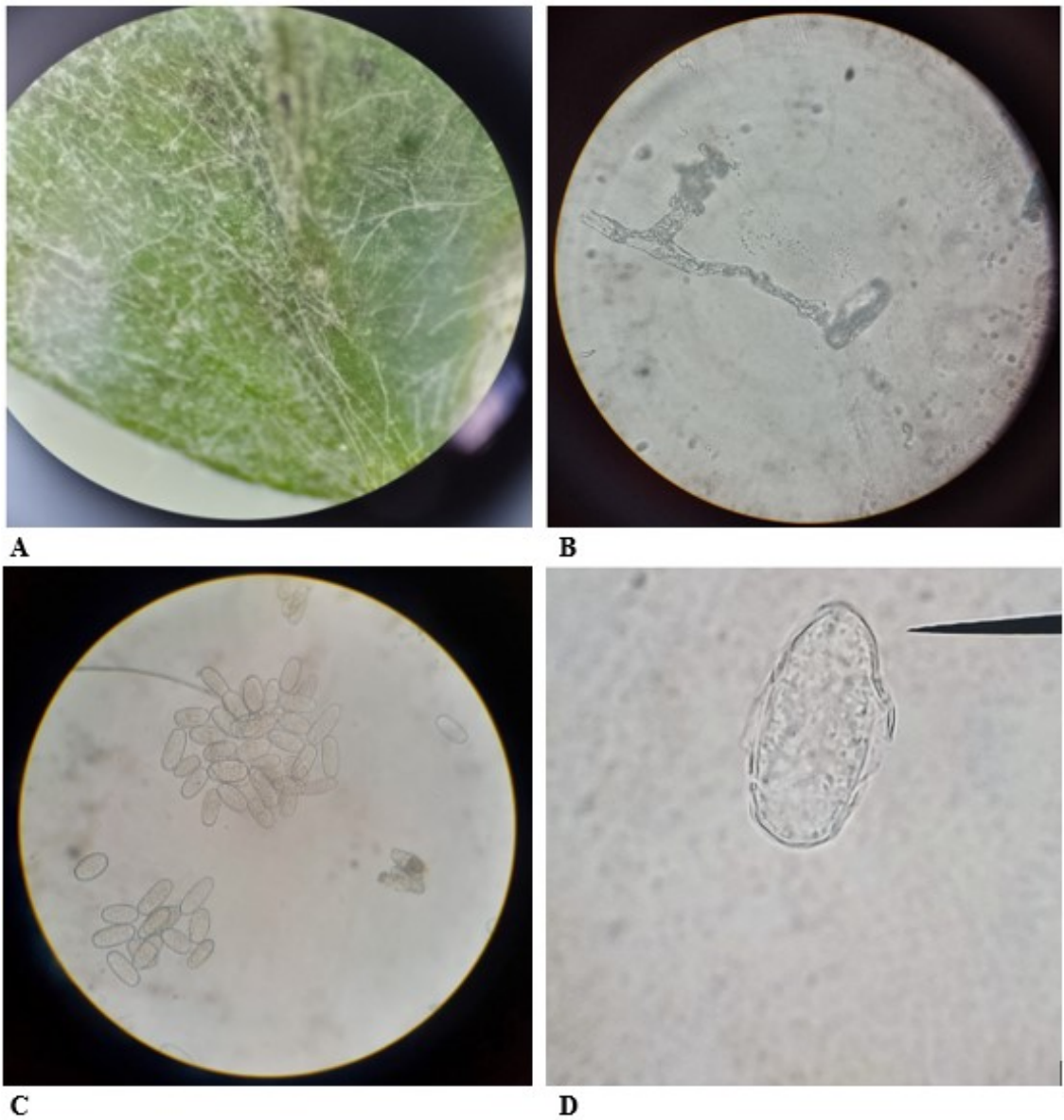
Muestras de hojas enviadas al laboratorio con síntomas de Erysiphe polygoni



Fuente: Fotografía propia (2024).

Figura 3.18

Erysiphe polygoni. **A.** micelios, conidióforos y conidias. **B.** Conidióforo. **C-D.** Conidias. Observados en el microscopio con un aumento de 40×(A) ,400× (B y C),1000× (D)



Fuente: Fotografía propia (2024).

3.3.7. *Peronospora trifoliorum*

En el proceso de prospección, se observa manchas amarillentas o decoloradas en las hojas, tanto en el haz como en el envés. En el reverso de las hojas presenta un tono grisáceo debido al crecimiento del micelio del hongo. En casos de infección generalizada, pueden verse afectadas hojas enteras y tallos jóvenes o nuevos brotes, los cuales mostrarán entrenudos más cortos y un aspecto hinchado, así como un enrollamiento de las hojas a lo largo de su eje principal, y en la parte inferior, se aprecia un moho de tonos

que van del blanco al violeta pálido o grisáceo, esto viene a ser los esporangióforos, que llevan consigo los conidios.

En los lugares donde se encuentra, por lo general no supone un problema. Tiende a manifestarse en la localidad durante los períodos climatológicos apropiados, con temperaturas suaves y altos niveles de humedad atmosférica, principalmente durante los meses de diciembre a marzo. Se le incluye en la Clase Oomycetes y el Orden Peronosporales.

Figura 3.19

Plantas de alfalfa observada en campo con síntomas de Peronospora trifoliorum que ocasiona el mildiu de la alfalfa



Fuente: Fotografía propia (2024).

Figura 3.20

Muestras de hojas enviadas al laboratorio con síntomas de Peronospora trifoliorum

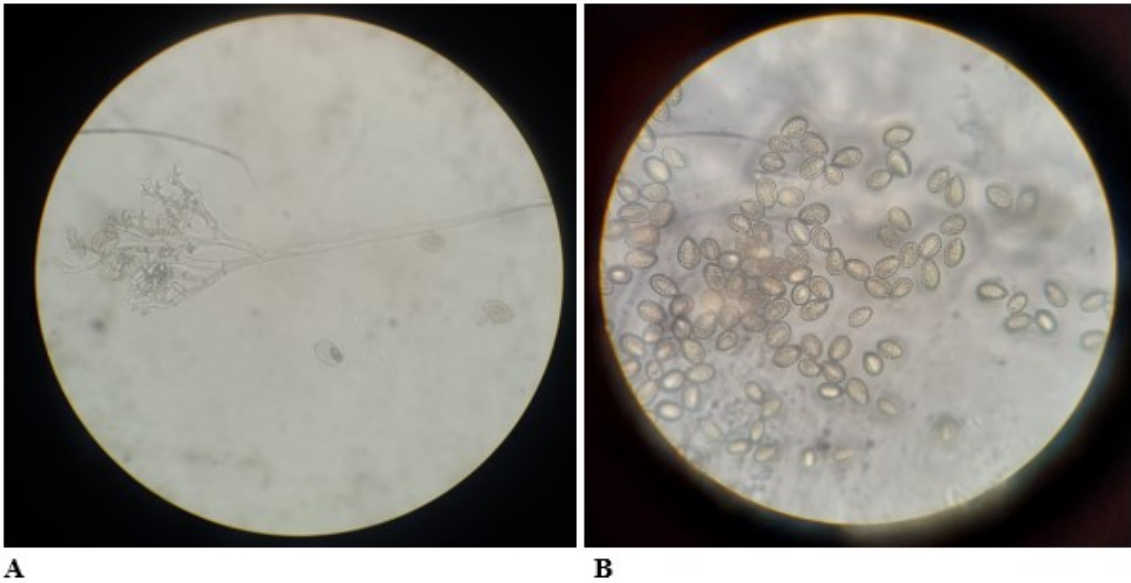


Fuente: Fotografía propia (2024).

En el diagnóstico de la enfermedad se observa que los conidióforos surgen a través de las estomas, son finos y con una apariencia arbórea, divididos en dos ramas, y cada una de estas ramas termina en un esterigma que genera un conidio. Los conidios tienen una forma globular y elíptica.

Figura 3.21

Peronospora trifoliorum. **A.** Esporangióforo. **B.** Esporangios. Observadas al microscopio con un aumento de 400×, respectivamente



Fuente: Fotografía propia (2024).

CONCLUSIONES

1. La evaluación de la presencia y diversidad de hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa en la quebrada de Chaquihuaycco, tuvo como resultado un total de siete hongos fitopatógenos reconocidos. Los cuales tienen el siguiente porcentaje de incidencia: *Stemphylium botryosum* (91,3%), *Pseudopeziza medicaginis* (82,3%), *Phoma medicaginis* (60,3%), *Cercospora medicaginis* (48,3%), *Peronospora trifoliorum* (2,7%), *Erysiphe polygoni* (2,3%) y *Verticillium alfalfae* (1,7%).
2. La caracterización de síntomas permitió identificar manifestaciones específicas en cada órgano de la alfalfa según el hongo presente. En las raíces, *Verticillium alfalfae* ocasiona marchitez vascular y necrosis. En los tallos, *Phoma medicaginis* y *Cercospora medicaginis* provocan lesiones necróticas y manchas. En las hojas, *Pseudopeziza medicaginis* y *Stemphylium botryosum*, generan manchas foliares y necrosis; *Erysiphe polygoni* produce un micelio blanco en la superficie; y *Peronospora trifoliorum* causa manchas vellosas en el envés.
3. En el diagnóstico e identificación de los hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa, *Verticillium alfalfae* fue reconocido por sus hifas ramificadas y esporas. Por su parte, *Phoma medicaginis* y *Cercospora medicaginis* se caracterizaron por la presencia de conidios hialinos. En las hojas, se reconocieron a *Pseudopeziza medicaginis*, el cual muestra la presencia de ascas y ascosporas, y *Stemphylium botryosum*, se reconoció por la forma muriforme de sus conidios. Además, *Erysiphe polygoni* fue identificado por la presencia de micelio blanco en la superficie de la hoja. Finalmente, *Peronospora trifoliorum* por sus esporangióforos arborescentes.

RECOMENDACIONES

- Llevar a cabo una serie de estudios relacionados con la evaluación de cada enfermedad, teniendo en cuenta las etapas de crecimiento, condiciones ambientales y la variedad del cultivo de alfalfa.
- Llevar a cabo investigaciones en otras áreas productoras de alfalfa en la región de Ayacucho, haciendo hincapié en la evaluación de la severidad e incidencia.
- Realizar estudios para implementar estrategias de manejo integrado de enfermedades, que incluyan el monitoreo regular de los cultivos, controles culturales y la utilización de fungicidas químicos y biológicos. Esto permitirá reducir el impacto de los hongos fitopatógenos y mejorar la sostenibilidad del cultivo de alfalfa en la región Ayacucho.

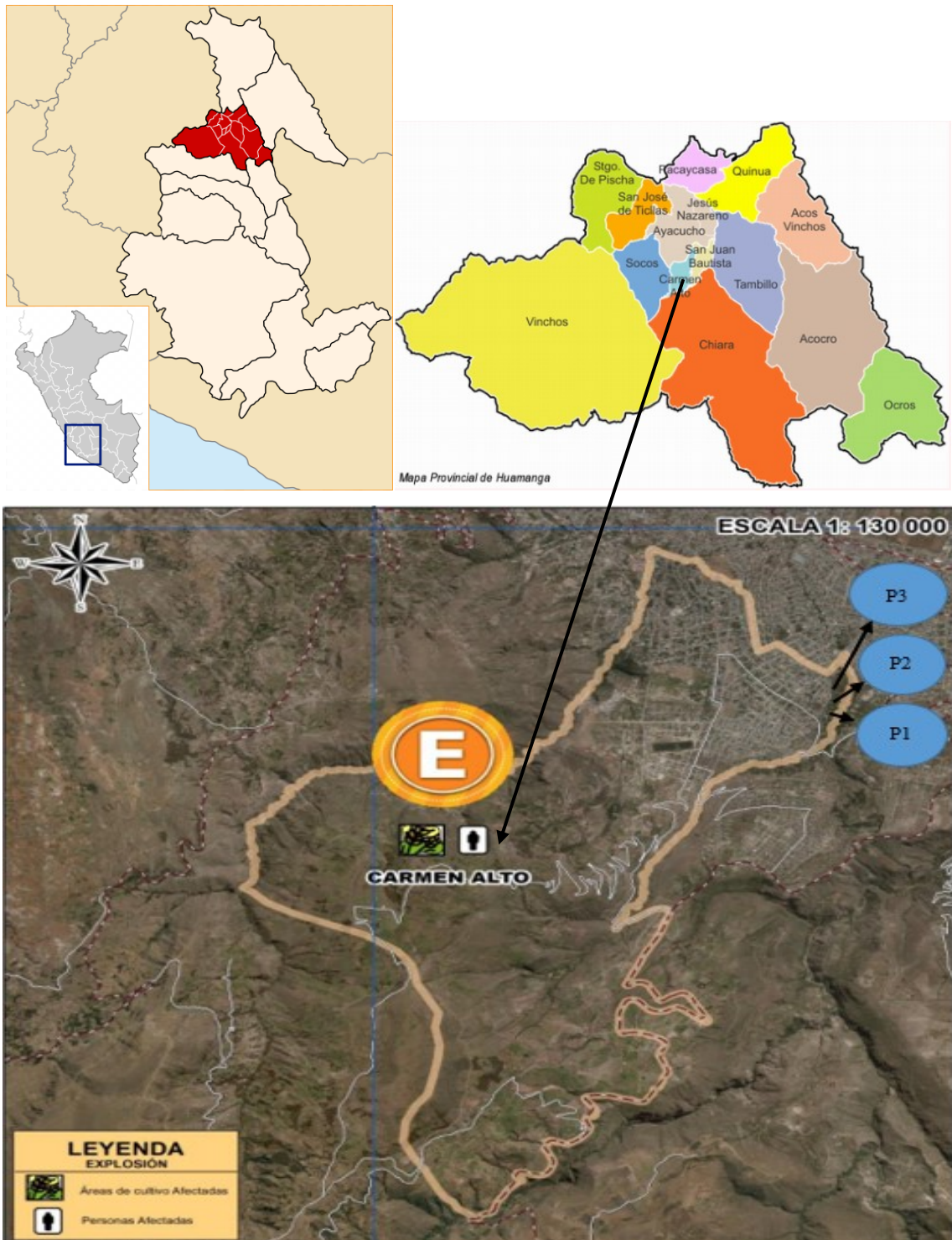
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alarcón, B., Espinosa, E., Galicia, M., & Espinosa, O. (2008). *Manual de plagas y enfermedades de la alfalfa (Medicago sativa L.)*. Fundación Hidalgo Produce A.C.
- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology* (5th ed.). Elsevier Academic Press.
- Barbetti, M. J., & Omidvari, M. (2023). Emerging fungal diseases in forage legumes: Challenges and integrated management strategies. *Crop Protection*, 172, 106340.
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi* (4th ed.). APS Press.
- Basigalup, D. (2003). *Manejo y control de las principales enfermedades de la alfalfa en Argentina*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Bustamante, R., & Rivero, C. (2015). Identificación de hongos fitopatógenos en cultivos forrajeros en Arequipa y Cusco. *Revista Peruana de Fitopatología*, 30(2), 45–52.
- Cadena, P., & Clavijo, E. (2011). Producción y calidad nutricional de la alfalfa (*Medicago sativa*) sembrada en dos ambientes diferentes y cosechada en distintos estadios fenológicos. *Universidad de La Salle*, 1(26), 35.
- Cancio, H. (2016). *Cultivo de alfalfa*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Chariguamán, E. (2014). *Evaluación de dos niveles de fertilización más dos tipos de tutorio y tres dosis de etephon para igualar la maduración de la semilla de alfalfa (Medicago sativa L.) en la localidad ubicada en la parroquia Eloy Alfaro Barrio Sarapamba – Cotopaxi* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi].
- Flórez, F. (2015). La alfalfa (*Medicago sativa*): Origen, manejo y producción. *Conexagro JDC*, 5(31), 43.
- France, A. (s. f.). Enfermedades de la alfalfa en la zona centro sur de Chile. *Biblioteca Digital INIA*, 81–105.
- Galdames, R. (1994). *Enfermedades del cultivo de la alfalfa* (Boletín Técnico N.º 55). Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Hijano, E., & Navarro, A. (1995). *La alfalfa en la Argentina, Subprograma Alfalfa*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Sitio Argentino de Producción Animal.
- Li, Y., Zhang, H., & Liu, J. (2023). Fungal pathogens in alfalfa and integrated disease control strategies: A review. *Journal of Plant Pathology*, 105, 223–234.

- Mendoza, D., Quispe, J., & López, M. (2020). Evaluación de enfermedades fúngicas en cultivos andinos en la región Ayacucho. *Revista Científica Agroindustrial*, 12(3), 67–74.
- Ministerio de Agricultura de Chile. (2005). *Prospecciones de cultivos y productos agrícolas*. Sistema de Vigilancia Agrícola.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España. (2020). *Guía de gestión integrada de plagas*. Secretaría General Técnica.
- Ministerio del Ambiente del Perú. (2019). *Línea de base de la alfalfa con fines de bioseguridad en el Perú* (Vol. 2, p. 45). Ministerio del Ambiente.
- Omidvari, M., Barbetti, M. J., & Li, Y. (2023). Environmental and management factors influencing fungal disease incidence in *Medicago sativa*. *Plant Disease Management Reports*, 17(1), e01123.
- Odorizzi, A., Cornacchione, V., Arolfo, V., Basigalup, D., Mijoevich, M., & Balzarini, M. (2017). Evaluación de la virosis del achaparramiento de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) en dos ambientes contrastantes de Argentina. *Agriscientia*, 34, 69–81.
- Santamaría, L. (2021). *Influencia de estiércoles en el rendimiento de alfalfa (Medicago sativa L.) var. Moapa, en condiciones edafoclimáticas del centro poblado de Puliaj–Panao 2019* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco].
- SENAMHI. (2024). *Datos climáticos mensuales: Estación Ayacucho*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- Sulca, A. (2015). *Producción en forraje de cinco variedades de alfalfa (Medicago sativa L.) Ticllas a 2395 msnm - Ayacucho* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica del distrito de Carmen Alto



Anexo 2. Reconocimiento de las zonas de muestreo y evaluación en google Earth. Chaquihuaycco.



Anexo 3. Cálculos estadísticos: intervalos de confianza e indicadores de diversidad de hongos fitopatógenos en alfalfa

Anexo 3.1. Cálculo del intervalo de confianza al 95%

Anexo 3.1.1 Cálculo del intervalo de confianza al 95% del porcentaje de incidencia de hongos fitopatógenos – marzo 2024

Hongo fitopatógeno	Enfermedad	Lucmapampa (%)	Idulupampa (%)	Yarqapata (%)	Grado de libertad	t	Promedio (%)	Desv. Estándar	Margen de error	Intervalo de confianza al 95%	
										Límite inferior	Límite superior
<i>Phoma medicaginis</i>	Tallo negro de primavera	68	65	70	2	4,303	68	2,517	6,25	61,41	73,92
<i>Cercospora medicaginis</i>	Tallo negro de verano	59	55	63	2	4,303	59	4,000	9,94	49,06	68,94
<i>Stemphylium botryosum</i>	Tizón foliar o Mancha foliar de Stemphylium	100	98	100	2	4,303	99	1,155	2,87	96,46	100,00
<i>Pseudopeziza medicaginis</i>	Viruela o peca de la alfalfa	94	93	93	2	4,303	93	0,577	1,43	91,90	94,77
<i>Peronospora trifoliorum</i>	Mildiu	9	3	3	2	4,303	5	3,464	8,61	0,00	13,61
<i>Verticillium alfalfae</i>	Marchitez por Verticillium	3	3	7	2	4,303	4	2,309	5,74	0,00	10,07
<i>Erysiphe polygoni</i>	Oidio de la alfalfa	0	0	0	2	4,303	0	0,000	0,00	0,00	0,00

Anexo 3.1.2

Cálculo del intervalo de confianza al 95% del porcentaje de incidencia de hongos fitopatógenos – abril 2024

Hongo fitopatógeno	Enfermedad	Lucmapampa (%)	Idulupampa (%)	Yarqapata (%)	Grado de libertad	t	Promedio (%)	Desv. Estándar	Margen de error	Intervalo de Confianza al 95%	
										Límite inferior	Límite superior
<i>Phoma medicaginis</i>	Tallo negro de primavera	59	63	63	2	4,303	61,67	2,309	5,74	55,93	67,40
<i>Cercospora medicaginis</i>	Tallo negro de verano	53	45	50	2	4,303	49,33	4,041	10,04	39,29	59,37
<i>Stemphylium botryosum</i>	Tizón foliar o Mancha foliar de Stemphylium	91	90	97	2	4,303	92,67	3,786	9,41	83,26	100,00
<i>Pseudopeziza medicaginis</i>	Viruela o peca de la alfalfa	74	88	87	2	4,303	83,00	7,810	19,40	63,60	100,00
<i>Peronospora trifoliorum</i>	Mildiu	3	3	0	2	4,303	2,00	1,732	4,30	0,00	6,30
<i>Verticillium alfalfae</i>	Marchitez por Verticillium	0	0	3	2	4,303	1,00	1,732	4,30	0,00	5,30
<i>Erysiphe polygoni</i>	Oidio de la alfalfa	3	0	3	2	4,303	2,00	1,732	4,30	0,00	6,30

Anexo 3.1.3

Cálculo del intervalo de confianza al 95% del porcentaje de incidencia de hongos fitopatógenos – mayo 2024

Hongo fitopatógeno	Enfermedad	Lucmapampa (%)	Idulupampa (%)	Yarqapata (%)	Grado de libertad	t	Promedio (%)	Desv. Estándar	Margen de error	Intervalo de Confianza al 95%	
										Límite inferior	Límite superior
<i>Phoma medicaginis</i>	Tallo negro de primavera	50	55	47	2	4,303	50,67	4,041	10,04	40,63	60,71
<i>Cercospora medicaginis</i>	Tallo negro de verano	38	35	37	2	4,303	36,67	1,528	3,79	32,87	40,46
<i>Stemphylium botryosum</i>	Tizón foliar o Mancha foliar de Stemphylium	82	78	87	2	4,303	82,33	4,509	11,20	71,13	93,54
<i>Pseudopeziza medicaginis</i>	Viruela o peca de la alfalfa	62	70	80	2	4,303	70,67	9,018	22,41	48,26	93,07
<i>Peronospora trifoliorum</i>	Mildiu	3	0	0	2	4,303	1,00	1,732	4,30	0,00	5,30
<i>Verticillium alfalfae</i>	Marchitez por Verticillium	0	0	0	2	4,303	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00
<i>Erysiphe polygoni</i>	Oidio de la alfalfa	6	3	7	2	4,303	5,33	2,082	5,17	0,16	10,50

Anexo 3.1.4

Cálculo del intervalo de confianza al 95% del promedio del porcentaje de incidencia de hongos fitopatógenos en los tres meses de prospección (marzo, abril y mayo de 2024)

Hongo fitopatógeno	Enfermedad	Marzo (%)	Abril (%)	Mayo (%)	Grado de libertad	t	Promedio (%)	Desv. Estándar	Margen de error	Intervalo de confianza al 95%	
										Límite inferior	Límite superior
<i>Phoma medicaginis</i>	Tallo negro de primavera	68	62	51	2	4,303	60,33	8,622	21,42	38,91	81,75
<i>Cercospora medicaginis</i>	Tallo negro de verano	59	49	37	2	4,303	48,33	11,015	27,37	20,97	75,70
<i>Stemphylium botryosum</i>	Tizón foliar o Mancha foliar de Stemphylium	99	93	82	2	4,303	91,33	8,622	21,42	69,91	100,00
<i>Pseudopeziza medicaginis</i>	Viruela o peca de la alfalfa	93	83	71	2	4,303	82,33	11,015	27,37	54,97	100,00
<i>Peronospora trifoliorum</i>	Mildiu	5	2	1	2	4,303	2,67	2,082	5,17	0,00	7,84
<i>Verticillium alfalfae</i>	Marchitez por Verticillium	4	1	0	2	4,303	1,67	2,082	5,17	0,00	6,84
<i>Erysiphe polygoni</i>	Oidio de la alfalfa	0	2	5	2	4,303	2,33	2,517	6,25	0,00	8,59

Anexo 3.2. Cálculo de indicadores de diversidad de hongos fitopatógenos en alfalfa

Hongo fitopatógeno	Promedio de incidencia	Poporción (pi)	ln(pi)	pi.ln(pi)	$\frac{p_i^2}{\sum p_i^2}$	Índice de Shannon-Wiener (H')	Índice de Simpson (1 - D)	Equitatividad de Pielou (J')
<i>Phoma medicaginis</i>	60,3	0,21	-1,57	-0,33	0,04			
<i>Cercospora medicaginis</i>	48,3	0,17	-1,79	-0,30	0,03			
<i>Stemphylium botryosum</i>	91,3	0,32	-1,15	-0,36	0,10			
<i>Pseudopeziza medicaginis</i>	82,3	0,28	-1,26	-0,36	0,08			
<i>Peronospora trifoliorum</i>	2,7	0,01	-4,69	-0,04	0,00			
<i>Verticillium alfalfae</i>	1,7	0,01	-5,16	-0,03	0,00			
<i>Erysiphe polygoni</i>	2,3	0,01	-4,82	-0,04	0,00			
Total/Resultados		1,00		-1,46	0,25	1,46	0,75	0,75

Anexo 4. Panel fotográfico



Foto 1. Reconocimiento del campo de cultivo de alfalfa, ubicada en Lucmapampa– Carmen Alto



Foto 2. Reconocimiento del campo de cultivo de alfalfa, ubicada en Idolopampa– Carmen Alto



Foto 3. Reconocimiento del campo de cultivo de alfalfa, ubicada en Yarqapata– Carmen Alto



Foto 4. Recolección de muestras de alfalfa (órganos) con sintomatología de enfermedades



Foto 5. *Recolección de muestras de Erysiphe polygoni en hojas de alfalfa - zona Lucmapampa*



Foto 6. *Recolección de muestras de Stemphylium botryosum en hojas de alfalfa, zona Yarqapata*



Foto 7. *Recolección de muestras de Phoma medicaginis en tallos de alfalfa, zona de Idolopampa*



Foto 8. *Muestras de órganos de la planta con presencia de sintomatología de enfermedades, listos para ser trasladado al laboratorio de fitopatología de escuela profesional de agronomía, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*



Foto 9. Marco de 20 x 40 cm, utilizado para la recolección y contabilización del número total de plantas de alfalfa con o sin enfermedades, para determinar el análisis del porcentaje de incidencia en los campos de cultivo en estudio

MARZO (2024)						
Hongo fitopatògeno	Lucmapampa		Idolopampa		Yarqapata	
<i>Phoma medicaginis</i>	# total de plantas	50	# total de plantas	42	# total de plantas	32
	# de plantas enfermas	34	# de plantas enfermas	27	# de plantas enfermas	22
	% de Incidencia	68	% de Incidencia	65	% de Incidencia	70
<i>Cercospora medicaginis</i>	# total de plantas	50	# total de plantas	42	# total de plantas	32
	# de plantas enfermas	29	# de plantas enfermas	23	# de plantas enfermas	20
	% de Incidencia	59	% de Incidencia	55	% de Incidencia	63
<i>Stemphylium botryosum</i>	# total de plantas	50	# total de plantas	42	# total de plantas	32
	# de plantas enfermas	50	# de plantas enfermas	41	# de plantas enfermas	32
	% de Incidencia	100	% de Incidencia	98	% de Incidencia	100
<i>Pseudopeziza medicaginis</i>	# total de plantas	50	# total de plantas	42	# total de plantas	32
	# de plantas enfermas	47	# de plantas enfermas	39	# de plantas enfermas	30
	% de Incidencia	94	% de Incidencia	93	% de Incidencia	93
<i>Peronospora trifoliorum</i>	# total de plantas	50	# total de plantas	42	# total de plantas	32
	# de plantas enfermas	4	# de plantas enfermas	1	# de plantas enfermas	1
	% de Incidencia	9	% de Incidencia	3	% de Incidencia	3
<i>Verticillium alfalfae</i>	# total de plantas	50	# total de plantas	42	# total de plantas	32
	# de plantas enfermas	1	# de plantas enfermas	1	# de plantas enfermas	2
	% de Incidencia	3	% de Incidencia	3	% de Incidencia	7
<i>Erysiphe polygoni</i>	# total de plantas	50	# total de plantas	42	# total de plantas	32
	# de plantas enfermas	0	# de plantas enfermas	0	# de plantas enfermas	0
	% de Incidencia	0	% de Incidencia	0	% de Incidencia	0

Foto 10. Datos de campo correspondientes al muestreo del mes de marzo del año 2024

ABRIL (2024)						
Hongo fitopat6geno	Lucmapampa		Idolopampa		Yarqapata	
<i>Phoma medicaginis</i>	# total de plantas	52	# total de plantas	45	# total de plantas	34
	# de plantas enfermas	31	# de plantas enfermas	28	# de plantas enfermas	21
	% de Incidencia	59	% de Incidencia	63	% de Incidencia	63
<i>Cercospora medicaginis</i>	# total de plantas	52	# total de plantas	45	# total de plantas	34
	# de plantas enfermas	28	# de plantas enfermas	20	# de plantas enfermas	17
	% de Incidencia	53	% de Incidencia	45	% de Incidencia	50
<i>Stemphylium botryosum</i>	# total de plantas	52	# total de plantas	45	# total de plantas	34
	# de plantas enfermas	47	# de plantas enfermas	41	# de plantas enfermas	33
	% de Incidencia	91	% de Incidencia	90	% de Incidencia	97
<i>Pseudopeziza medicaginis</i>	# total de plantas	52	# total de plantas	45	# total de plantas	34
	# de plantas enfermas	38	# de plantas enfermas	40	# de plantas enfermas	30
	% de Incidencia	74	% de Incidencia	88	% de Incidencia	87
<i>Peronospora trifoliorum</i>	# total de plantas	52	# total de plantas	45	# total de plantas	34
	# de plantas enfermas	2	# de plantas enfermas	1	# de plantas enfermas	0
	% de Incidencia	3	% de Incidencia	3	% de Incidencia	0
<i>Verticillium alfalfae</i>	# total de plantas	52	# total de plantas	45	# total de plantas	34
	# de plantas enfermas	0	# de plantas enfermas	0	# de plantas enfermas	1
	% de Incidencia	0	% de Incidencia	0	% de Incidencia	3
<i>Erysiphe polygoni</i>	# total de plantas	52	# total de plantas	45	# total de plantas	34
	# de plantas enfermas	2	# de plantas enfermas	0	# de plantas enfermas	1
	% de Incidencia	3	% de Incidencia	0	% de Incidencia	3

Foto 11. Datos de campo correspondientes al muestreo del mes de abril del a1o 2024

MAYO (2024)						
Hongo fitopat6geno	Lucmapampa		Idolopampa		Yarqapata	
<i>Phoma medicaginis</i>	# total de plantas	50	# total de plantas	41	# total de plantas	32
	# de plantas enfermas	25	# de plantas enfermas	23	# de plantas enfermas	15
	% de Incidencia	50	% de Incidencia	55	% de Incidencia	47
<i>Cercospora medicaginis</i>	# total de plantas	50	# total de plantas	41	# total de plantas	32
	# de plantas enfermas	14	# de plantas enfermas	14	# de plantas enfermas	12
	% de Incidencia	38	% de Incidencia	35	% de Incidencia	37
<i>Stemphylium botryosum</i>	# total de plantas	50	# total de plantas	41	# total de plantas	32
	# de plantas enfermas	41	# de plantas enfermas	32	# de plantas enfermas	28
	% de Incidencia	82	% de Incidencia	78	% de Incidencia	87
<i>Pseudopeziza medicaginis</i>	# total de plantas	50	# total de plantas	41	# total de plantas	32
	# de plantas enfermas	31	# de plantas enfermas	29	# de plantas enfermas	26
	% de Incidencia	62	% de Incidencia	70	% de Incidencia	81
<i>Peronospora trifoliorum</i>	# total de plantas	50	# total de plantas	41	# total de plantas	32
	# de plantas enfermas	2	# de plantas enfermas	0	# de plantas enfermas	0
	% de Incidencia	3	% de Incidencia	0	% de Incidencia	0
<i>Verticillium alfalfae</i>	# total de plantas	50	# total de plantas	41	# total de plantas	32
	# de plantas enfermas	0	# de plantas enfermas	0	# de plantas enfermas	0
	% de Incidencia	0	% de Incidencia	0	% de Incidencia	0
<i>Erysiphe polygoni</i>	# total de plantas	50	# total de plantas	41	# total de plantas	32
	# de plantas enfermas	3	# de plantas enfermas	1	# de plantas enfermas	2
	% de Incidencia	6	% de Incidencia	3	% de Incidencia	7

Foto 12. Datos de campo correspondientes al muestreo del mes de mayo del a1o 2024



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. FLAYSER CAMPOS GUILLEN
R.D. N° 378-2024-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a los doce días del mes de junio del año dos mil veinticinco, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por el Dra. Nery Luz Santillana Villanueva, M.Sc. Guillermo Carrasco Aquino como asesor, Dr. José Antonio Quispe Tenorio y el Mg. Dimas Alberto Quintanilla Melgar; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Prospección de hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*), Chaquihuaycco, Carmen Alto, 2860 msnm, Ayacucho, 2024**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, presentado por el Bachiller **FLAYSER CAMPOS GUILLEN**.

El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Ph.D. Nery Luz Santillana Villanueva	12	14	15	14
M.Sc. Guillermo Carrasco Aquino	15	16	16	16
Dr. José Antonio Quispe Tenorio	16	14	15	15
Mg. Dimas Alberto Quintanilla Melgar	12	14	16	14
PROMEDIO GENERAL				15

Acto seguido se invita al sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


.....
Ph.D. Nery Luz Santillana Villanueva
Presidente


.....
M.Sc. Guillermo Carrasco Aquino
Asesor


.....
Dr. José Antonio Quispe Tenorio
Jurado


.....
Mg. Dimas Alberto Quintanilla Melgar
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe coordinador responsable de la valoración y verificación de originalidad de los trabajos de investigación y de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, designado mediante la RCF N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo de tesis titulado;

Prospección de hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*), Chaquihuaycco, Carmen Alto, 2860 msnm, Ayacucho, 2024

Autor : Flayser CAMPOS GUILLEN

Asesor : Guillermo CARRASCO AQUINO

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, y RCU N° 1530-2023-UNSCH-CU, emitiendo un resultado de **deiciséis (16 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2712082354

Ayacucho, 08 de julio de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Dr. Yuri Galvez Gastelu
Coordinador de Control de Originalidad

Prospección de hongos
fitopatógenos en el cultivo de
alfalfa (*Medicago sativa*),
Chaquihuaycco, Carmen Alto,
2860msnm, Ayacucho, 2024
por Flayser CAMPOS GUILLEN

Fecha de entrega: 08-jul-2025 03:48p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2712082354

Nombre del archivo: Tesis_Flayser_Campos_Guillen_EPA.docx (15.82M)

Total de palabras: 13560

Total de caracteres: 74286

Prospección de hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa (Medicago sativa), Chaquihuaycco, Carmen Alto, 2860 msnm, Ayacucho, 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	9%
2	docplayer.es Fuente de Internet	2%
3	bases.cortesaragon.es Fuente de Internet	2%
4	biblioteca.inia.cl Fuente de Internet	1%
5	www.mef.gob.pe Fuente de Internet	<1%
6	doaj.org Fuente de Internet	<1%
7	www.bio-nica.info Fuente de Internet	<1%
8	efeagro.com Fuente de Internet	<1%

9

repositorio.utc.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

10

docslib.org

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Prospección de hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*), Chaquihuaycco, Carmen Alto, 2860 msnm, Ayacucho, 2024

Prospecting for phytopathogenic fungi in the cultivation of alfalfa (*Medicago sativa*), Chaquihuaycco, Carmen Alto, 2860 msnm, Ayacucho, 2024

Flayser Campos Guillen¹,
flayser.campos.01@unsch.edu.pe

Guillermo Carrasco Aquino²
guillermo.carrasco@unsch.edu.pe

Áreas de investigación: Medio Ambiente

Línea de investigación: Diagnóstico y manejo integrado de plagas y enfermedades de plantas

RESUMEN

En el margen izquierdo de la quebrada de Chaquihuaycco perteneciente al distrito de Carmen Alto (Ayacucho) se realizó el presente trabajo de investigación mediante la prospección de enfermedades producidas por hongos, asociados al cultivo de alfalfa. Se muestrearon tres campos de cultivo, en zonas distintas (Lucmapampa, Idoluchayoq, Yarqapata) cada treinta días, en los meses de marzo (época húmeda), abril (semi húmeda) y mayo (época seca). Se recolectaron órganos de plantas de alfalfa afectadas con varias sintomatologías para su análisis microbiológico en laboratorio. Las muestras se procesaron observando directamente los síntomas y signos. Se empleó cámara húmeda para inducir la producción de esporas sexuales y asexuales. La formación de estructuras en las lesiones permitió identificar el patógeno. Se analizó la prevalencia de cada enfermedad en las parcelas de cultivo de la zona de Lucmapampa, Idolochayoq y Yarqapata. Dando como resultado la identificación de siete hongos fitopatógenos en el diagnóstico, afectando raíces (*Verticillium alfalfae*), tallos (*Phoma medicaginis*, *Cercospora medicaginis*) y hojas de la alfalfa (*Pseudopeziza medicaginis*, *Stemphylium botryosum*, *Erysiphe polygoni*, *Peronospora trifoliorum*).

Palabras clave: alfalfa, prospección, patógenos de raíz, tallo y hojas.

ABSTRACT

On the left bank of the Chaquihuaycco ravine belonging to the district of Carmen Alto (Ayacucho), this research work was carried out by prospecting for diseases caused by fungi, associated with the cultivation of alfalfa. Three crop fields were sampled in different areas (Lucmapampa, Idoluchayoq, Yarqapata) every thirty days, in the months of March (wet season), April (semi-humid season) and May (dry season). Organs were collected from alfalfa plants affected with various symptoms for microbiological analysis in the laboratory. The samples were processed by directly observing the symptoms and signs. A humid chamber was used to induce the production of sexual and asexual spores. The formation of structures in the lesions allowed the pathogen to be identified. The prevalence of each disease was analyzed in the crop plots in the Lucmapampa, Idolochayoq and Yarqapata area. Resulting in the identification of seven phytopathogenic fungi in the diagnosis, affecting roots (*Verticillium alfalfae*), stems (*Phoma medicaginis*, *Cercospora medicaginis*) and leaves of alfalfa (*Pseudopeziza medicaginis*, *Stemphylium botryosum*, *Erysiphe polygoni*, *Peronospora trifoliorum*).

Keywords: alfalfa, prospecting, root, stem and leaf pathogens.

I. INTRODUCCIÓN

La alfalfa o *Medicago sativa* es una leguminosa forrajera de gran difusión en las zonas de los valles interandinos del Perú que sirve como alimento de alta calidad para el ganado vacuno y animales menores. Su gran valor nutricional y la considerable producción por hectárea le dan a este cultivo un papel importante en la seguridad alimentaria y la economía rural (Sulca, 2015).

En los últimos años, el uso de la alfalfa como forraje verde se ha vuelto cada vez más importante. Sin embargo, cuenta con limitaciones fitosanitarias serias en su producción. La aparición de enfermedades que son producidas por hongos, ha ocasionado pérdidas considerables en etapa de calidad y rendimiento, resultando en el encarecimiento de la producción y la disminución de la competitividad.

Ante esta situación, es necesario realizar una prospección fitopatológica que permita identificar y diagnosticar los hongos fitopatógenos de los cultivos de alfalfa. Este diagnóstico sirve para comprender el daño que realmente hacen y desarrollar estrategias de manejo integrado para mejorar la sanidad del cultivo. De todas formas, los productores locales tienen dificultades para identificar y reaccionar en el momento oportuno, por falta de conocimiento de sus signos visibles, su etiología y asistencia técnica.

La falta de estudios específicos a nivel local sobre la diversidad de hongos fitopatógenos que afectan a la alfalfa, limita la implementación de medidas preventivas y de control eficaces. Por ello, la presente investigación tiene como finalidad realizar una prospección de hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa en la quebrada de

ChaquiHuaycco, distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, con el objetivo de caracterizar los síntomas visibles en el campo, aislar e identificar los agentes causales, y estimar la incidencia de las enfermedades. De este modo, se propone generar información que permita el manejo sanitario del cultivo, que fortalezca la capacidad de respuesta de los productores locales, y que contribuya al desarrollo de estrategias agronómicas sustentables adaptadas a las condiciones agroecológicas de la región.

En respuesta a esta situación, se llevó a cabo la presente investigación con los siguientes objetivos.

Objetivo general

Evaluar la presencia y diversidad de hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) en parcelas de la quebrada ChaquiHuaycco, 2860msnm, Ayacucho, 2024.

Objetivos específicos

1. Caracterizar los síntomas asociados a enfermedades fitopatógenas en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) en parcelas de la quebrada ChaquiHuaycco, 2860msnm, Ayacucho, 2024.
2. Diagnosticar las enfermedades presentes en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) e identificar los hongos fitopatógenos responsables, en parcelas de la quebrada ChaquiHuaycco, 2860msnm, Ayacucho, 2024.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación de la investigación

La investigación se llevó a cabo en la quebrada de ChaquiHuaycco, ubicada en el distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, a una altitud aproximada de 2,860 msnm. Esta zona se

caracteriza por ser productora de alfalfa (*Medicago sativa*) y forma parte de la región altoandina del Perú.

2.1.1. Ubicación política

Distrito : Carmen Alto

Provincia: Huamanga

Departamento: Ayacucho

2.1.2. Ubicación geográfica (zona 18L)

Altitud: 2 850 msnm

Latitud: 13°11'17"S

Longitud: 74°12'42"W

2.2. Materiales y equipos

2.2.1. Materiales

- Papel, toalla, cúter y bisturí
- Marcador indeleble
- Bolsas plásticas y marco de 20x40cm
- Porta y cubre objetos
- Cuaderno de campo
- Placa Petri
- Mechero de alcohol
- Tapers hermético
- Pipeta y pinzas

2.2.2. Equipos

- Microscopio compuesto
- Estereoscopio
- GPS

2.2.3. Insumos

- Alcohol de 70°
- Hipoclorito de sodio al 4%
- Aceite de inmersión
- Agua estéril

2.3. Problemas específicos

- ¿Cómo se manifiestan los síntomas de los casos patológicos en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) en parcelas de la quebrada Chaquihuaycco, 2860msnm, Ayacucho, 2024?
- ¿Cuáles son los patógenos asociados a la sintomatología de enfermedades en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) en

parcelas de la quebrada Chaquihuaycco, 2860msnm, Ayacucho, 2024?

2.4. Datos climatológicos

Durante el período de investigación, que comprendió los meses de marzo, abril y mayo, se realizó la recolección de muestras bajo condiciones climáticas variables propias de la región. Según datos del SENAMHI (2025), las precipitaciones promedio registradas fueron de 94 mm/mes en marzo (húmedo), 33 mm/mes en abril (semi-húmedo) y 9 mm/mes en mayo (seco). Asimismo, las temperaturas medias oscilaron entre 23.0 °C de máxima y 10.3 °C de mínima en marzo; 23.8 °C y 9.7 °C en abril; y 23.9 °C y 8.2 °C en mayo, respectivamente.

2.5. Fenología del cultivo

Para el desarrollo del presente estudio, se tuvo en cuenta el ciclo fenológico del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*). Las observaciones en campo se realizaron antes de cada corte, cuando la mayoría de las plantas se encontraban en la etapa inicial de formación del botón floral.

2.6. Variedades del cultivo de alfalfa

En las parcelas evaluadas, ubicadas en la quebrada de Chaquihuaycco, se cultiva exclusivamente la variedad de alfalfa Moapa 69. Esta variedad ha sido seleccionada por su buena adaptación a las condiciones agroclimáticas locales, especialmente en altitudes comprendidas entre los 2,000 y 3,500 msnm., y su tolerancia a suelos con un pH entre 6.5 y 7.5. Se trata de una planta vigorosa, con rápido crecimiento y buena capacidad de rebrote después del corte.

2.7. Instalación y conducción del estudio

2.7.1. Etapa I: Trabajo de campo

a) Ubicación de las parcelas de muestreo del cultivo de alfalfa

Esta evaluación se realizó en la quebrada de Chaquihuaycco, donde se seleccionaron tres

campos de cultivo de alfalfa, ubicados en distintas zonas: uno en Lucmapampa, uno en Idolopampa y uno en Yarqapata.

	Lucmapa	Idolopa	Yarqa
	mpa	mpa	pata
	13° 11'	13° 11'	13° 11'
Coorde	21" S	16" S	13" S
nadas	74° 12'	74° 12'	74° 12'
	42"W	42"W	42"W

b) Metodología de muestreo para obtener el porcentaje de incidencia de enfermedades en el cultivo

Para la evaluación de la incidencia de enfermedades en el cultivo de alfalfa, se delimitaron unidades de muestreo de 40 m² (10 m de largo × 4 m de ancho). Dentro de cada unidad de muestreo, se establecieron cuatro hileras transversales imaginarias distribuidas de forma equidistante, siguiendo la metodología propuesta por el Ministerio de Agricultura de Chile (2005).

El recorrido de muestreo se realizó en patrón de zigzag, tomando como unidad de muestreo un marco de 20 cm × 40 cm, conforme al procedimiento descrito por Odorizzi et al. (2017). En cada hilera imaginaria se tomaron dos muestras, completando un total de ocho muestras por parcela. Este enfoque permitió obtener datos representativos sobre la incidencia de enfermedades, observando la presencia de síntomas visibles en hojas, tallos o raíces de las plantas dentro del área evaluada. Se hizo un registro exhaustivo de las plantas de alfalfa, distinguiendo entre aquellas que presentaban síntomas de enfermedad y las que se encontraban en buen estado.

La muestra fresca se dividió visualmente en dos grupos: plantas con síntomas y sin síntomas. Esto permitió calcular el porcentaje de incidencia (I) de la enfermedad. La incidencia se obtuvo dividiendo la cantidad de

plantas con síntomas por el total de plantas en la muestra, y luego multiplicando por 100.

$$I = \frac{\text{Plantas con síntomas}}{\text{Total de plantas en la muestra}} \times 100$$

c) Cálculo del intervalo de confianza para el promedio de incidencia de hongos fitopatógeno

Para estimar el valor real del índice de incidencia de los hongos fitopatógenos identificados en el cultivo de alfalfa, se aplicó el método del intervalo de confianza al 95 %, el cual permite determinar un rango dentro del cual se encuentra el valor poblacional.

El cálculo se realizó a partir de los valores mensuales de incidencia, obtenidos durante las evaluaciones de campo. Se utilizó la siguiente fórmula para determinar el intervalo:

$$IC = \bar{x} \pm t_{\alpha/2, n-1} \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$

Donde:

\bar{X} = Promedio de incidencia (%)

S = Desviación estándar de la muestra

n = Número de datos (meses evaluados)

$t_{\alpha/2, n-1}$ = Valor crítico de t de Student para un 95 % de confianza y n-1 grados de libertad

IC = Intervalo de confianza

\pm = (-) para hallar los límites inferiores y (+) los límites superiores.

El procesamiento estadístico se realizó utilizando Microsoft Excel, esta metodología permitió estimar para cada especie de hongo el promedio de incidencia con su respectivo intervalo de confianza, garantizando mayor precisión y respaldo estadístico en la interpretación de los resultados.

d) Cálculo de Indicadores de diversidad de hongos fitopatógenos presentes en el cultivo de alfalfa (Medicago sativa).

Para evaluar la diversidad de hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa, se

utilizaron indicadores de diversidad, que permiten describir la estructura de la comunidad según la información recolectada en campo. Se tomaron en cuenta los valores promedio de los porcentajes de incidencia de cada especie (fitopatógenos), durante los meses de marzo, abril y mayo de 2024.

Se utilizaron los siguientes índices:

- **Riqueza específica (S):** Representa el número total de especies diferentes de hongos fitopatógenos identificados.

- **Índice de Shannon-Wiener (H')**: Se calculó con la fórmula:

$$H' = - \sum (p_i \cdot \ln(p_i))$$

- **Índice de Simpson (1 - D):** Se aplicó la fórmula:

$$D = \sum p_i^2 ; 1 - D$$

- **Equitatividad de Pielou (J')**: Estima la uniformidad en la distribución de las especies, mediante la fórmula:

$$J' = \frac{H'}{\ln(S)}$$

El procesamiento de estos cálculos se realizó mediante funciones de Excel, a partir de los datos obtenidos durante la prospección.

e) Descripción de los síntomas

La evaluación de los síntomas se llevó a cabo en el mismo sitio donde se realizó el estudio. Para ello, se observaron detenidamente las plantas de alfalfa que mostraban signos de diversas enfermedades fúngicas, las cuales afectaban diferentes partes como tallos, hojas y raíces. Estos hallazgos fueron anotados en un cuaderno de campo y respaldados con fotografías.

f) Selección y recolección de muestras sintomáticas para análisis fitopatológico en laboratorio

La recolección de muestras se realizó mediante un muestreo dirigido, seleccionando

ejemplares que presentaban síntomas visibles de enfermedades fúngicas distribuidas a lo largo del terreno. Se recolectaron órganos específicos de las plantas (hojas, tallos y raíces) con sintomatología evidente.

Cada muestra fue extraída cuidadosamente con una cuchilla previamente desinfectada en una solución de hipoclorito de sodio al 2%. Posteriormente, se envolvieron en papel periódico y se colocaron en bolsas plásticas selladas herméticamente, para su adecuado traslado al laboratorio de Fitopatología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, donde se realizó el análisis correspondiente.

2.7.2. Etapa II: Trabajo en el laboratorio

Esta etapa se llevó a cabo en el laboratorio de Fitopatología, de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

a) Preparación de cámara húmeda

Las muestras fueron colocadas en una cámara húmeda, la cual fue preparada en un recipiente de plástico previamente desinfectado con una solución de hipoclorito de sodio al 2%.

En la base de la cámara húmeda se coloca papel toalla y se le humedece con agua destilada, y sobre él, se ubican las muestras sobre una placa de Petri, con el fin de crear un ambiente favorable para el rápido desarrollo de las estructuras de propagación del posible patógeno responsable de la enfermedad. Las muestras permanecen en la cámara húmeda un aproximado de seis a nueve días, hasta realizar el trabajo de identificación del agente causal de las respectivas enfermedades.

Hojas: En el laboratorio de Fitopatología, se llevó a cabo una selección cuidadosa de las muestras de hojas de alfalfa, basándose en los síntomas que presentaban cada una. Estas muestras fueron colocadas en una cámara

húmeda, que es un recipiente de plástico hermético y desinfectado. En la base del recipiente, se colocó un papel toalla humedecido con agua destilada, y sobre este, se ubicaron placas Petri. Finalmente, las hojas de alfalfa con diferentes síntomas de enfermedades se depositaron sobre las placas Petri. Este proceso se realizó con el objetivo de crear un ambiente favorable para la esporulación de los patógenos. Las muestras permanecieron en la cámara húmeda durante seis a ocho días, lo que permitió la identificación del agente causal de las enfermedades.

Tallo: Tras examinar los síntomas presentados en las muestras de los tallos de alfalfa, se preparó una cámara húmeda utilizando papel toalla húmedo en la base de un recipiente. Sobre este, se colocaron las placas Petri que contenían las muestras de tallos seleccionadas. Estas muestras se mantuvieron selladas durante nueve días para permitir la identificación del patógeno.

Raíz: El método de la cámara húmeda era parecido al utilizado con las hojas y tallos de la alfalfa, pero con la diferencia de que el organismo dañino que afectaba a las raíces era únicamente *Verticillium alfalfae*. Por lo tanto, ya no fue necesario seleccionar las muestras. Estas muestras se mantuvieron durante ocho días en la cámara, donde se pudieron observar las estructuras de propagación del patógeno.

b) Reconocimiento de estructuras

El reconocimiento de los patógenos causantes de enfermedades se realizó mediante observación microscópica, utilizando un estereoscopio y un microscopio óptico. Para ello, se tomó una pequeña porción del tejido vegetal afectado con ayuda de pinzas y un bisturí estéril, la cual se colocó en un portaobjetos. Posteriormente, se añadió una

gota de agua destilada, se cubrió con un cubreobjetos procurando evitar la formación de burbujas de aire, y se procedió a la observación al microscopio.

Durante el análisis microscópico, se observaron las estructuras morfológicas de los hongos fitopatógenos, como hifas, conidios, conidióforos, esporangios y otras estructuras reproductivas. Se evaluó su forma, tamaño, tipo de ramificación y disposición, lo que permitió identificar los patógenos. Este procedimiento se desarrolló conforme a los criterios taxonómicos y metodológicos propuestos por Agrios (2005), en el campo de la patología vegetal, y por Barnett y Hunter (1998), quienes proporcionan claves ilustradas para la identificación de hongos imperfectos.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de la presencia de hongos fitopatógenos en el cultivo de Alfalfa en las Parcelas de la quebrada Chaquihuaycco

Basándose en los registros descriptivos y fotográficos de los síntomas producidos por diversos hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa, se procedió a agrupar los diferentes casos patológicos para realizar un análisis organizado. Teniendo en cuenta la zona de producción, la diversidad de síntomas y tres meses del año (marzo, abril, mayo), se evaluaron las partes afectadas de la planta, incluyendo la parte aérea (hojas y tallos) y las raíces. El diagnóstico se realizó mediante el examen macroscópico y microscópico de muestras frescas, con el fin de identificar los agentes causales fúngicos.

Tabla 3.1

Porcentaje de Incidencia de hongos fitopatógenos en Lucmapampa, Idolopampa y Yarqapata, que comprende la zona de Chaquihuaycco, en el mes de marzo del año 2024

Hongo fitopatógeno	Enfermedad	Lucmapampa (%)	Idolopampa (%)	Yarqapata (%)	Promedio (%)	Intervalo de Confianza al 95%	
						Límite inferior (%)	Límite superior (%)
<i>Phoma medicaginis</i>	Tallo negro de primavera	68	65	70	68,0%	61,41	73,92
<i>Cercospora medicaginis</i>	Tallo negro de verano	59	55	63	59,0%	49,06	68,94
<i>Stemphylium botryosum</i>	Tizón foliar o Mancha foliar de <i>Stemphylium</i>	100	98	100	99,0%	96,46	100,00
<i>Pseudopeziza medicaginis</i>	Viruela o peca de la alfalfa	94	93	93	93,0%	91,90	94,77
<i>Peronospora trifoliorum</i>	Mildiu	9	3	3	5,0%	0,00	13,61
<i>Verticillium alfalfae</i>	Marchitez por <i>Verticillium</i>	3	3	7	4,0%	0,00	10,07
<i>Erysiphe polygoni</i>	Oidio de la alfalfa	0	0	0	0,0%	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia (2024)

Tabla 3.2

Porcentaje de Incidencia de hongos fitopatógenos en Lucmapampa, Idolopampa y Yarqapata, que comprende la zona de Chaquihuaycco, en el mes de abril del año 2024

Hongo fitopatógeno	Enfermedad	Lucmapampa (%)	Idolopampa (%)	Yarqapata (%)	Promedio (%)	Intervalo de Confianza al 95%	
						Límite inferior (%)	Límite superior (%)
<i>Phoma medicaginis</i>	Tallo negro de primavera	59	63	63	61,6%	55,93	67,40
<i>Cercospora medicaginis</i>	Tallo negro de verano	53	45	50	49,3%	39,29	59,37
<i>Stemphylium botryosum</i>	Tizón foliar o Mancha foliar de <i>Stemphylium</i>	91	90	97	92,6%	83,26	100,00
<i>Pseudopeziza medicaginis</i>	Viruela o peca de la alfalfa	74	88	87	82,6%	63,60	100,00
<i>Peronospora trifoliorum</i>	Mildiu	3	3	0	2,0%	0,00	6,30
<i>Verticillium alfalfae</i>	Marchitez por <i>Verticillium</i>	0	0	3	1,1%	0,00	5,30
<i>Erysiphe polygoni</i>	Oidio de la alfalfa	3	0	3	2,0%	0,00	6,30

Fuente: Elaboración propia (2024)

Tabla 3.3

Porcentaje de Incidencia de hongos fitopatógenos en Lucmapampa, Idolopampa y Yarqapata, que comprende la zona de Chaquihuaycco, en el mes de mayo del año 2024

Hongo fitopatógeno	Enfermedad	Lucmapampa (%)	Idolopampa (%)	Yarqapata (%)	Promedio (%)	Intervalo de Confianza al 95%	
						Límite inferior (%)	Límite superior (%)
<i>Phoma medicaginis</i>	Tallo negro de primavera	50	55	47	50,6%	40,63	60,71
<i>Cercospora medicaginis</i>	Tallo negro de verano	38	35	37	36,6%	32,87	40,46
<i>Stemphylium botryosum</i>	Tizón foliar o Mancha foliar de <i>Stemphylium</i>	82	78	87	82,2%	71,13	93,54
<i>Pseudopeziza medicaginis</i>	Viruela o peca de la alfalfa	62	70	80	70,6%	48,26	93,07
<i>Peronospora trifoliorum</i>	Mildiu	3	0	0	1,0%	0,00	5,30
<i>Verticillium alfalfae</i>	Marchitez por <i>Verticillium</i>	0	0	0	0,0%	0,00	0,00
<i>Erysiphe polygoni</i>	Oidio de la alfalfa	6	3	7	5,3%	0,16	10,50

Fuente: Elaboración propia (2024)

Tabla 3.4

Promedio del Porcentaje de Incidencia de hongos fitopatógenos en los tres meses de prospección (marzo, abril y mayo) del año 2024

Hongo fitopatógeno	Enfermedad	Marzo (%)	Abril (%)	Mayo (%)	Promedio (%)	Intervalo de Confianza al 95%	
						Límite inferior (%)	Límite superior (%)
<i>Phoma medicaginis</i>	Tallo negro de primavera	68	62	51	60,3%	38,91	81,75
<i>Cercospora medicaginis</i>	Tallo negro de verano	59	49	37	48,3%	20,97	75,70
<i>Stemphylium botryosum</i>	Tizón foliar o Mancha foliar de <i>Stemphylium</i>	99	93	82	91,3%	69,91	100,00
<i>Pseudopeziza medicaginis</i>	Viruela o peca de la alfalfa	93	83	71	82,3%	54,97	100,00
<i>Peronospora trifoliorum</i>	Mildiu	5	2	1	2,7%	0,00	7,84
<i>Verticillium alfalfae</i>	Marchitez por <i>Verticillium</i>	4	1	0	1,7%	0,00	6,84
<i>Erysiphe polygoni</i>	Oidio de la alfalfa	0	2	5	2,3%	0,00	8,59

Fuente: Elaboración propia (2024)

En la tabla 3.1, 3.2 y 3.3 se observa que en las tres parcelas muestreadas de la quebrada de Chaquihuaycco durante el mes de marzo, abril y mayo, el hongo *Stemphylium botryosum*, causante de la mancha foliar, que afecta la parte foliar de la planta, es el patógeno de mayor promedio de incidencia en los mencionados meses, con un 99%, 93% y 82% respectivamente, se aprecia que la incidencia por dicha enfermedad va decreciendo a causa de la baja humedad producto de la disminución de las precipitaciones en los meses de época seca. Entonces se puede afirmar lo mencionado por Alarcón et al. (2008), que el desarrollo de la enfermedad se ve favorecido por condiciones cálidas y húmedas, como las que se presentan a finales del verano y principios de otoño.

En cuanto, el segundo patógeno de mayor incidencia es el hongo *Pseudopeziza medicaginis*, causante de la viruela de la alfalfa, que afecta la parte foliar de la planta. Con un promedio de incidencia de 93%, 83% y 71% en los meses de marzo, abril y mayo, respectivamente. Se aprecia que la incidencia por dicha enfermedad va decreciendo a causa de la baja humedad producto de la disminución de las precipitaciones en los meses de época

seca. Afirmando lo mencionado por France (s.f.) que la enfermedad de la viruela se presenta comúnmente en regiones donde se cultiva la alfalfa, en las épocas de elevada humedad relativa y temperatura. Siendo la afección foliar más habitual que se puede observar.

El tercer patógeno de mayor incidencia es el hongo *Phoma medicaginis*, causante de la enfermedad del tallo negro de primavera, con un promedio de incidencia de 68%, 62% y 51% en los meses de marzo, abril y mayo, respectivamente. Se aprecia que la incidencia por dicha enfermedad va descendiendo mes a mes, a causa de la baja humedad producto de la disminución de las precipitaciones en los meses de época seca. Mostrando resultados que afirman lo mencionado por France (s.f.), que la presencia de este hongo parece ser más notoria en la región centro-sur, ya que las condiciones climáticas de esta zona, con precipitaciones y humedad adecuadas, permiten que el desarrollo de este microorganismo sea más favorable.

El cuarto patógeno de mayor incidencia es el hongo *Cercospora medicaginis* causante de la enfermedad del tallo negro de verano, con un promedio de incidencia de 59%, 49% y 37%, en los meses de marzo, abril y mayo, respectivamente. Se aprecia que la incidencia por dicha enfermedad va descendiendo mes a mes, a causa de la baja humedad producto de la disminución de las precipitaciones en los meses de época seca. Afirmando lo mencionado por Hijano y Navarro (1995) que la enfermedad se presenta con más severidad en áreas de veranos húmedos y calurosos.

El quinto patógeno registrado, es el hongo *Peronospora trifoliorum* causante de la enfermedad del mildiu de la alfalfa, con un promedio de incidencia de 5%, 2% y 1%, en los

meses de marzo, abril y mayo, respectivamente. Se aprecia que la incidencia por dicha enfermedad va descendiendo mes a mes, a causa de la baja humedad producto de la disminución de las precipitaciones en los meses de época seca. Mostrando resultados que afirman lo mencionado por France (s.f.), que la aparición de este hongo se hace más evidente cuando las condiciones climáticas presentan suficientes lluvias y humedad, lo cual favorece el crecimiento de este microorganismo.

El sexto patógeno registrado, es el hongo *Verticillium alfalfae* causante de la enfermedad de marchitez por *Verticillium*, que afecta la parte radicular de la planta. Con un promedio de incidencia de 4% y 1%, en los meses de marzo y abril, respectivamente. Siendo nula su presencia en el mes de mayo. Esta enfermedad fue de poca presencia en las parcelas de cultivo de alfalfa, se aprecia que la incidencia por dicha enfermedad va decreciendo a causa de la baja humedad producto de la disminución de las precipitaciones en los meses de época seca. Mostrando resultados que afirman lo mencionado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España (2020) que los síntomas se presentan durante las estaciones cálidas y húmedas.

El séptimo patógeno registrado es el hongo *Erysiphe polygoni* causante de la enfermedad de oidio de la alfalfa, con un promedio de incidencia de 2% y 5%, en los meses de abril y mayo, respectivamente. Esta enfermedad fue de muy poca presencia en las parcelas de cultivo de alfalfa y siendo nula su presencia en el mes de marzo. Se aprecia que la incidencia por dicha enfermedad, va en ascenso, a causa de la baja humedad producto de la disminución de las precipitaciones en los meses de época seca. Afirmando lo mencionado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y

Alimentación de España (2020) que las circunstancias ideales para que la enfermedad prospere se presentan en áreas agrícolas con temperaturas moderadas y niveles bajos de humedad, donde las noches frescas favorecen la formación y el desarrollo del micelio.

En la tabla 3.4. Se muestra que, durante los tres meses de prospección, los hongos *Stemphylium botryosum*, *Pseudopeziza medicaginis*, *Phoma medicaginis*, *Cercospora medicaginis*, tienen elevados porcentajes de incidencia, con 91.3%, 82.3%, 60.3% y 48.3%, respectivamente. En tanto *Peronospora trifoliorum*, *Erysiphe polygoni* y *Verticillium alfalfae*, tienen los valores más bajos con 2.6%, 2.3% y 1.7%, respectivamente.

3.2. Análisis de Indicadores de diversidad de hongos fitopatógenos presentes en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) en la zona de Chaquihuaycco, distrito de Carmen Alto, 2024

Con el fin de analizar la estructura de la comunidad de hongos fitopatógenos asociada al cultivo de alfalfa en la zona de Chaquihuaycco, se calcularon indicadores ecológicos clásicos de diversidad: la riqueza específica (S), el índice de Shannon-Wiener (H'), el índice de Simpson (1 - D) y la equitatividad de Pielou (J').

Los cálculos se realizaron en base a los promedios mensuales de incidencia de cada hongo identificado en campo. En la Tabla 3.5 se presentan los valores obtenidos.

Tabla 3.5
Indicadores de diversidad de hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa, Chaquihuaycco-2024

Indicador	Valor obtenido
Riqueza específica (S)	7
Índice de Shannon-Wiener (H')	1.46
Índice de Simpson (1 - D)	0.75
Equitatividad de Pielou (J')	0.75

Fuente: Elaboración propia (2024)

Los resultados obtenidos evidencian una comunidad fúngica con diversidad moderada, representada por siete especies fitopatógenas que afectan distintas partes de la planta de alfalfa. El índice de Shannon-Wiener ($H' = 1.46$) indica que la comunidad presenta cierto equilibrio, aunque con predominancia relativa de algunas especies como *Stemphylium botryosum* y *Pseudopeziza medicaginis*.

Asimismo, el índice de Simpson ($1 - D = 0.75$) revela una dominancia intermedia, es decir, no existe una especie que monopolice la comunidad. La equitatividad de Pielou ($J' = 0.75$) complementa esta interpretación, sugiriendo que la mayoría de especies tienen una representación proporcionalmente equilibrada, aunque no uniforme.

3.3. Descripción de signos, síntomas y taxonomía del patógeno

Basándonos en los objetivos planteados relacionados con la sintomatología asociada a los casos patológicos en el cultivo de alfalfa, y el diagnóstico de los patógenos relacionados con las enfermedades observadas en este cultivo, procederemos a describir los síntomas de cada una de las enfermedades encontradas, junto con sus respectivos diagnósticos. Para ello, la tabla 3.5, Muestra los diferentes patógenos identificados en las parcelas de la quebrada de Chaquihuaycco.

Tabla 3.6
Patógenos registrados en parcelas de alfalfa de la quebrada Chaquihuaycco

Hongo de raíz	Enfermedad
<i>Verticillium alfalfae</i>	Marchitez por <i>Verticillium</i>
Hongo de tallo	Enfermedad
<i>Phoma medicaginis</i>	Tallo negro de primavera
<i>Cercospora medicaginis</i>	Tallo negro de verano
Hongo de hojas	Enfermedad
<i>Stemphylium botryosum</i>	Tizón foliar o Mancha foliar de <i>Stemphylium</i>
<i>Pseudopeziza medicaginis</i>	Viruela o peca de la alfalfa
<i>Erysiphe polygoni</i>	Oidio de la alfalfa
<i>Peronospora trifoliorum</i>	Mildiu de la alfalfa

3.3.1. *Verticillium alfalfae*

Durante la exploración de las parcelas, se encontraron algunas plantas individuales que mostraban signos de marchitez vertical, repartidas de forma irregular dentro del campo. Las plantas a menudo muestran un deterioro y amarillamiento progresivo en sus hojas y tallos, que después de días se secan de una coloración marrón amarillamiento, llegando a extenderse a toda la planta en algunos casos.

En la mayoría de las plantas los síntomas solo se prestaron en algunos tallos. Al realizar un corte transversal y longitudinal de la raíz se observa la presencia de necrosis vasculares anulares en la parte más central, con una tonalidad pardo-rojizo. En ocasiones se puede apreciar un micelio blanquecino desarrollándose en el cuello de la raíz, donde hay una producción activa de conidios.

En parcelas recién instaladas la presencia de esta enfermedad fue casi nula, a comparación de parcelas de mayor edad del cultivo, en donde se encontraron la mayoría de los casos.

Figura 3.1

Plantas de alfalfa observadas en campo con síntomas de Verticillium alfalfae



Fuente: Fotografía propia (2024).

Figura 3.2

Muestras de las raíces enviadas al laboratorio con síntomas de Verticillium alfalfae

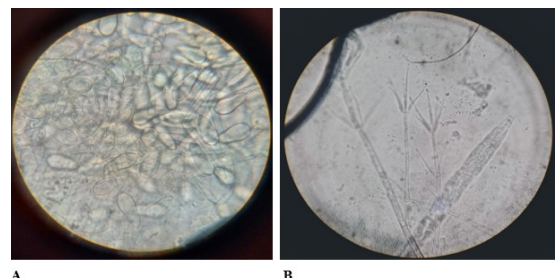


Fuente: Fotografía propia (2024).

En el diagnóstico de la enfermedad, las colonias son blanquecinas, los conidióforos son translúcidos, raras veces tienen un extremo de color marrón. Dentro de ellos, existen pequeñas divisiones horizontales o inclinadas, y en la parte superior cuentan con células que producen grupos de conidios, cada grupo tiene de uno a cinco conidios. Los conidios son translúcidos, sin tabiques, pero en raras ocasiones presentan uno. Se le incluye en la Clase Sordariomycetes y Orden Hypocreales.

Figura 3.3

Verticillium alfalfae. A. Conidios. B. Conidióforos. Observadas al microscopio con un aumento de 1000× y 400×, respectivamente



Fuente: Fotografía propia (2024).

3.3.2. *Phoma medicaginis*

La sintomatología observada durante la prospección muestra que los primeros síntomas se dan con la aparición de pequeñas e

irregulares pústulas alargadas de color café oscuro en el tallo, peciolo y en las hojas inferiores. Y que después, de acuerdo al aumento del grado de severidad, la enfermedad toma una coloración negra al momento de fusionarse, formando grandes áreas necróticas. Las hojas afectadas suelen presentar amarillamiento generalizado, y la planta muestra un alto grado de defoliación, especialmente en las hojas basales. Asimismo, las lesiones en peciolos y tallos adquieren un aspecto negruzco a medida que avanza la enfermedad. En algunos casos, la planta entera se seca, pudiendo observarse también daños en la corona radicular.

En el diagnóstico de la enfermedad, se observó que a los 8 días se formaron estructuras de reproducción (picnidios) en el tallo, las cuales eran de forma casi esférica, con una abertura en el centro y de color café oscuro. Las conidias eran mayormente unicelulares y transparentes, algunas con un único tabique, además de clamidosporas de color café claro a oscuro, esféricas o irregulares, ubicadas al final o entre las células, ya sea en cadenas o de forma individual. Se le incluye en la Clase Dothideomycetes y el Orden Pleosporales.

Figura 3.4

Plantas de alfalfa observada en campo con síntomas de Phoma medicaginis, que ocasiona el tallo negro de primavera



Fuente: Fotografía propia (2024).

Figura 3.5

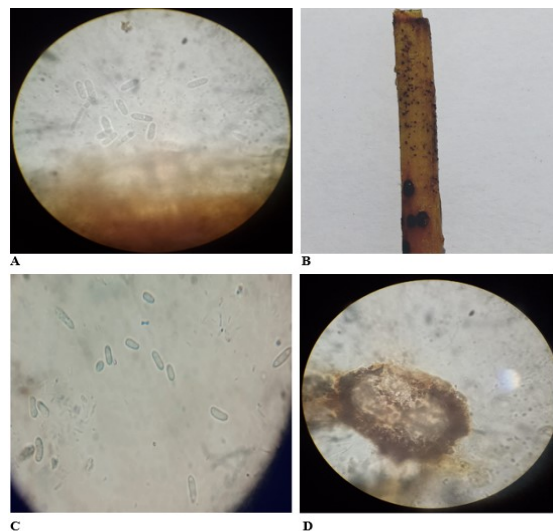
Muestra de tallos con síntomas de Phoma medicaginis llevado al laboratorio



Fuente: Fotografía propia (2024).

Figura 3.6

Phoma medicaginis. A-C. Conidias (observadas a un aumento de 400×). B. Picnidios en la superficie del huésped. D. Conidioma observado en el microscopio con un aumento de 400×



Fuente: Fotografía propia (2024).

3.3.3. Cercospora medicaginis

Durante la exploración, se observaron manchas en las hojas y con forma irregular en los tallos. En algunas ocasiones, las manchas tienen un color marrón, y en casos más severos, adquieren un tono pardo plateado. Los tallos afectados presentan lesiones alargadas de color marrón rojizo y desarrollan grandes áreas necróticas, secas y frágiles.

Figura 3.7

Plantas de alfalfa observada en campo con síntomas de Cercospora medicaginis que ocasiona el tallo negro de verano



Fuente: Fotografía propia (2024).

Figura 3.8

Muestras de tallos enviadas al laboratorio con síntomas de Cercospora medicaginis



Fuente: Fotografía propia (2024).

En el diagnóstico de la enfermedad, las Conidias son de forma alargada, hialinos y contienen de cuatro a siete septos. Se le incluye en la Clase Dothideomycetes y el Orden Mycosphaerellales.

Figura 3.9

Conidios de Cercospora medicaginis observadas en el microscopio con un aumento de 1000×



Fuente: Fotografía propia (2024).

3.3.4. Stemphylium botryosum

En el proceso de prospección, se observa que el hongo comienza a manifestarse con lesiones necróticas irregulares en las hojas inferiores, propagándose gradualmente hacia las partes superiores de la planta. En sus primeras etapas, los síntomas pueden ser confundidos con la Viruela de la alfalfa, pero con el tiempo las diferencias se vuelven evidentes.

La enfermedad en un inicio presenta varias puntuaciones de color café oscuro y un pequeño color crema en el centro, con halo amarillo clorótico al borde de los puntos. Con el avance de la enfermedad las partes afectadas de las hojas se van tornando de color amarillo y posteriormente se presencia una quemadura foliar. Las puntuaciones irregulares aumentan de tamaño, formando un halo de color crema en la parte central y un diminuto borde de color café claro. Por consiguiente, de manera gradual desde la parte inferior hacia la parte superior, las hojas llegan a desprenderse de la planta.

Figura 3.10

Plantas de alfalfa observada en campo, con síntomas de Stemphylium botryosum que ocasiona el Tizón foliar o Mancha foliar de Stemphylium



Fuente: Fotografía propia (2024).

Figura 3.11

Muestras de hojas enviadas al laboratorio con síntomas de Stemphylium botryosum

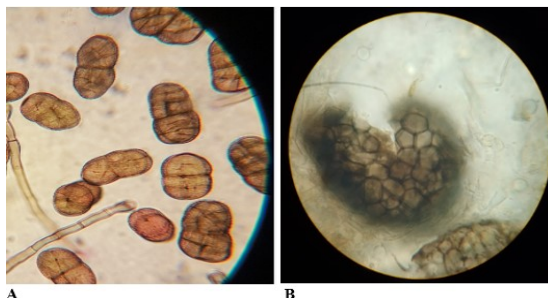


Fuente: Fotografía propia (2024).

En el diagnóstico de la enfermedad, los conidios observados presentan características acordes con la descripción del fitopatógeno, teniendo forma muriforme, incluyendo de tres a cuatro tabiques transversales, tres a cinco tabiques longitudinales, de una coloración marrón. Se le incluye en la Clase Dothideomycetes y el Orden Pleosporales.

Figura 3.12

Stemphylium botryosum. A. Conidióforos y conidios. B. Picnidio. Observadas al microscopio con un aumento de 400×



Fuente: Fotografía propia (2024).

3.3.5. Pseudopeziza medicaginis

En el proceso de prospección se notó mayor susceptibilidad a la enfermedad en cultivos de alfalfa recién instaladas. Los síntomas se presentan sobre el haz de las hojas, observando varias manchas circulares, pequeñas, con bordes aserrados, de coloración parda oscura y rodeada por un halo más claro. Los síntomas se presentan en casi la totalidad de las hojas, que en su mayoría están ubicadas en hojas inferiores y que gradualmente aparecen en hojas superiores. En el centro de una lesión desarrollada, se encuentra un cuerpo fructífero en forma de un disco de color marrón claro (apotecios), que es difícil de observar a simple vista.

En los casos más severos de infección (aumento de la cantidad de manchas en la superficie de la hoja), las hojas se tornan de color amarillo y posteriormente se desprenden de la planta.

Figura 3.13

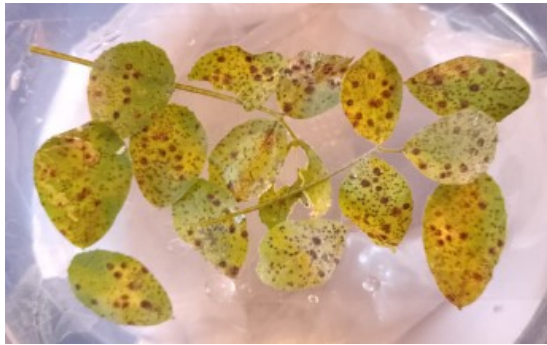
Plantas de alfalfa observada en campo con síntomas de Pseudopeziza medicaginis, que ocasiona la viruela de la alfalfa



Fuente: Fotografía propia (2024).

Figura 3.14

Muestras de hojas enviadas al laboratorio con síntomas de Pseudopeziza medicaginis

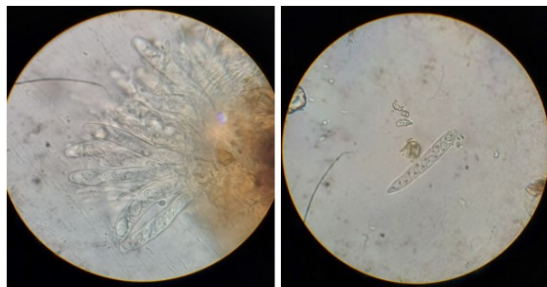


Fuente: Fotografía propia (2024).

En el diagnóstico de la enfermedad, se observa que las ascas son alargadas, translúcidas y contienen ocho ascosporas unicelulares, las ascosporas tienen una forma ovoide y son translúcidas. Se le incluye en la Clase Leotiomycetes y el Orden Helotiales.

Figura 3.15

Pseudopeziza medicaginis. A. Pseudoapotecios. B. Asca conteniendo ascosporas en su interior. Observadas al microscopio con un aumento de 400×



Fuente: Fotografía propia (2024)

3.3.6. *Erysiphe polygoni*

La enfermedad se muestra en ambas caras de las hojas con un revestimiento blancuzco de forma irregular (micelios, conidióforos y conidias), por debajo del cual aparecen manchas oscuras. En la mayoría de casos la enfermedad se presentó en hojas y tallos jóvenes. La cenicilla formada en la superficie de la hoja es frágil al tacto, desprendiéndose fácilmente. En casos iniciales primero

aparecen manchas leves de color pardo oscuro, que conforme la enfermedad avanza se vuelve blanquecino, y ya en casos muy avanzados las manchas blanquecinas pasan a tornarse de color café oscuro. Las manchas blanquecinas invaden toda la superficie de las hojas y tallos en poco tiempo, cuando las condiciones ambientales son favorables.

La enfermedad no perjudica los rendimientos productivos en cultivos destinados a la alimentación animal, porque se presenta cuando ya las plantas están listas para el corte. En el diagnóstico de la enfermedad, se observa que los conodioforos son rectos, con una célula basal seguida por dos células un poco más cortas, o a veces una célula de longitud similar o ligeramente más larga, que terminan en apresorios lobulados. Los conidios se producen individualmente, son grandes y más o menos cilíndricos, hialinos y a menudo con tubos germinativos cortos en el extremo que concluyen en un apresorio lobulado. Se le incluye en la Clase Leotiomycetes y el Orden Erysiphales.

Figura 3.16

Plantas de alfalfa observada en campo con síntomas de Erysiphe polygoni que ocasiona el oídio de la alfalfa



Fuente: Fotografía propia (2024).

Figura 3.17

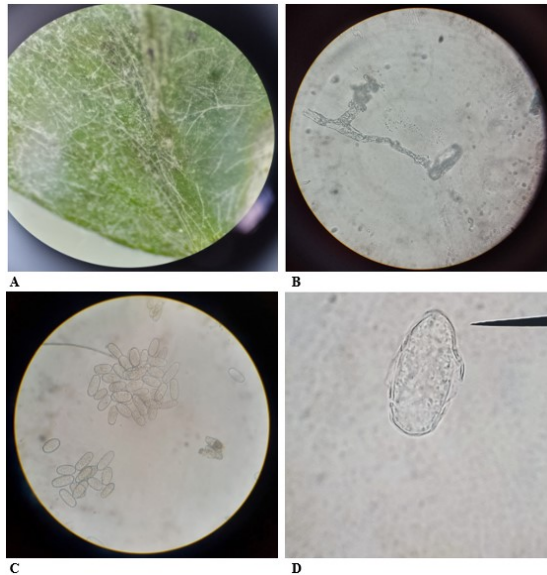
Muestras de hojas enviadas al laboratorio con síntomas de *Erysiphe polygoni*



Fuente: Fotografía propia (2024).

Figura 3.18

Erysiphe polygoni. **A.** micelios, conidióforos y conidias. **B.** Conidióforo. **C-D.** Conidias. Observados en el microscopio con un aumento de 40×(A), 400× (B y C), 1000× (D)



Fuente: Fotografía propia (2024).

3.3.7. *Peronospora trifoliorum*

En el proceso de prospección, se observa manchas amarillentas o decoloradas en las hojas, tanto en el haz como en el envés. En el reverso de las hojas presenta un tono grisáceo debido al crecimiento del micelio del hongo. En casos de infección generalizada, pueden verse afectadas hojas enteras y tallos jóvenes o nuevos brotes, los cuales mostrarán entrenudos más cortos y un aspecto hinchado, así como un enrollamiento de las hojas a lo largo de su eje principal, y en la parte inferior, se aprecia un

moho de tonos que van del blanco al violeta pálido o grisáceo, esto viene a ser los esporangióforos, que llevan consigo los conidios.

En los lugares donde se encuentra, por lo general no supone un problema. Tiende a manifestarse en la localidad durante los períodos climatológicos apropiados, con temperaturas suaves y altos niveles de humedad atmosférica, principalmente durante los meses de diciembre a marzo. Se le incluye en la Clase Oomycetes y el Orden Peronosporales.

Figura 3.19

Plantas de alfalfa observada en campo con síntomas de *Peronospora trifoliorum* que ocasiona el mildiu de la alfalfa



Fuente: Fotografía propia (2024).

Figura 3.20

Muestras de hojas enviadas al laboratorio con síntomas de *Peronospora trifoliorum*

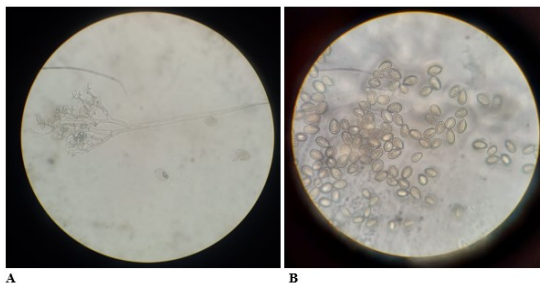


Fuente: Fotografía propia (2024).

En el diagnóstico de la enfermedad se observa que los conidióforos surgen a través de las estomas, son finos y con una apariencia arbórea, divididos en dos ramas, y cada una de estas ramas termina en un esterigma que genera un conidio. Los conidios tienen una forma globular y elíptica.

Figura 3.21

Peronospora trifoliorum. A. Esporangióforo. B. Esporangios. Observadas al microscopio con un aumento de 400×, respectivamente



Fuente: Fotografía propia (2024).

CONCLUSIONES

1. La evaluación de la presencia y diversidad de hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa en la quebrada de Chaquihuaycco, tuvo como resultado un total de siete hongos fitopatógenos reconocidos. Los cuales tienen el siguiente porcentaje de incidencia: *Stemphylium botryosum* (91,3%), *Pseudopeziza medicaginis* (82,3%), *Phoma medicaginis* (60,3%), *Cercospora medicaginis* (48,3%), *Peronospora trifoliorum* (2,7%), *Erysiphe polygoni* (2,3%) y *Verticillium alfalfae* (1,7%).
2. La caracterización de síntomas permitió identificar manifestaciones específicas en cada órgano de la alfalfa según el hongo presente. En las raíces, *Verticillium alfalfae* ocasiona marchitez vascular y necrosis. En los tallos, *Phoma medicaginis* y *Cercospora medicaginis* provocan lesiones

necróticas y manchas. En las hojas, *Pseudopeziza medicaginis* y *Stemphylium botryosum*, generan manchas foliares y necrosis; *Erysiphe polygoni* produce un micelio blanco en la superficie; y *Peronospora trifoliorum* causa manchas vellosas en el envés.

3. En el diagnóstico e identificación de los hongos fitopatógenos en el cultivo de alfalfa, *Verticillium alfalfae* fue reconocido por sus hifas ramificadas y esporas. Por su parte, *Phoma medicaginis* y *Cercospora medicaginis* se caracterizaron por la presencia de conidios hialinos. En las hojas, se reconocieron a *Pseudopeziza medicaginis*, el cual muestra la presencia de ascas y ascosporas, y *Stemphylium botryosum*, se reconoció por la forma muriforme de sus conidios. Además, *Erysiphe polygoni* fue identificado por la presencia de micelio blanco en la superficie de la hoja. Finalmente, *Peronospora trifoliorum* por sus esporangióforos arborescentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alarcón, B., Espinosa, E., Galicia, M., & Espinosa, O. (2008). *Manual de plagas y enfermedades de la alfalfa (Medicago sativa L.)*. Fundación Hidalgo Produce A.C.

Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology* (5th ed.). Elsevier Academic Press.

Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi* (4th ed.). APS Press.

France, A. (s. f.). Enfermedades de la alfalfa en la zona centro sur de Chile. *Biblioteca Digital INIA*, 81–105.

- Hijano, E., & Navarro, A. (1995). *La alfalfa en la Argentina, Subprograma Alfalfa*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Sitio Argentino de Producción Animal.
- Ministerio de Agricultura de Chile. (2005). *Prospecciones de cultivos y productos agrícolas*. Sistema de Vigilancia Agrícola.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España. (2020). *Guía de gestión integrada de plagas*. Secretaría General Técnica.
- Odorizzi, A., Cornacchione, V., Arolfo, V., Basigalup, D., Mijoevich, M., & Balzarini, M. (2017). Evaluación de la virosis del achaparramiento de la alfalfa (*Medicago sativa L.*) en dos ambientes contrastantes de Argentina. *Agriscientia*, 34, 69–81.
- SENAMHI. (2025). *Datos climáticos mensuales: Estación Ayacucho*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- Sulca, A. (2015). *Producción en forraje de cinco variedades de alfalfa (Medicago sativa L.) Ticllas a 2395 msnm - Ayacucho* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]