

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS
PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

TESIS:

INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE PLANTAS PATÓGENAS EN
ÁRBOLES DE SAUCE (*Salix chilensis* MOL.) EN EL DISTRITO DE
CHOTA, CAJAMARCA – 2024

Para optar el Grado Académico de

DOCTOR EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Presentada por:

M.Cs. PACÍFICO MUÑOZ CHÁVARRY

Asesor:

Dr. MANUEL SALOMÓN RONCAL ORDÓÑEZ

Cajamarca, Perú

2025



**Universidad
Nacional de
Cajamarca**
"Norte de la Universidad Peruana"



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Pacífico Muñoz Chávarry
DNI: 26646257
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias. Programa de Doctorado en Ciencias, Mención: Gestión Ambiental y Recursos Naturales
2. Asesor: Dr. Manuel Salomón Roncal Ordoñez
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☐ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☒ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
Incidencia y severidad de plantas patógenas en árboles de sauce (*Salix chilensis* Mol.) en el distrito de Chota, Cajamarca - 2024
6. Fecha de evaluación: **02/09/2025**
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **6%**
9. Código Documento: **3117:3327771138**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ **APROBADO** ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **30/10/2025**

Firma y/o Sello Emisor Constancia
 Dr. Manuel Salomón Roncal Ordoñez DNI: 26714181

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT 2025 © by
PACÍFICO MUÑOZ CHÁVARRY
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD
Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Siendo las 16:15 horas, del día 16 de octubre del año dos mil veinticinco, reunidos en el Aula IQ-205 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el Dr. JUAN EDMUNDO CHÁVEZ RABANAL, Dra. CONSUELO BELANIA PLASENCIA ALVARADO, Dr. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA y en calidad de Asesor, el Dr. MANUEL SALOMÓN RONCAL ORDOÑEZ Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y el Reglamento del Programa de Doctorado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la SUSTENTACIÓN de la tesis titulada: **INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE PLANTAS PATÓGENAS EN ÁRBOLES DE SAUCE (*Salix Chilensis* MOL.) EN EL DISTRITO DE CHOTA, CAJAMARCA - 2024**; presentada por el Maestro en Ciencias **PACÍFICO MUÑOZ CHÁVARRY**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó APROBAR con la calificación de DIECISEIS (16) la mencionada Tesis; en tal virtud, el Maestro en Ciencias **PACÍFICO MUÑOZ CHÁVARRY**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que la acredita como **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mención **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

Siendo las 18:00 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....
Dr. Manuel Salomón Roncal Ordoñez
Asesor

.....
Dr. Juan Edmundo Chávez Rabanal
Presidente-Jurado Evaluador

.....
Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado
Jurado Evaluador

.....
Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

A la memoria de mis queridos padres Pacífico Muñoz Torrel y Amada Luzdina Chávarry Pajares por darme la vida y la razón de mi vivir, por ser mis primeros maestros, la fuente de inspiración y trabajo continuo; la parte moral pregonaron con el ejemplo y no con el discurso, gracias por enseñarme a valorar lo poco y lo mucho, lo grande y lo pequeño, gracias por haberse convertido en mi estrella que me ilumina en cada día de mi existir.

A mis hermanas Martha, Irene, Iris y Enma que siempre me brindaron sus consejos, que confiaron en mí en todo momento, que me motivaron para seguir adelante y me apoyaron desinteresadamente en forma material y espiritual. También en forma especial a mis hermanos Wilder y Delicia por estar siempre dispuestos a tenderme la mano, por creer en mí cuando las fuerzas flaqueaban y por recordarme que los sueños se alcanzan con perseverancia gracias por ser parte esencial de este logro.

A mis hijas Adeliz y Alexandra, que son mi motivo de superación y mi fuerza inagotable.

A mi esposa Silvia María, compañera de vida y musa de mis pensamientos cuyo apoyo constante, comprensión y compañía silenciosa fueron el sostén en cada etapa de este trabajo. Gracias por su aliento y por recordarme siempre la importancia de seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Autónoma de Chota (UNACH), especialmente a la carrera de Ingeniería Forestal y Ambiental por facilitarme los laboratorios y equipos para el desarrollo de este trabajo de investigación.

A los ingenieros Eiler Llatas Mírez por su colaboración en la elaboración de los mapas de calor al Ing. Dennis Alvarino Cieza Tarrillo en la elaboración de los gráficos de correlaciones y a mi colega y amigo ingeniero Jim Villena Velásquez por su apoyo incondicional en todo el proceso de investigación.

Al QF Dr. Oscar Herrera Calderón, docente de la Universidad Mayor de San Marcos, que con su decidido apoyo se pudo lograr el tamizaje fitoquímico de las hojas de sauce y de *Phoradendron nervosum*.

A mi asesor Dr. Manuel Salomón Roncal Ordóñez por su apoyo con su valioso tiempo y experiencia que permitió enriquecer el presente estudio.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.....	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
 CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	 1
 CAPÍTULO II . MARCO TEÓRICO	 3
2.1. Antecedentes de la investigación.....	3
2.1.1 Antecedentes Internacionales	3
2.1.2. Antecedente Nacional	6
2.1.3. Antecedentes Locales.....	7
2.2. Bases teóricas	7
2.2.1 Planta patógena <i>Phoradendron spp</i>	7
2.2.1.1 Características generales del género <i>Phoradendron</i>	7
2.2.1.2 Historia de las plantas patógenas	8
2.2.1.3 Etimología y nombres comunes de <i>Phoradendron</i>	9
2.2.1.4 Factores que influyen en la invasividad del género <i>Phoradendron</i>	10
a. Contenido de nitrógeno.....	10
b. La compatibilidad.....	10
c. La fuerza del parásito.....	11
d. Interacciones químicas con el huésped.....	11
2.2.1.5 Relación cambio climático y plantas patógenas	13
2.2.1.6 Distribución geográfica y altitudinal.....	15
2.2.1.7 Composición química del género <i>Phoradendron</i>	15
a. Sustancias alelopáticas e Incidencia	16
b. Metabolitos y Severidad (nivel de daño al hospedador)	16

2.2.1.8 Descripción morfológica del fruto de <i>Phoradendron</i> sp	19
a. Fruto	19
b. Formación del haustorio de un muérdago	22
2.2.1.9 Zoocoria y dispersión de semillas de <i>Phoradendron</i> spp.....	25
2.2.1.10 Patogénesis del <i>Phoradendron</i> spp.....	29
2.2.1.11 Ciclo biológico	32
2.2.1.12 Taxonomía del <i>Phoradendron nervosum</i>	34
2.2.1.13 Sinónimos de <i>Phoradendron nervosum</i> Oliv	35
2.2.1.14 Manejo y control de plantas patógenas	36
A) Manejo silvícola.....	36
B) Uso de herbicidas selectivos.....	36
C) Aplicación de fitohormonas.....	37
D) Control biológico	37
2.2.1.15 Especies hospedadoras de <i>Phoradendron nervosum</i>	37
2.2.1.16 Epiparasitismo y hospederos parásitos	39
2.2.2 El árbol de sauce (<i>Salix chilensis</i>)	41
2.2.2.1 Información y características generales del Sauce (<i>Salix chilensis</i>).....	41
2.2.2.2 Requerimientos ecológicos del sauce (<i>Salix chilensis</i>).....	42
2.2.2.3 Clasificación taxonómica del género <i>Salix chilensis</i>	43
2.2.2.4 Sinónimos de <i>Salix chilensis</i>	43
2.2.2.5 Importancia y composición del género <i>Salix</i>	43
2.3 Definición de términos básicos	46
 CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	48
3.1. Ubicación geográfica de la investigación	48
3.1.1 Latitud	48
3.1.2 Altitud.....	48
3.1.3 Extensión	48
3.1.4 Límites	48
3.2. Materiales y equipos	50
3.2.1 De campo.....	50
3.2.2 Equipos.....	50
3.3. Población, muestra y muestreo.....	50
3.3.1 Población	50
3.3.2 Muestra	50

3.3.3 Muestreo	51
3.4. Metodología	51
3.4.1 Técnicas de recolección de datos	51
3.4.2 Técnicas de procesamiento de la información.....	52
3.4.3 Evaluaciones y datos registrados	52
3.4.4. Procesamiento y análisis de la información.....	57
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
4.1 Niveles de Incidencia de plantas parásitas en árboles de sauce (<i>Salix chilensis</i>) en el distrito de Chota, Cajamarca.	58
4.2 Niveles Severidad de plantas patógenas en árboles de sauce (<i>Salix chilensis</i>) en el distrito de Chota, Cajamarca	63
4.3 Relación de diámetro altura de pecho (DAP), altitud y temperatura con los niveles de incidencia y severidad en los árboles de sauce.	68
4.3.1 Relación de 19 variables bioclimáticas Vs los niveles de incidencia de las plantas patógenas en los árboles de sauce.	68
4.3.1.1 Efecto de la Precipitación en la Incidencia de plantas de <i>Phoradendron</i> . 70	
4.3.1.2 Efecto de la Temperatura en la Incidencia de <i>Phoradendron</i>	71
4.3.2 Relación de diámetro altura de pecho (DAP), altitud, ASPEC, PEND con los niveles de Incidencia de las plantas patógenas en los árboles de sauce, en el distrito de Chota.	73
4.3.2.1 Relación diámetro altura de pecho (DAP) Vs. Incidencia (ISD)	73
4.3.2.2 Relación Altitud (ALT) Vs. Incidencia (ISD)	74
4.3.2.3 Dirección de la pendiente con respecto al sol (ASPEC) Vs. Incidencia (ISD)	75
4.3.2.4 Relación Pendiente (PEND) Vs. Incidencia (ISD)	76
4.3.3 Relación de 19 variables bioclimáticas Vs los niveles de severidad las plantas patógenas en árboles de sauce, en el distrito de Chota.....	77
4.3.3.1 Precipitación y su relación con la severidad de <i>Phoradendron</i>	78
4.3.3.2 Temperatura y su relación con severidad de <i>Phoradendron</i>	79
4.3.4 Relación de DAP, ALT, ASPEC y PEND Vs los niveles de Severidad de las plantas patógenas en los árboles de sauce, en el distrito de Chota. ...	79
4.3.4.1 Relación diámetro altura de pecho (DAP) Vs Severidad (SVD)	80
4.3.4.2 Relación Altitud (ALT) y Severidad (SVD)	83
4.3.4.3 Relación de la dirección de la pendiente con respecto al sol (ASPEC) Vs. Severidad (SVD)	85

4.3.4.4 Relación de la Pendiente (PEND) Vs. Severidad (SVD)	87
4.5 Influencia de la patogenicidad y patogénesis relacionada con el diámetro de ramas donde crece y desarrolla la planta patógena.	87
4.5.1 Influencia de la patogenicidad en el desarrollo de las plantas patógenas ..	87
4.5.1.1 Tamizaje fitoquímico del sauce con la planta patógena.....	88
4.5.2 Patogénesis relacionada con la penetración del haustorio de acuerdo al diámetro de ramas donde crece y desarrolla la planta patógena.	94
4.5.2.1 Diferentes diámetros de los troncos y de las ramas de sauce con presencia de la planta patógena <i>P. nervosum</i>	94
 CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	98
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
 ANEXOS.....	120

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición química de las hojas de <i>Phoradendron sp</i>	17
Tabla 2. Composición mineral de las hojas de muérdago (Loranthaceae)	18
Tabla 3. Especies hospedadoras de <i>Phoradendron nervosum</i>	38
Tabla 4. Epiparásitas y sus hospederos del género <i>Phoradendron</i>	40
Tabla 5. Niveles de incidencia de plantas patógenas en árboles de sauce	53
Tabla 6. Grado de severidad de plantas patógenas en árboles de sauce	54
Tabla 7. Variables bioclimáticas utilizadas.....	55
Tabla 8. Niveles de incidencia de <i>P. nervosum</i> en árboles de sauce (<i>Salix chilensis</i>)	58
Tabla 9. Niveles de severidad de <i>P. nervosum</i> en árboles sauce (<i>Salix chilensis</i>)	63
Tabla 10. Tamizaje fitoquímico de hojas de sauce con presencia de <i>P. nervosum</i>	88
Tabla 11. Tamizaje fitoquímico de hojas de sauce sin la presencia de <i>P. nervosum</i> ...	88
Tabla 12. Tamizaje fitoquímico de muestras de hojas de <i>P. nervosum</i>	89

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Frutos maduros e inmaduros de <i>Phoradendron nervosum</i>	20
Figura 2. Semilla de <i>Phoradendron</i> sp. fijada en una rama	22
Figura 3. Aves dispersoras de las semillas de <i>Phoradendron</i> sp.....	28
Figura 4. Ciclo de vida del <i>Phoradendron</i> sp.....	34
Figura 5. Especies hospederas de <i>P. nervosum</i>	39
Figura 6. Plantas epiparásitas y hospederos parásitos	41
Figura 7. Mapa de ubicación del distrito de Chota	49
Figura 8. Incidencia de <i>Phoradendron</i> en árboles de sauce en 60 localidades del distrito de Chota	61
Figura 9. Severidad de <i>Phoradendron</i> en árboles de sauce en 60 localidades muestreadas del distrito de Chota	66
Figura 10. Correlograma entre las 19 variables bioclimáticas Vs. Incidencia (ISD) ..	69
Figura 11. Correlograma entre DAP, ALT, ASPEC, PEND Vs Incidencia (ISD).....	73
Figura 12. Correlograma entre las 19 variables bioclimáticas Vs Severidad (SVD) ...	77
Figura 13. Correlograma entre DAP, ALT, ASPEC y PEND Vs Severidad (SVD)	80
Figura 14. Comparación del tamizaje bioquímico de las muestras hojas de sauce sin y con el ataque de <i>P. nervosum</i>	90
Figura 15. Diferentes diámetros de las ramas y troncos atacados por <i>P. nervosum</i>	95
Figura 16. Corte longitudinal de las ramas de sauce atacadas por <i>P. nervosum</i>	96

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS UTILIZADAS

ASPEC	Dirección de la pendiente con respecto al sol
ALT	Altitud
CMF	Microfibrillas de celulosa
DAP	Diámetro altura de pecho
GPS	Sistema de posicionamiento global
HIF	Factores inductores de haustorio
ISD	Incidencia
IPCC	Panel intergubernamental del cambio climático
PEND	Pendiente
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SVD	Severidad
UNACH	Universidad Nacional Autónoma de Chota
XET	Xiloglucano endotransglicosilasas

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la incidencia y severidad de plantas patógenas en sauce (*Salix chilensis* Mol.) en el distrito de Chota. Esta se desarrolló entre los años 2023 – 2025 y se evaluaron 2405 árboles de sauce en 60 localidades, logrando identificar a *Phoradendron nervosum* como planta patógena. Se determinó la patogenicidad por medio de la observación directa, realizando cortes longitudinales del tejido cortical del hospedero (sauce), donde se pudo evidenciar que la invasión del haustorio es indistinta al diámetro de las ramas. La patogénesis mediante el análisis de perfil fitoquímico de las hojas del tercio superior del sauce, se realizó en el laboratorio de farmacia y bioquímica, de la Universidad Mayor de San Marcos, el poder patogénico de esta fanerógama se debe a los metabolitos tóxicos que utiliza y están constituidos por compuestos fenólicos, flavonoides, terpenos, grupos aminos libres y taninos. El nivel de incidencia fue alto de 59,95 % (Nivel 3), con un coeficiente de variación muy alto de 62,07 %. En cuanto a la severidad, fue bajo 18,65% (Grado 2), y el coeficiente de variación muy alto de 68,29 %. Referente a las 19 variables bioclimáticas no tuvieron correlación significativa con respecto a la incidencia y severidad; diámetro a la altura del pecho, pendiente, dirección de la pendiente con respecto al sol no tuvieron una correlación significativa con la incidencia y severidad. La variable altitud presentó una correlación media negativa con la incidencia ($r = -0,49$) al igual que la severidad ($r = -0,50$).

Palabras clave: Incidencia, severidad, patógeno, parásita, muérdago

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the incidence and severity of pathogenic plants on willow (*Salix chilensis* Mol.) in the Chota district. It was developed between the years 2023 – 2025 and 2405 willow trees were evaluated across 60 locations, and *Phoradendron nervosum* was identified as a pathogenic plant. Pathogenicity was determined by direct observation, making longitudinal sections of the host's (willow) cortical tissue, where it was evident that haustorial invasion was independent of branch diameter. Pathogenesis was assessed thru phytochemical profiling of the upper-third leaves of the willow at the Pharmacy and Biochemistry Laboratory of the Universidad Mayor de San Marcos; the pathogenic potential of this phanerophyte is attributed to the toxic metabolites it employs, which consist of phenolic compounds, flavonoids, terpenes, free amino groups, and tannins. The incidence level was high at 59,95% (Level 3), with a very high coefficient of variation of 62,07%. In terms of severity, it was low at 18,65% (Grade 2), with a very high coefficient of variation of 68,29%. Regarding the 19 bioclimatic variables, none showed a significant correlation with incidence or severity; diameter at breast height, slope, and aspect relative to the sun also showed no significant correlation with incidence or severity. The altitude variable showed a moderate negative correlation with incidence ($r = -0,49$), as did severity ($r = -0,50$).

Key words: Incidence, severity, pathogenic, parasitic, mistleto

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En Canadá, Estados Unidos y México las plantaciones de pino son afectadas por plantas parásitas de las familias Loranthaceae y Viscaceae. Los géneros *Arceuthobium*, *Psittacanthus* y *Phoradendron* causan daños ecológicos y económicos importantes (Geils et al., 2002).

Las plantas perjudicadas por los muérdagos de la familia Loranthaceae, son árboles y arbustos, justificando así el interés en su estudio. Estos proporcionan a las plantas parásitas los elementos nutritivos, agua y sales minerales debilitamiento constante, reduciendo su fortaleza, frenando su desarrollo e incluso ocasionando su deceso (Ocaña, 2010).

Este tipo de plantas se caracteriza por adherirse al tronco, a las ramas del hospedero mediante estructuras de anclaje de las cuales se diferencian llamadas "haustorios" invadiendo al floema y xilema de la planta hospedera (Wohlfeiler, 2016).

Los sauces tienen importancia en el aspecto ecológico, económico y medicinal. En el distrito de Chota se encuentran distribuidos dentro de un sistema agroforestal delimitando parcelas como cercos vivos, las hojas se utilizan como forraje, contribuye a disminuir la erosión, actúa como cortina rompe vientos, como fitorremediador del suelo, en artesanía, su corteza y hojas tienen uso medicinal. Por estas razones es importante conocer los niveles de incidencia y severidad, porque permitirá evaluar el grado de afectación que sufre una especie hospedera, en este caso el sauce.

Se planteó como objetivo general determinar los niveles de incidencia y severidad de plantas patógenas en sauce (*Salix chilensis*) en el distrito de Chota, Cajamarca. Los objetivos específicos fueron: Determinar los niveles incidencia de plantas patógenas en

árboles de sauce (*Salix chilensis*), determinar los niveles severidad de plantas patógenas en árboles de sauce, determinar la relación de diámetro altura de pecho (DAP), altitud y temperatura con los niveles de incidencia, severidad de las plantas patógenas en los árboles de sauce y evaluar la influencia de la patogenicidad y patogénesis relacionada con el diámetro de ramas donde crece y desarrolla la planta patógena.

Esta investigación es importante porque proporciona información sobre los niveles de incidencia y severidad de plantas patógenas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 *Antecedentes Internacionales*

Bilonozhko et al. (2025), en Viena-Austria, realizaron una investigación, cuyo objetivo fue determinar el grado de infección del muérdago (*Viscum album* L.) e identificar las especies hospederas altamente susceptibles o resistentes al parasitismo por el muérdago. Se evaluaron un total de 213841 árboles, 115046 árboles nativos (53,8%) representados por los géneros Acer, Tilia, Fraxinus, Aesculus y Populus. Se determinó 6 537 árboles que contenían de 1 a 30 arbustos de muérdago por árbol, siendo las especies introducidas las que mostraron mayor número de especies parásitas. Se demostró que la presencia de muérdago en la ciudad de Viena está estrechamente relacionada con la especie de árbol huésped, la ubicación, la densidad de crecimiento de los árboles, la edad de los árboles, así como la altura de los árboles

Aguirre et al. (2024) en México investigaron al muérdago enano y se plantearon como objetivo determinar la distribución espacial y los niveles de infestación del muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) en las principales poblaciones de *Pinus hartwegii* en cinco montañas del sistema Volcánico Transmexicano e identificar patrones de infestación en relación con la estructura del bosque. El 32 % del área muestreada presentó el ataque de *Arceuthobium vaginatum* y *A. globosum* determinaron que las plantas de menor diámetro de fuste fueron vulnerables. El muérdago enano presentó un patrón topográfico de distribución en estos bosques: el 57 % se encontró en los pinos de las laderas noreste y sureste, a 3 600 y 3 800 msnm, cuya densidad presenta mayor intensidad lumínica. Aproximadamente el 40 % de las tasas de infestación moderadas y altas aumentan la

probabilidad de mortalidad de los árboles si no se implementan medidas de manejo. Las infestaciones afectaron el establecimiento de la regeneración natural (32%) y las tasas de mortalidad de los árboles (40%).

Endara et al. (2022) investigación realizada en México, el objetivo fue determinar los factores asociados con la presencia y niveles de infestación de los muérdagos *Arceuthobium globosum* y *A. vaginatum* que afectan los bosques de *Pinus hartwegii*. Entre los resultados que obtuvieron tenemos: La presencia de muérdago está correlacionada con la altitud, mostrándose menor presencia en cotas superiores a 4 000 m s.n.m., probablemente debido a la baja densidad del dosel que limita la dispersión de semillas. La densidad forestal y factores ambientales como horas luz, estrés hídrico y temperatura también influyeron en su distribución. Los árboles parasitados son susceptibles al ataque de descortezadores (*Dendroctonus spp.*), y la orientación del sitio son los principales factores que inciden en la mayor infestación. Los disturbios antrópicos como quema o pastoreo no mostraron relación estadísticamente significativa con la presencia de muérdago en este estudio. Se menciona un posible impacto futuro del cambio climático en la dinámica de estos patógenos y finalmente el 37 % de la superficie forestal se encuentra infestada por estos muérdagos.

Kleszken et al. (2022) investigación realizada en Rumania, los investigadores se plantearon como objetivo general determinar la influencia del muérdago en el contenido de flavonoides, clorofilas, fenoles totales, prolina y capacidad antioxidante de hojas de árboles hospedantes como *Prunus domestica*, *Malus domestica* y *Populus alba*. Concluyen que: Incremento de la concentración de prolina en las hojas de los árboles parasitados indica que el muérdago actúa como factor de estrés. Disminución significativa en el nivel de clorofila de 32% en álamos infestados (*Populus alba*) con muérdago, manzanos y ciruelos reducen el pigmento de 29,25% y 9,65%, respectivamente, además se incrementa el contenido de

fenoles totales y flavonoides. En el caso del álamo, que presentó la mayor incidencia de infestación de muérdago (70,37%), el contenido de fenoles totales en las hojas fue dos veces mayor en comparación con las hojas no infestadas. Los árboles infestados presentan niveles más altos de polifenoles y flavonoides, lo que indica un posible papel de estos compuestos en la respuesta al estrés por infestación de muérdago. Los árboles hospedantes desempeñan un papel clave en el perfil fenólico y la capacidad antioxidante del muérdago. El ácido fenólico más abundante fue el ácido clorogénico, mientras que el flavonoide más abundante fueron los glucósidos de ramnazina.

Martínez et al. (2021) en México, realizaron un trabajo de investigación cuyo objetivo fue determinar las especies arbóreas y arbustivas afectadas por el muérdago *Cladocolea loniceroides*. Las especies arbustivas y arbóreas fueron afectadas por el muérdago *C. loniceroides* en una población de 4 154 árboles, se registraron 2 343 afectados, que equivalen a una incidencia total de infestación de 56 %. Entre las especies más afectadas estuvieron el “álamo dólar” (*Populus alba*) y el “álamo común” (*Populus canadensis*), ambas especies con una incidencia de infestación de 80%, seguidas del “sauce” (*Salix babylonica*) con 76,47 % y el fresno (*Fraxinus uhdei*) con 59,14 % .

Tabi et al. (2021), en Camerún, investigaron los muérdagos del cacao cuyo objetivo identificar las especies de muérdago que infectan el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*), determinar su incidencia, gravedad y distribución, evaluar sus posibles fuentes de infección desde la perspectiva de los agricultores de la localidad de Kumba y las prácticas de gestión adecuadas para estos parásitos. Se identificaron tres especies de muérdago: *Phragmanthera lapathifolia*, *Phragmanthera batangae* y *Tapinanthus globiferus*. Las plantaciones de los 10 pueblos muestreados estaban infestadas con alguna de las plantas parásitas, siendo Kake I el que presentó la mayor incidencia (43,11 %) y con las tres especies de muérdagos. De las 2 290 plantas infestadas, *Phragmanthera lapathifolia* fue la más abundante (21,43 %).

El ANOVA ($p = 0,01; 0,05$) mostró que la variedad local de cacao, Forastero, fue significativamente más susceptible que el híbrido Trinitario. El 86,6 % de los agricultores identificó a las aves como el principal elemento de dispersión del muérdago; el 93,3 % mencionó que la poda de ramas infectadas es el mejor control.

Usta y Yilmaz (2021) en la investigación de muérdagos en pino silvestre en Turquía, se propusieron como objetivo evaluar la distribución del muérdago del pino silvestre con relación a variables topográficas y usos del suelo. Utilizaron 109 parcelas circulares, cada una de ellas de 1 000 m². De las parcelas muestreadas, 69 (63 %) estaban infectadas con muérdago y 40 (37 %) no lo estaban. Los resultados de la prueba de t mostraron una diferencia significativa entre la media de las variables topográficas y el uso del suelo. Los resultados de regresión logística binaria mostraron que la altitud, la pendiente y la distancia de los caminos fueron predictores significativos de la distribución del muérdago de pino.

2.1.2 Antecedente Nacional

Silva (2022) estudio realizado en Lima, tuvo como objetivo identificar los factores que determinan la distribución y el nivel de asociación del hemiparásito *Psittacanthus divaricatus* con el hospedero y la estructura poblacional de este. Se utilizaron parcelas Network, de 10 x 10 metros siguiendo un diseño de “Adaptive sampling”. La planta patógena *Psittacanthus divaricatus* muestra preferencia por un hospedero llamado monte salado (*Cryptocarpus pyriiformis*). En el bosque relicto de Prosopis (*Prosopis pallida*), el arbusto *Cryptocarpus pyriiformis* presentó una abundancia de 33,9 % y albergó el 80 % de *Psittacanthus divaricatus*; en el matorral espinoso, el árbol *Parkinsonia praecox* tuvo una abundancia de 30,5 % y la especie hospedante que concentró la mayor abundancia fue *Psittacanthus divaricatus* con 97,2%.

2.1.3 Antecedentes locales

Los investigadores Roncal y Bazán (2010), investigación a *Tripodanthus acutifolius* realizada en Cajamarca concluyeron que en capulí (*Prunus serotina*), tiene comportamiento de planta parásita; cuando no provoque inanición o altere la fisiología del hospedero y es patógena cuando altera la fisiología de hospedera *T. acutifolius* tuvo una incidencia de 61,8 %, indicando que el 63 % de plantas se encuentran hospedando a esta planta patógena. La severidad fue de 30 %, valor que se encuentra en el grado 4 de la escala de evaluación en las diferentes localidades de las provincias de Cajamarca y San Marcos.

Becerra (2007) investigaron la planta patógena que mata al hospedero sauce (*Salix* spp.) realizada en Cajamarca, el objetivo fue determinar la taxonomía de la fanerógama que induce patogénesis en “sauce” (*Salix* spp.) y la descripción del cuadro clínico. Se muestrearon los sauces de los distritos de Jesús, San Marcos y el valle de Condebamba, concluida la investigación se identificó la planta patógena *Phoradendron nervosum* Oliv., su taxonomía, determinación de la incidencia y severidad y el ensayo de patogenicidad “in vitro”. Se determinó que la incidencia y severidad de esta, disminuye según la altitud y las condiciones ambientales de humedad y temperatura. En el valle de Jesús la incidencia fue de 22,60 % y la severidad de 8 %; en el valle de San Marcos la incidencia es de 28,35 % y la severidad 12,70 % y en el valle de Condebamba la incidencia es de 30 % y la severidad de 30,40 %.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1. Planta patógena *Phoradendron* sp.

2.2.1.1 Características generales del género *Phoradendron* sp.

Las plantas patógenas representan el 1,0 % de la flora mundial. Las angiospermas parásitas son diversas, con 4 750 especies dispersas en 31 familias y 292 (Nickrent, 2020).

Las plantas parásitas se dividen en dos grupos: a) Holoparásitas: no contienen clorofila, su vida dependen de sus haustorios que se fijan al xilema y floema del hospedero para obtener agua, minerales y fotosíntatos b) Hemiparásitas: Realizan fotosíntesis, sus haustorios se fijan al xilema del hospedero, obteniendo agua y minerales (Heide-Jorgensen, 2008; Nickrent, 2020). Las hemiparásitas se dividen en facultativas y obligadas, las obligadas son las que dependen de un hospedero durante su ciclo biológico; mientras que las facultativas parasitan o no a otra planta, sin ser requerida para su sobrevivencia. De acuerdo con la estructura que afectan, algunas parasitan tallos (*Phoradendron*), hojas o flores de su huésped, y terrestres a las que parasitan raíces (Nickrent, 2020). Aproximadamente el 10 % de las plantas patógenas presentan holoparasitismo y la diferencia (90 %) son hemiparásitas (Sandner et al., 2022).

Phoradendron nervosum puede generar impactos negativos como, detrimento del crecimiento y reproducción a su forofito *Salix chilensis*, produciendo en ocasiones la muerte (Echánove, 2017).

2.2.1.2 Historia de las plantas patógenas

La primera referencia escrita a este tipo de plantas patógenas se atribuye al filósofo griego Aristóteles (384 – 322 a. C.), seguido de su discípulo Teofrasto (371 – 287 a. C.) en su obra “De Historia Plantarum” (La historia de las plantas), quien destacó “la extrañeza de una planta que crece exclusivamente sobre otra y no en el suelo” (Costea y Tardif, 2004).

La historia de vida de las plantas hemiparásitas (plantas parásitas fotosintéticamente competentes) se puede identificar a través de los anillos anuales del huésped, en el punto donde se insertan los haustorios del muérdago. La perspectiva a largo plazo que ofrecen los anillos de los árboles ha demostrado ser eficaz para desentrañar las causas del declive forestal a nivel mundial (Amoroso et al., 2017).

El parasitismo se originó probablemente en forma independiente a la evolución de las plantas superiores, ha evolucionado unas 12 veces y unas 4750 especies de angiospermas invaden las partes aéreas de las plantas (Nickrent, 2020).

Alrededor de 180 genes regulan el desarrollo del haustorio. Además, alrededor de cien genes compartidos se regulan positivamente en respuesta a factores inductores del haustorio antes de la unión al huésped. La mayoría de estos genes de parasitismo se derivan de duplicaciones genéticas en un ancestro común de Orobanchaceae y *Mimulus guttatus*. El análisis comparativo de los patrones de expresión génica en angiospermas parasitarias y no parasitarias sugiere que los genes de parasitismo se derivan principalmente de los tejidos de las raíces y las flores, pero algunos genes han surgido de otros tejidos (Yan et al., 2014). Una posible explicación es que la raíz de penetración del haustorio, que crece rápidamente en el tejido hospedador, puede haber presentado genes del crecimiento polarizado e invasivo encontrado en los tubos polínicos de las flores (Krichevsky et al., 2007; Honaas et al., 2013). También es probable que algunas enzimas pépticas involucradas en el aflojamiento de las paredes celulares del tubo polínico para que puedan alargarse en los tejidos reproductivos femeninos sean reclutadas en la penetración y el crecimiento del haustorio hacia el tejido vascular hospedador (Kirschner et al., 2023).

2.2.1.3 Etimología y nombres comunes de *Phoradendron nervosum* Oliv.

El nombre del género *Phoradendron* se deriva de las palabras griegas phor (hurtador, ladrón), y dendron (árbol); “que hurta o roba al árbol”; aludiendo a su hábito parásito. Sin embargo, phoros en la misma lengua, significa “que porta, que trae” (Florida Wildflower Foundation, 2022)

La palabra nervosum se deriva del término latino “nervus” que significa nervio, es decir, que tiene nervios o venas foliares muy prominentes (iNaturalist Ecuador, 2023).

Phoradendron nervosum, es conocido también como “Matapalo”, “Muérdago”, “Suelda suelda”, “Popa” o “Injerto” en América del Sur y Zona Central (Rzedowski y Calderón, 2011).

2.2.1.4 Factores que influyen en la invasividad del género *Phoradendron*

Su éxito e invasividad de estas especies parásitas y patógenas dependen principalmente de mecanismos haustoriales para establecer una interacción obligada con el huésped (Muche et al, 2022).

El parasitismo exitoso depende de varios factores tales como:

a. Contenido de nitrógeno: Los altos niveles de nitrógeno en los tejidos hospedantes (p. ej., hojas o xilema) promueven el crecimiento del muérdago, ya que estas plantas parásitas dependen en gran medida de los recursos nutricionales del árbol. Cuanto más se alimenta el hospedante, más recursos puede extraer el muérdago, lo que promueve un desarrollo más vigoroso de los parásitos (Yan et al., 2016).

b. La compatibilidad: esta puede ser.

b.1. Compatibilidad anatómica: En presencia de barreras estructurales como una peridermis muy gruesa o una organización vascular desfavorable, el haustorio del muérdago no puede establecerse adecuadamente.

b.2. Compatibilidad fisiológica: Una vez establecido, el muérdago debe ser capaz de extraer los compuestos necesarios (agua, minerales y fotosintatos). Esto requiere una correspondencia fisiológica entre el flujo xilemático del hospedador y las necesidades del parásito.

b.3. Compatibilidad genética: Algunas especies de muérdago son muy específicas, lo que significa que solo parasitan ciertos géneros o especies de árboles. Por

ejemplo, *Arceuthobium vaginatum* parasita preferentemente pinos como *Pinus hartwegii* (Okubamichael et al., 2011).

- c. **La fuerza del parásito (carga parasitaria):** Es el número de individuos de muérdago que infestan un solo árbol huésped. Este factor influye tanto en el desarrollo del muérdago como en la salud del huésped. En otras palabras, cuando la carga parasitaria es alta, los individuos de muérdago compiten por los recursos del huésped (Saucet y Shirasu, 2016).
- d. **Interacciones químicas con el huésped:** particularmente durante los procesos de reconocimiento, establecimiento y extracción de recursos. Estas interacciones determinan la capacidad del muérdago para adherirse, penetrar y sobrevivir en la planta huésped. Algunas especies de muérdago pueden detectar compuestos específicos del huésped, como fenoles, terpenos u otras sustancias presentes en la corteza o en la savia. Esto facilita el reconocimiento del huésped apropiado, estimulando la germinación de las semillas o la dirección de sus haustorios hacia los tejidos adecuados (Saucet y Shirasu, 2016).

Las plantas parásitas se pueden desarrollar en ramas de 1,3 a 2,0 cm de diámetro, ya que, si las ramas tuvieran un menor diámetro, morirían inexorablemente antes que se pueda establecer (Coder, 2008). El diámetro de las ramitas hospederas regula la población de muérdagos (Arruda et al., 2013).

Los hospederos con cortezas rugosas son más propensos a albergar las plantas patógenas que aquellas con cortezas lisas (Muche et al., 2022). La dureza, el grosor de la corteza, la rugosidad de la corteza, la inclinación de las ramitas podría determinar la facilidad de penetración de las plantas patógenas (Arruda et al., 2006; Fadini, 2011 y Correoso, 2022). Otros factores pueden determinar el grado de especificidad de los muérdagos en los hospedantes, por ejemplo, la abundancia relativa de hospedantes, las preferencias de las

aves sobre los árboles (Cazetta y Galetti, 2007), la arquitectura de las ramas (Arruda et al., 2006), y la compatibilidad muérdago-huésped (tal vez determinada por procesos químicos, fisiológicos y físicos en la interfaz muérdago hospedador) (Fadini, 2011).

Varios estudios han indicado que la escasez de huéspedes dificulta el desarrollo del parasitismo específico. Muchas especies de muérdago presentan una alta especificidad de hospedantes, lo que significa que solo pueden crecer en ciertas especies de árboles. Si estos hospedantes son escasos o están ampliamente dispersos en el paisaje, la probabilidad de que las semillas de muérdago se propaguen y se establezcan se reduce significativamente. Esto no solo limita la dispersión de parásitos, sino que también reduce las tasas de infestación y el crecimiento de nuevas poblaciones. Además, la ausencia de hospedantes cercanos puede obligar al muérdago a parasitar especies menos compatibles, lo que a menudo resulta en un desarrollo deficiente o incluso en el fracaso total del parasitismo. Por lo tanto, la escasez o fragmentación de hospedantes adecuados constituye una barrera ecológica importante para la persistencia y expansión del muérdago en los ecosistemas forestales (Ornelas et al., 2018)

Los hospedadores pueden tener dificultades para mantener sus niveles de agua, carbohidratos y minerales, esto se agrava en condiciones de sequía e infertilidad del suelo (Matula et al., 2015).

Estudios de campo han demostrado que la luz, la fisioquímica del huésped (Características físicas y químicas del árbol) y las sustancias volátiles liberadas por los árboles huéspedes potenciales son señales que repercuten en la supervivencia y el establecimiento de las plántulas de muérdago. Independientemente de la especie huésped, el establecimiento depende completamente de la presencia de estas sustancias químicas. Se encontraron que tres monoterpenos comunes, limoneno, β -laureno y β -kaurano, indujeron una respuesta de crecimiento positivo en las raíces embrionarias de muérdago (Randle et al., 2018).

La infestación del muérdago, esta influenciada por factores como tipo de rodal, la densidad, la antigüedad de los árboles (Tymińska-Czabańska, 2024), el DAP, la altura (Ma et al., 2020), longitud, altitud y altitud (Camanero et al, 2025).

Factores como la disponibilidad del hospedador, la abundancia del hospedador, la compatibilidad del hospedador y el nicho adecuado para el parásito, determinan la especificidad del hospedador en los muérdagos (Okubamichael et al., 2016).

En algunos casos puede haber una relación significativa entre la cantidad de plantas patógenas y el tamaño del hospedero, es decir, a medida que aumenta la altura del hospedero aumenta también la carga de la planta patógena (Teodoro et al., 2010). Sin embargo, Ferreira (2011) manifiestan que la altura y el grado de infección de un hospedero no necesariamente tienen una relación significativa, la explicación es más bien, debido probablemente al patrón de dispersión de las aves.

Las plantas patógenas tienen que tener potenciales hídricos superiores a las plantas huésped para asegurar el flujo de nutrientes y agua, esto se logra manteniendo las tasas de transpiración más altas que las de sus forófitos (9 veces más rápido) (Nickrent, 2020).

2.2.1.5 Relación del cambio climático y las plantas patógenas

El aumento de temperatura como consecuencia del cambio climático puede favorecer un desplazamiento del muérdago hacia mayores elevaciones y latitudes septentrionales. Los muérdagos son muy sensibles a las bajas temperaturas invernales, que determinan sus límites de distribución (Sangüesa-Barreda et al., 2018).

Bajo condiciones más cálidas que afectan a los bosques de abetos, las masas infestadas deben gestionarse con cuidado para prevenir una mayor propagación del muérdago (Camarero et al., 2025).

Es importante destacar que la falta de comprensión de cómo las plantas parásitas afectan el funcionamiento del bosque, impide nuestra capacidad de predecir cómo estas simbiosis afectarán a los bosques en el futuro a medida que cambia el clima. Los datos de la dendrocronología (Estudio de la edad de los árboles) muestran que el crecimiento de los árboles infectados es más sensible al clima, especialmente al estrés de humedad, que el de los árboles no infectados (Stanton, 2007, citado por Ferrenberg, 2020).

Existe una relación directa con la orientación del sol, el estrés hídrico, las horas luz y el incremento de la temperatura con referencia a las zonas de montaña, que pueden afectar a los hospederos, favorecer el establecimiento y la presencia del muérdago (Endara et al., 2022).

El cambio climático puede aumentar los perjuicios para los hospedadores, ya que el muérdago puede extenderse a nuevas áreas de distribución geográfica, posiblemente infectando a nuevos hospedadores y aumentando su infectividad (Zweifel et al., 2016). Esto ya se demostró en el valle suizo del Ródano, donde los muérdagos de pino se han desplazado 200 m hacia altitudes mayores debido al calentamiento durante el siglo pasado (Dobbertin et al., 2005). Las condiciones climáticas son factores clave que pueden afectar el crecimiento, la distribución y la preferencia del muérdago por el hospedante (Crates et al., 2022).

El cambio climático está asociado al aumento de temperaturas, las últimas cuatro décadas han sido sucesivamente muy cálidas (IPCC, 2021). Esto podría provocar una expansión latitudinal y altitudinal del muérdago donde la presencia del muérdago era antes rara (Camanero et al., 2019).

Las variables climáticas, más que el fotoperíodo, influyen en la fenología de algunas plantas parásitas y la distribución del muérdago es afectada por las bajas temperaturas (Quaglia et al., 2020)

2.2.1.6 Distribución geográfica y altitudinal del género *Phoradendron*

El género *Phoradendron* habita exclusivamente en el continente americano y es considerado como el más diverso de los muérdagos de América (Gómez et al., 2011).

Phoradendron, se puede extender desde México hasta Bolivia, investigaciones sobre su historia ecológica y natural es limitada hasta el momento (Macbride y Weberbauer, 2008; Carrera et al., 2023).

Las plantas de *Phoradendron* se concentran entre los 1 000 y 2 000 m s.n.m., pero pueden habitar desde el nivel del mar hasta los 3 000 m s.n.m, es decir presentan un amplio intervalo altitudinal y una mayor tolerancia a la gradiente de temperatura. Pero entre los 3 000 y 3 500 m s.n.m. se limita su fisiología e impide su establecimiento (Kujit, 2015).

2.2.1.7 Composición química de las hojas de *Phoradendron* sp.

La composición fitoquímica de las hojas de *Phoradendron* puede jugar un papel importante en la severidad e incidencia de esta planta parásita, particularmente en cuanto a su capacidad de establecerse, crecer y resistir condiciones adversas o defensas del hospedero. La composición fitoquímica de *Phoradendron*. juega un papel clave en su capacidad para establecerse y desarrollarse sobre árboles hospedantes. Sus hojas contienen metabolitos secundarios como flavonoides, fenoles, taninos, saponinas y alcaloides, que cumplen funciones defensivas y fisiológicas esenciales. Estos compuestos protegen al muérdago frente al estrés oxidativo y ambiental, regulan la absorción de agua y nutrientes, y modulan la interacción química con el hospedero, facilitando la penetración y establecimiento de los haustorios (García et al, 2020; Montoya et al., 2023).

La plasticidad química del muérdago le permite adaptarse a diferentes condiciones de humedad y temperatura, manteniendo su actividad fisiológica en ambientes desfavorables. Esta adaptación incrementa la supervivencia, incidencia y severidad de la parasitación, al mismo tiempo que provoca un estrés fisiológico en el hospedero, reduciendo su vigor y capacidad fotosintética. En consecuencia, la interacción entre la fitoquímica del muérdago y del hospedero explica las variaciones observadas en los niveles de infestación y daño en los árboles, especialmente bajo condiciones de estrés. (Lázaro et al, 2021)

a. Sustancias alelopáticas e Incidencia (número de individuos infectados o parasitados): Pueden aumentar la capacidad del *Phoradendron* para competir con otras especies o alterar el microambiente del hospedador, promoviendo así su establecimiento (Carrera, 2023).

b. Metabolitos y Severidad (nivel de daño al hospedador): Compuestos como lectinas, taninos y terpenoides pueden aumentar el estrés del hospedador al alterar su fisiología, reduciendo la fotosíntesis, el crecimiento y las defensas. Las altas concentraciones de metabolitos secundarios pueden reflejar una mayor invasividad y persistencia, lo que aumenta la gravedad del parasitismo. La composición fitoquímica de *Phoradendron* no solo tiene implicaciones ecológicas y farmacológicas, sino que está directamente relacionada con su éxito parasítico, afectando tanto la incidencia (frecuencia) como la severidad (daño causado) del parasitismo en los árboles hospedadores. Aunque los cambios en los huéspedes en los rasgos morfológicos y reproductivos debido al parasitismo son bien conocidos, los cambios en su sistema fisiológico, alterando las concentraciones de metabolitos, son menos conocidos debido a la dificultad de la cuantificación (Alvarado y Saavedra, 2021).

Los mecanismos de patogenicidad y las respuestas de defensa del huésped mediadas por hormonas contra los muérdagos rara vez se han estudiado (Muche et al., 2022)

Los resultados de los análisis de las hojas muestran la presencia de los siguientes compuestos.

Tabla 1

Composición química de las hojas de Phoradendron sp.

Compuesto	Nombre común	PM (g/mol)	Fórmula molecular	%
Metanol				
1-metil-pirrolidina-2-ácido carboxílico	ácido hígrico metilprolina	129,16	C ₆ H ₁₁ NO ₂	3,92
4,5-dihidroxi-7-metoxiflavanona	sakuranetina	286,28	C ₁₆ H ₁₄ O ₅	80,13
Hexano				
2-Metiloctacosano	isononacosano	408,79	C ₂₉ H ₆₀	39,30
Ácido sulfuroso, octadecil	sulfito de octadecilo isopropílico			
2-propil éster		376,64	C ₂₁ H ₄₄ O ₃ S	15,59
1-Heptacosanol	Heptacosanol	396,74	C ₂₇ H ₅₆ O	7,03

Nota: Identificación fitoquímica mediante cromatografía, PM: Peso Molecular. Tomado de composición química y antibacteriana de extractos orgánicos de *Phoradendron* sp. por García et al. (2020).

Heptacosanol tiene propiedad antibacteriana y es inhibidora de la enzima acetilcolinesterasa (Chin-Koay et al., 2013), y el 4,5-dihidroxi-7-metoxiflavanona sustancia flavonoide que tienen actividad antioxidante (Gómez y Gutiérrez, 2016).

El extracto de las hojas del *Phoradendron* posee compuestos antihipertensivos, hipoglucémicos, anticancerígenos y antimicrobianos (García et al., 2020).

Entre las funciones de los diferentes constituyentes químicos tenemos: Las antocianinas y flavonoides presentan propiedades farmacológicas, incluyendo la actividad inhibidora de enzimas (ciclooxigenasas, hidrolasas, fosfatasa alcalina, cAMP fosfodiesterasas, transferasas, ATP-asas, liasas, hidroxilasas, kinasas y oxidoreductasas), antiinflamatoria, antibacterial (Méndez et al., 2024), antitumoral y anticancerígena (Alonso-Castro, 2012).

Se considera que las saponinas son consideradas como defensas constitutivas de las diversas plantas, pero su concentración puede aumentar en respuesta a un estímulo, y las defensas inducidas por las fitoalexinas, hacen parte del sistema de defensa de las plantas, también a través de las saponinas la planta se protege de los posibles depredadores (López, 2010).

Uno de los metabolitos secundarios son los llamados compuestos fenólicos (CF), son esenciales para el crecimiento y reproducción de las plantas, frente a factores bióticos y abióticos actúan como agentes protectores, estos también tienen propiedades antimicrobianas antioxidantes (Cervilla et al., 2012).

Tabla 2

Composición mineral de las hojas de muérdago (Loranthaceae)

Elemento mineral	Cantidad (mg/100g)
Potasio	20,01 + - 0,30
Sodio	13,10 + - 0,32
Calcio	59,00 + - 0,10
Magnesio	360,32 + - 0,01
Fósforo	15,01 + - 0,32
Manganeso	240,00 + - 0,01
Hierro	240,00 + - 0,01
Cobre	13,03 + - 0,10
Zinc	1,30 + - 0,408
Sodio/potasio (Na/K) relación	0,623
Calcio/fósforo (Ca/P) relación	3,931
Proteína cruda	4,50
Contenido de fibra	11,10 %
Contenido de grasa	3,20 %
Humedad	30 %
Ceniza	12 %
Carbohidratos	39 %

Fuente: Umudi et al. (2024)

2.2.1.8 Descripción morfológica del fruto de *P. nervosum*

a) El fruto

El fruto se encuentra dentro de una baya, generalmente blanquecina, ovoide o globosa, está provista de una cutícula lisa, que alcanza un espesor de 10 a 12 μm (Alonso, 2011). En su máximo desarrollo mide 5mm de diámetro por 4 mm de ancho, el epicarpio tiene un espesor de 0,5mm (Becerra, 2007). La epidermis es uniseriada, papilosa, rectangular, de células alargadas, que se disponen de manera homogénea. El tejido subepidérmico, que en junto con la epidermis constituye la pared externa del fruto (exocarpo), es parénquima y está conformado por 6 hasta 15 estratos de células alargadas y en ocasiones esféricas, las braquiesclereidas y las drusas son abundantes. Hacia el interior, la vicina, tejido viscoso especializado que rodea a la semilla, alcanza hasta 1,7 mm de espesor, sus células son radialmente alargadas, tienen la pared delgada, y suelen ser más grandes cuando se alejan de él y más pequeñas cuando están cerca del exocarpo. La vicina, en su cara interna se adhiere al endocarpo y a veces se contrae longitudinalmente. La vicina, comprende el 80 – 90 % del fruto y ocupa el mesocarpo (Gómez et al., 2011).

La vicina, se compone de microfibrillas de celulosa (CMF) organizadas jerárquicamente e incrustadas en una matriz sensible a la humedad (Autumn y Gravish, 2008; Horbelt et al., 2019). Un estudio de la composición del tejido de vicina de *Viscum album* indicó que hay partes aproximadamente iguales de celulosa y varias hemicelulosas (enriquecidas en arabinosa, manosa y galactosa) con una pequeña proporción de pectinas según el contenido de ácido urónico detectado (2% peso seco) y proteínas (Coder, 2008, Horbelt et al., 2019); sin embargo, hay pocos detalles de la composición más allá de este estudio (Horbelt et al., 2022).

Los frutos del muérdago son el principal motor de su incidencia, actuando como vehículos de dispersión altamente adaptados. Sin embargo, su efecto se modula por la interacción con aves dispersoras, condiciones del hospedante y factores ambientales. Por ello, la incidencia de muérdago es un fenómeno ecológico complejo, donde la biología de la semilla y la ecología del entorno se combinan para determinar la extensión y severidad de la infestación (Coder, 2008).

Figura 1

Frutos maduros e inmaduros de Phoradendron nervosum



Nota: Frutos maduros e inmaduros de *P. nervosum*, de la localidad de El Campamento del distrito de Chota.

Hacia el interior se observa un anillo concéntrico de tejido vascular que rodea a la semilla (embrión y endospermo). El fruto presenta compuestos fenólicos, almidón solamente en el endospermo de la semilla. Se caracteriza por tener escasa cantidad de sustancias lipídicas en algunas células de la parte externa del exocarpo, abundante cantidad de sustancias pépticas en todo el fruto, concentrándose en el exocarpo y en el tejido víscido. Los frutos no son el único recurso que proporcionan los muérdagos, también pueden ser sitios preferenciales para anidar y descansar para

muchos organismos (Watson y Herring, 2012 ; Rodríguez-Cabal et al., 2013 ; Mellado y Zamora, 2017).

La vicina es muy pegajosa, esta ayuda a la semilla a deslizarse a través del tracto digestivo del ave que funciona como dispersor, permitiendo que la semilla se adhiera a cualquier superficie y permanezca en su lugar hasta que se forma el haustorio. Cuando el excremento se seca, la vicina mantiene a la semilla húmeda y pegada a la corteza lo que facilita que germine. Cuando esto ocurre en ramas bajas, es sencillo combatirlo, pero si se encuentran en ramas altas puede ser más complicado (Kuij, 2009; Gómez et al., 2011).

La germinación de las semillas depende de factores como la humedad, luz y temperatura, por lo tanto, pueden germinar con una temperatura óptima entre los 15 a 20 °C (Mathiasen et al., 2008) y una humedad relativa superior al 60 % (Becerra, 2007).

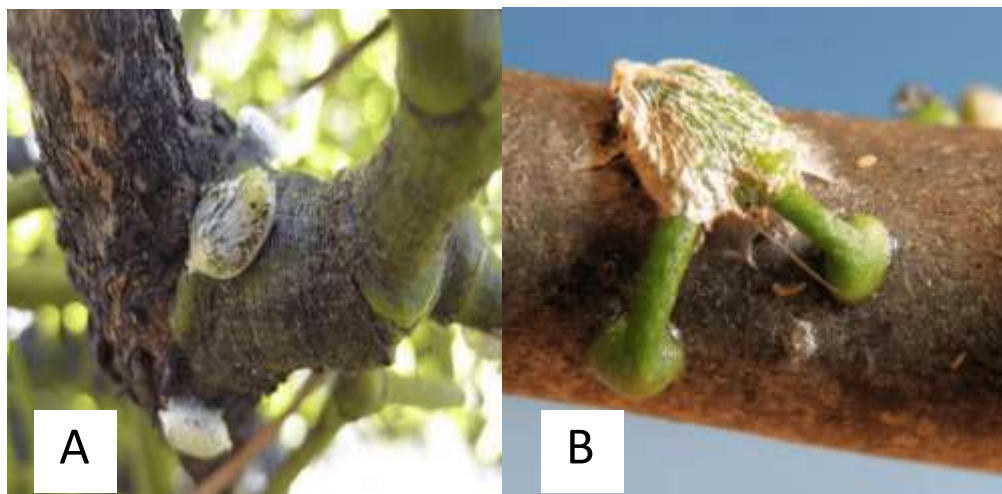
La identificación morfológica de las hojas, tallos e inflorescencia es de importancia, debido a que permite la identificación del género *Phoradendron* debido a la semejanza presente entre géneros, esto hace que su identificación relativamente difícil (Zuñiga, 2016).

Las semillas de muérdago son determinantes de la incidencia, ya que son el primer paso en la dispersión y establecimiento del parásito. Sin semillas viables y efectivamente dispersadas, la planta no podría colonizar nuevos hospedantes, haciendo de la semilla el eslabón crítico en la dinámica de incidencia del muérdago. Sin embargo, la severidad está modulada por la interacción de otros factores como el vigor de la semilla, la eficiencia del haustorio y las defensas fisiológicas del hospedante. Comprender estas relaciones es esencial para diseñar estrategias de

manejo, como la selección de hospedantes resistentes o la remoción de frutos para disminuir la incidencia.

Figura 2

Semillas de Phoradendron sp. fijada a una rama



Nota: A. Semilla de *Phoradendron* sp. diseminada por aves y fijada en una rama. B. Semilla con el endospermo aún verde y los brotes del hipocótilo fijados a la corteza del huésped. Crédito. Jonathan Briggs

b. Formación del haustorio de un muérdago

Después de la excreción por el ave y la unión por viscina al hospedador, el embrión forma un hipocótilo que, impulsado por fototropismo y geotropismo negativos, se dobla hacia la rama del hospedador. En este momento, comienza la división celular y se desarrolla un meristemo apical típico. El aflojamiento y la modificación de la pared celular son críticos para el desarrollo y establecimiento del haustorio (Muche et al., 2022). Al ejercer fuerzas mecánicas y señales químicas liberadas por los haustorios de los muérdagos, probablemente se ayude a debilitar el proceso, escindir la estructura principal de los polímeros de la matriz principal y abrir los tejidos del huésped. Curiosamente, enzimas como las xiloglucano endotransglicosilasas (XET), la glucanasa, las expansinas y otras hidrolasas de la pared celular se expresan en el muérdago (*Viscum album*) durante las etapas de conexión huésped-muérdago. Por ejemplo, el xiloglucano interviene en la formación de las paredes

secundarias en los tejidos vasculares; sin embargo, la rotura de estos enlaces críticos mediante XET puede ser una característica esencial del aflojamiento y la progresión de la pared celular. El haustorio, tras penetrar en la corteza del huésped, crece a lo largo del eje longitudinal de la rama del huésped en el floema y se desarrolla en el haustorio cortical o haustorio primario (Ko et al. 2014, Muche et al., 2022). Al penetrar los tejidos hospedadores utilizando enzimas modificadoras de la pared celular, forma un haustorio con conexiones de xilema conocidas como el puente xilemático. Además de los HIF, los compuestos producidos endógenamente, como la auxina y el etileno, son importantes para la formación exitosa de haustorios y el desarrollo de puentes xilemáticos (Kokla et al., 2025).

Todas las angiospermas parásitas (incluidos los muérdagos) pueden requerir sustancias químicas como factores inductores de haustorio (HIF), estrigolactonas (SL), flavonoides, quinonas y sustancias mucilaginosas para interrumpir la latencia e iniciar la formación del haustorio (Saucet y Shirasu, 2016; Kokla y Melnyk, 2018). Por ejemplo, los genes implicados en la biosíntesis de SL, reportados en todas las plantas verdes, son la clase mejor caracterizada de estimulantes de la germinación para los miembros de las plantas parásitas (Saucet y Shirasu, 2016; Clarke et al., 2019). Así, la comunicación cruzada con la auxina, las SL inician el establecimiento del soporte, y posteriormente, se desarrolla un haustorio completamente envolvente, similar a un collar, alrededor de las ramas del tallo de un huésped que contiene una "punta" esclerénquima o "dispositivo similar a un cuerno. De manera similar, los productos químicos codificados por los parásitos (peroxidasas y peróxido de hidrógeno) se producen juntos en la punta de la radícula del parásito que está activa en la degradación oxidativa y la alteración de la lignina de la pared celular del huésped en HIF activos (Keyes et al., 2007). Una vez que las células intrusivas de los parásitos con HIF penetran en las células del huésped, el haustorio se establece y se conecta

con la vasculatura a través de una vía de la epidermis y la corteza del huésped, y las enzimas que degradan la pared celular pueden ayudar en el proceso de penetración. Tras la germinación, las semillas forman un hipocótilo que se alarga hasta formar un soporte que se adhiere firmemente a la rama del huésped (Mathiasen et al., 2008), lo que permite al parásito adquirir agua, nutrientes y modular la fisiología del huésped (Saucet y Shirasu, 2016).

El parasitismo exitoso depende de uno o más factores, que incluyen la calidad del hospedador en términos de contenido de nitrógeno (Yan et al., 2016), compatibilidad (Okubamichael et al., 2011), la fuerza del parásito (carga parasitaria) en la etapa de desarrollo y las interacciones químicas parásito-hospedador (Saucet y Shirasu, 2016). El agente dispersor desempeña un papel en la fusión muérdago-hospedador, en la que las aves son potencialmente eficaces al depositar semillas de muérdago (Medel et al., 2004). La preferencia del hospedador también puede depender de la diversidad de hospedadores potenciales disponibles; los muérdagos de Loranthaceae muestran una baja preferencia de hospedador en selvas tropicales heterogéneas y una alta preferencia de hospedador en bosques templados menos diversos (Press y Phoenix, 2005). Hasta ahora, casi todos los factores de especificidad están influenciados en gran medida por la inducción de señales moleculares químicas, estimulantes de la germinación (receptor de proteína nucleofílica y generación de etileno) y factores inductores de haustorios (HIF) (Okubamichael et al., 2016 y Yoshida et al., 2016). Estos factores inductores de haustorios (HIF) inician una cascada de transducción de señales que conduce a la acumulación de especies reactivas de oxígeno (ROS) en la raíz parásita y la formación del haustorio (Kokla y Melnyk, 2018). Después de la formación, ocurrirá la invasión del hospedador, el establecimiento de la continuidad vascular hospedador-parásito y la creación de un potencial parásito (Saucet y Shirasu, 2016).

2.2.1.9 Zoocoria y dispersión de semillas de *Phoradendron*.

La zoocoria es cuando diferentes especies de animales se encargan de la dispersión de semillas en los ecosistemas, utilizando múltiples estrategias que han desarrollado en conjunto los animales y las plantas (Barcelos, 2023).

La zoocoria o también llamado endozoocoria jugó un papel importante en la historia evolutiva de los *Phoradendron*, esta puede ser vista como un canje de comida por transporte (Ordóñez et al., 2016; Padrón et al., 2020). Las aves son responsables de la dispersión de semillas, dicha dispersión se produce por medio de tres mecanismos: La defecación, la regurgitación y el abandono de las semillas en las ramas del forofito (Sandoval y Siqueiros, 2019)

Se evaluó las especies como *Buthraupis montana*, *Euphonia cyanocephala*, *Euphonia xanthogaster*, *Pheucticus chrysogaster* y *Sicalis flaveola* fueron reconocidas como especies que utilizan a las semillas de *Phoradendron* como alimento. El ave *Euphonia cyanocephala* tuvo el mayor número de visitas y frutos consumidos de *Phoradendron nervosum*, debido a que esta especie es eficiente para separar las semillas de la pulpa, sirviendo como dispersora de semillas diminutas menor a 1 mm (Mendoza, 2023).

La semilla es transportada por pájaros, uno de ellos es *Turdus viscivorus* (zorzal) y *Sylvia atricapilla* (curruca), estas dos especies tienen una atracción por el fruto maduro (Muñoz et al., 2011).

Las *Euphonias* se alimentan con las bayas del género *Phoradendron* y *Dendrophthora*, estas contienen semillas rodeadas por un líquido transparente de color amarillo verdoso, de aspecto gelatinoso y viscoso, con una pulpa nutritiva, con alto porcentaje de diversas gomas, los cuales actúa como un vehículo para sales como las de potasio, calcio y magnesio, ácidos vegetales y óxido de hierro, una combinación tónica altamente purgativa. En estas gomas

se encuentra una sustancia llamada arabina la cual se transforma en azúcar de uva (fructosa), junto con los compuestos mencionados es rápidamente asimilada sin necesidad de la acción mecánica del tubo digestivo (Kiyoshi et al., 2012).

El tubo digestivo de las Euphonias carece de una molleja desarrollada, y como remanente tiene una zona angosta entre el proventrículo y el duodeno con sus paredes delgadas y membranosas, y con un calibre mayor que los de las partes adyacentes. Las semillas pasan a través del canal intestinal sin digerir y toda la masa es excretada casi en las mismas condiciones que cuando fue tragado, las heces son amorfas y no exhiben prácticamente ninguna de la materia blanca comúnmente observada en otras aves (Greg et al., 2013).

Tangara labradorines fue la especie de ave que más visitó a *Phoradendron* para alimentarse de sus semillas. La interacción coevolutiva estrecha entre las plantas y sus diseminadores ha sido el alto contenido de nutrientes de la pulpa de los frutos y la alta cantidad de pulpa que puede ser empleada por las aves y que traen como resultado final un grado de beneficio elevado para las aves (Medel et al., 2004).

El comportamiento de las aves dispersoras tiene una marcada influencia en la distribución de las plantas patógenas, ya que prefieren posarse sobre árboles que ya tienen muérdagos para así alimentarse, un patrón impulsado por las especies insectívoras que recolectan. La presencia de muérdago no varía entre los usos de la tierra (Paisaje urbano y naturales) o los orígenes de los árboles (árboles no nativos vs. nativos); sin embargo, los niveles de infestación son más altos en árboles no nativos y más grandes (Hood et al., 2025).

En el caso de *Phoradendron. californicum* el ave anida sobre este o muy cerca de él, cuando hay abundancia de insectos nacen los polluelos, de los cuales se alimentan ávidamente, o durante el resto del año de los frutos (Szmidla, 2019). Además, los frutos les ayudan a mantenerse hidratados sin la necesidad imperiosa de beber agua. Esto muestra la estrecha

relación entre muérdago y ave, ave e insectos rol importante para mantener la polinización y por ende la fructificación (Tinoco et al., 2024).

La presencia de muérdagos puede aumentar la abundancia de especies animales, refugio, la diversidad (disponibilidad de frutos), e incrementa el flujo de nutrientes al suelo, debido a esto se les ha considerado como ingenieros del ecosistema (Griebel et al., 2017; González y Cano, 2019).

Figura 3

Aves dispersoras de las semillas de Phoradendron sp.



Nota: A. *Buthraupis montana* B. *Euphonia cyanocephala* C. *Euphonia xanthogaster* D. *Pheucticus chrysogaster* E. *Sicalis flaveola* (Ecuador) F. *Turdus viscivorus* G. *Silvia atricapilla* (México) H. *Tangara labradorines* (Chile) Fuente: <https://ebird.org/home>

2.2.1.10 Patogénesis del *Phoradendron*

La patogénesis es un concepto fisiopatológico, que explica cómo y por qué se produce la lesión o enfermedad.

La patogénesis depende de muchos factores tales como: El tiempo necesario para que el parásito complete su ciclo de vida, la proporción de biomasa entre parásito y hospedador, el número de parásitos adheridos a una planta hospedadora y el grado de sintonía coevolutiva que se haya producido a lo largo del tiempo entre las dos especies. A pesar de las variaciones en la patogenicidad y la dinámica del ciclo de vida, todas las especies de plantas parásitas han evolucionado bajo la restricción de no matar a sus hospederos antes de reproducirse con éxito (Nickrent, 2020).

En una etapa temprana de germinación, las semillas de muérdago son conocidas por su naturaleza insensible al sitio y al huésped, es decir, germinan rápidamente e indiscriminadamente en cualquier sustrato. Después de la germinación, la supervivencia del muérdago depende de la exitosa adhesión y penetración al tejido vascular del árbol huésped. Existe evidencia considerable de que el prendimiento del muérdago en diferentes árboles huéspedes varía. Las semillas luego de anclarse a la rama huésped, germinan mediante sus propias reservas. Entre la germinación y la infección, hay una breve fase autótrofa de vida libre en la que se produce una alteración del crecimiento del hipocótilo, este penetra la corteza del huésped y desarrolla los meristemas haustoriales dentro del cambium. En esta etapa, la planta patógena depende principalmente de los recursos del huésped. El muérdago comienza a desarrollarse, durante aproximadamente dos años antes de producir brotes aéreos en el exterior de la planta. Inmediatamente los brotes aéreos comienzan la infección y se transforman a la fase semi autótrofa (Wang et al., 2016).

Las semillas viven poco tiempo, son propensas a secarse, ser atacadas por hongos, ratones y las hormigas. El porcentaje de germinación es alto, puede llegar al 90%, dependiendo la especie de árbol y la superficie sobre la que se encuentra la semilla. La estrategia es germinar rápidamente y establecer una conexión con el huésped, el muérdago es único entre la mayoría de las plantas porque ya tiene células fotosintéticas activas ubicadas en su interior. El embrión tiene dos cotiledones proporcionalmente diminutos encerrados en un endosperma. Como el endospermo y la parte superior del embrión permanecen pegados a la ramita adherida por la vicina, la radícula (raíz embrionaria) se expande alejándose del embrión. La radícula se curva alejándose de la luz (fototropismo negativo) que lo empuja hacia la ramita. La gravedad o el gravitropismo no parecen tener ningún efecto. La radícula está bien desarrollada excepto que no tiene cofia radicular. Los tejidos del muérdago del área de sujeción crecen dentro y entre los tejidos de los árboles y permiten que los tejidos de los árboles crezcan alrededor de los tejidos del muérdago. Si las conexiones de pared celular a pared celular sobreviven y se desarrollan, el muérdago se establecerá en una rama (Coder, 2008; Muche et al., 2022).

La planta patógena reconoce la presencia de otra planta a partir de exudados procedentes de la raíz tales como flavonoides, estrigolactonas, quinonas, ligninas y citoquininas entre otros (Kokla y Melnyk, 2018).

Los muérdagos absorben los compuestos químicos de defensa del huésped como metabolitos secundarios (Compuestos fenólicos, flavonoides y taninos) (Montoya-Inzunza, 2023), los mecanismos de patogenicidad y las respuestas de defensa del huésped mediadas por hormonas contra los muérdagos rara vez se han estudiado (Muche et al., 2022)

En condiciones óptimas, cuando el agua y los nutrientes están disponibles para el árbol hospedante, el muérdago puede obtener nutrientes directamente del xilema hospedante

(unidireccional) a sus vasos a través del haustorio, que es un mecanismo pasivo de absorción de nutrientes (Scalon y Wright, 2015).

Si el huésped experimenta estrés fisiológico, el muérdago puede evitar el estrés al tomar agua y nutrientes activamente del floema del huésped. El haustorio tiene la capacidad de penetrar hasta la médula del hospedante, cuando la rama alcanza un diámetro de 3 cm. y una vez introducido en la corteza del huésped, crece a lo largo del eje longitudinal de la rama del huésped en el floema y se desarrolla hasta convertirse en el haustorio cortical o haustorio primario (Alvarado et al., 2009).

La porción de muérdago que logra establecer una interfaz con el árbol se llama endofítica (genéricamente un haustorio). Esta parte del muérdago no debe llamarse raíz, ya que no tiene ninguna de las características de la raíz de una planta que crece en el suelo. El haustorio es una interfaz de intercambio de recursos entre el muérdago y el árbol. El haustorio continúa expandiéndose y alargándose junto con el crecimiento del diámetro de las ramitas y ramas, lo que lleva a una mayor interfaz de intercambio de recursos con el tiempo (Coder, 2008).

Los árboles infectados con muérdago exhibieron reducciones significativas en el contenido de clorofila y nutrientes minerales, junto con aumentos en prolina, malondialdehído (MDA) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Estos hallazgos sugieren que la infección por muérdago causó una disminución notable de la eficiencia fotosintética y la absorción de nutrientes, lo que afectó la salud de la planta. El análisis de componentes principales mostró una clara distinción entre árboles infectados y no infectados, lo que confirma aún más el impacto negativo de la infección por muérdago (Çakir et al, 2025).

En diámetros más pequeños, la necrosis de las ramas hospedantes se acelerará, dañando fatalmente la planta de "popa". Lo contrario ocurre cuando el diámetro es mayor, por lo que probablemente los botánicos la identifican como una planta parásita (Roncal, 2008).

Cuando hay infestación por muérdago en pinos tanto en la corteza y la madera se han presentado niveles elevados de ácido abscísico (ABA) y ácido jasmónico (JA), ácido salicílico (SA) y niveles reducidos de ácido indol-3-acético (IAA) (War et al., 2012). Los cambios observados en estas fitohormonas en los pinos tras la infestación de muérdago reflejan la complejidad de las interacciones antagónicas y sinérgicas entre las vías de señalización de IAA y SA/JA y ha habido intercambios cruzados entre IAA y otras vías de señalización hormonal (Hu et al., 2017).

En la investigación realizada entre *Phoradendron californicum* y el hospedero *Prosopis velutina*, se encontró un promedio de 1,8 parásitas por hospedero, siendo 54 el número máximo de plantas parásitas por planta (Aukema y Martínez del Río, 2002).

Phoradendron californicum parasitando a *Olneya tesota*, se encontró de 1 a 6 plantas parásitas, con un promedio de $4,4 \pm 5,8$ de parásitas por hospedero (Rodríguez, 2014).

Cuando los muérdagos infestan el sistema vascular del huésped, pueden alterar el crecimiento, la reproducción y la fisiología del huésped, reduciendo significativamente su rendimiento (Cameron et al., 2009; Carnegie et al., 2009; Bell & Adams, 2011; Sanguesa et al., 2012, Lázaro-González et al., 2023).

2.2.1.11 Ciclo biológico

Los muérdagos son plantas semiparásitas que se sitúan en los tallos, ramas de las plantas huésped; *Phoradendron* se caracteriza por realizar fotosíntesis (tienen clorofila); toman agua y nutrientes no procesados del xilema de los árboles en los que se encuentran. Poseen

una raíz modificada denominada haustorio (órgano succionador) que, en cuanto entra en contacto con el huésped, penetra en la planta y se abastece de agua y sales minerales. A través de este órgano, la planta hemiparásita atraviesa la corteza, el floema y llega hasta la xilema del huésped (forofito), donde obtiene las sustancias necesarias para su desarrollo, ya que su fisiología es incapaz de llevar a cabo estos procesos sin la participación de la planta huésped (The Plant List, 2020; POWO, 2020).

Además de absorber agua y sales minerales unidireccional por el xilema, los haustorios liberan hormonas hacia los árboles reguladores de crecimiento que mantienen abiertas las vías de recursos y minimizan las reacciones defensivas del árbol. Si la invasión resultará muy agresiva, la infección fracasaría (Marchal, 2009).

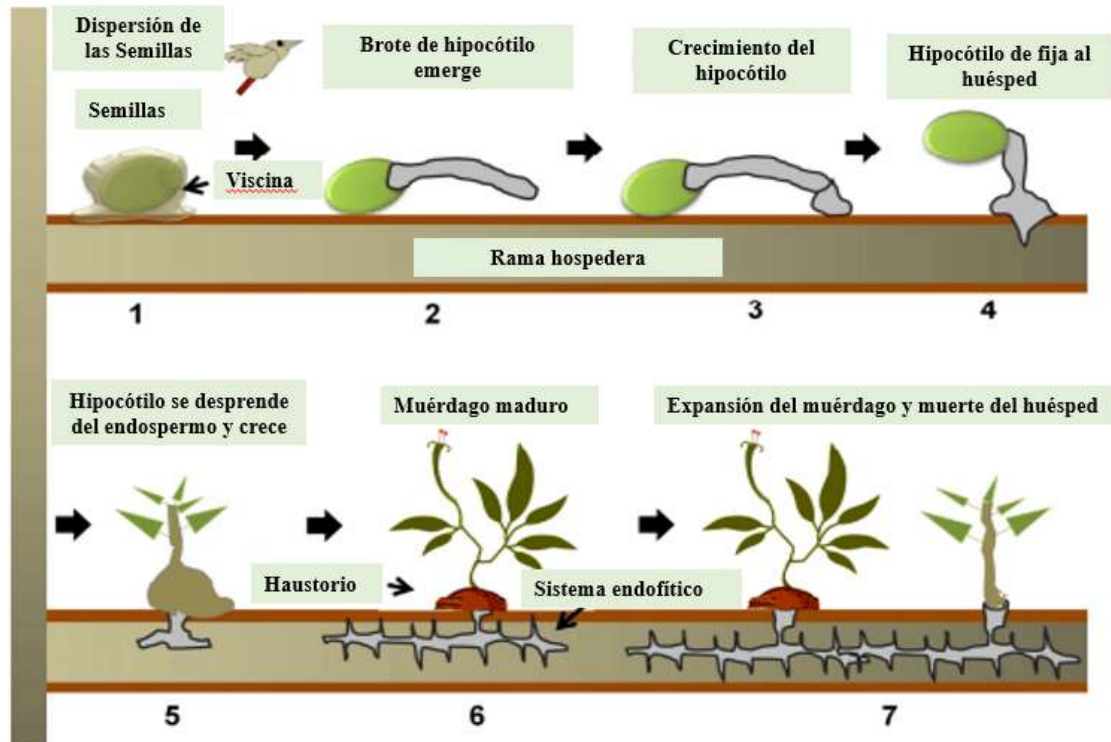
En algunas ocasiones la resistencia contra plantas patógenas es muy limitada, probablemente esto se deba a la estrecha relación filogenética entre las plantas parásitas y sus huéspedes (Fishman y Shirasu, 2021).

La fusión o especificidad de los muérdagos en plantas vasculares podría estar relacionada con la adaptación morfológica y fisiológica o la plasticidad fenotípica que permiten a las semillas superar las defensas químicas y mecánicas de los hospedadores (Okubamichael et al., 2016 ; Guerra et al., 2018).

El ciclo de vida del *Phoradendron* es largo, la floración se da en el año 3, el tiempo transcurrido entre la infección y la producción de semillas puede variar entre 4 a 6 años, incluso más (Szmidla et al., 2019).

Figura 4

Ciclo de vida del Phoradendron sp.



Nota: Semilla cubierta con viscina asegura una adhesión firme a la rama del huésped (1). El hipocótilo(s) de la semilla emerge y crece hacia la corteza (2), hipocótilo se adhiere a la corteza (3), hipocótilo penetra en la corteza (4). Hipocótilo se conecta al xilema del huésped (5), el sistema endofítico permite obtener agua, minerales, carbohidratos y metabolitos secundarios (6). El sistema endofítico puede expandirse como raíces epicorticales a lo largo del cambium del huésped (7). Tomado de Mitigating the Mistletoe Menace: Biotechnological and Smart Management Approaches. Por Mudgal et al. (2022).

2.2.1.12 Taxonomía del *Phoradendron nervosum* Oliv.

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Santalales

Familia: Santalaceae

Género: *Phoradendron*

Especie: *Phoradendron nervosum* Oliv.

Nota: Clasificación taxonómica del género *Phoradendron nervosum*. Tomado de <https://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU:953196>

Actualmente los géneros *Phoradendron* y *Viscum* han sido reubicados dentro de la familia Santalaceae. Se ha seguido el criterio taxonómico del catálogo de plantas vasculares de la flora del Cono Sur, con actualizaciones en línea (Zuloaga et al., 2009).

Los parásitos Santalaceae evolucionaron hace 53 millones de años, mientras que Loranthaceae evolucionó aproximadamente hace 28 millones de años (Vidal-Russell y Premoli, 2015).

Se distingue *Phoradendron* de *Viscum* L. porque tiene anteras con dos compartimentos, a diferencia de que *Viscum* tiene anteras multicompartimentadas, distribuyéndose estas últimas en el "Viejo Mundo" templado y tropical. En la Flora brasiliensis clasificó claramente *Phoradendron* y estableció el género *Dendrophthora* para las especies con anteras unicompartmentales (Dettke y Simões, 2021).

2.2.1.13 Sinónimos de *Phoradendron nervosum* Oliv.

Según Worl Plants (2024) los sinónimos de *Phoradendron* son:

Phoradendron brachypodum Trel.; Bull. Torrey Bot. Club 54: 474 (1927)

Phoradendron granaticola Trel.; *Phoradendron*, 70 (1916)

Phoradendron granaticola var. *taeniicaule* (Rizzini); *Rodriguesia*, 30(46): 65 (1978)

Phoradendron huehuetecum Standl. & Steyerl.; Publ. Field Mus. Nat. Hist., Chicago, Bot. Ser. 23: 41 (1944)

Phoradendron mandonii Eichler; Mart., Fl. Bras. 5(2): 124 (1868)

Phoradendron pachanum Trel.; Bull. Torr. Bot. Club 54: 473 (1927)

Phoradendron pifoense Trel.; Bull. Torr. Bot. Club 54: 473 (1927)

Phoradendron roseanum Trel.; Bull. Torr. Bot. Club 54: 472 (1927)

Phoradendron semiteres Trel.; *Phoradendron*, 69 (1916)

Phoradendron taeniicaule Rizzini; *Rodriguesia*, 18-19: 191 (1956)

Phoradendron trianae Eichler; Mart., Fl. Bras. 5(2): 117, obs. ii. (1868)

Phoradendron tubulosum Urb.; Bot. Jahrb. Syst. 23: Beibl. 57: 5 (1897)

Phoradendron turbinispicum Trel.; *Phoradendron*, 75 (1916)

Phoradendron verleyseii Trel.; *Phoradendron* 69 (1916)

Phoradendron verleyesenii var. *chimboense* Trel.; *Phoradendron* 69 (1916)

Phoradendron verleyesenii var. *fraseri* Trel.; *Phoradendron* 69 (1916)

2.2.1.14 Manejo y control de plantas patógenas.

Según Plascencia et al. (2016) recomienda las siguientes medidas de control de plantas parásitas:

A) Manejo silvícola. Consiste en realizar podas selectivas de las ramas de los árboles para reducir la extensión de los daños. Uno de los factores limitantes es la intensidad de la poda de los árboles afectados por la planta patógena. La eliminación continua de brotes, la poda de ramas infectadas y la remoción de árboles infectados han sido las prácticas más frecuentes de manejo, pero el costo de estas actividades es alto y solo se puede justificar su uso en áreas urbanas, recreativas y en árboles de gran valor. Luego de podar los árboles que tienen las plantas patógenas hay que envolver un plástico negro, alrededor de la parte infectada de la rama, para evitar el rebrote (Mallams y Mathiasen, 2010).

El uso del fuego ha sido otra práctica empleada como alternativa a las podas, todos los árboles infestados deben ser extraídos y quemados para evitar la propagación de las plantas parásitas, para evitar la dispersión de estas a los rodales sanos, se debe procurar establecer a lo largo del bosque o plantación barreras naturales de árboles no hospederos (Vázquez et al., 2006).

B) Uso de herbicidas selectivos. Es una alternativa muy explorada donde se utilizan diferentes ingredientes activos tales como: Tierra de diatomeas, base urea, glifosato y 2-4D butotilo, Etefón 2-4D amina. Como regulador de crecimiento, este químico libera etileno acelerando la maduración de la planta y promoviendo la abscisión de brotes (Bhat et al., 2022).

- C) Aplicación de fitohormonas.** Consiste en la inyección al tronco de fitohormonas en concentraciones para poder tener un efecto sobre el muérdago sin afectar al árbol hospedero. Por ejemplo, para el control de muérdago en *Liquidambar styraciflua*. Se utiliza el Ácido 2-cloroetil Fosfórico (Agrofon, Etefon). (Plascencia et al., 2016)
- D) Control biológico.** Es la utilización de hongos o bacterias fitopatógenas, que tienen efectos perjudiciales sobre las plantas patógenas; como son: *Colletotrichum*, *Pestalotiopsis*, *Cylindrocarpon*, *Alternaria*, *Phoma* y *Nectria*. *Fusarium oxysporum* fue el hongo que presentó una patogenicidad superior a *Alternaria spp*, por lo tanto, se puede concluir que es un buen candidato para un biocontrol de *Phoradendron* (Paz, 2013).

2.2.1.15 Especies hospedadoras de Phoradendron nervosum

El género *Phoradendron* presenta diversas plantas hospedadoras entre las que se pueden mencionar las siguientes:

Tabla 3

Especies hospedadoras de P. nervosum

País	Especies	Nombre común	Familia	Referencias
Ecuador	<i>Prunus serotina</i>	Capulí	Rosáceas	Cerón y Reyes (2022)
	<i>Populus deltoides</i>	Álamo negro	Salicáceas	
	<i>Acacia melanoxilona</i>	Acacia negra	Fabáceas	
	<i>Acacia delbata</i>	Mimosa común	Fabáceas	
	<i>Salix humboltiana</i>	Sauce	Salicáceas	
	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	Cucarda	Malváceas	
	Especies	Nombre común	Familia	Referencias
	<i>Mimosa quitensis</i>	Guarango	Fabáceas	Rodríguez (2022)
	<i>Populus dealbata</i>	Álamo americano	Salicáceas	
	<i>Callistemon citrinus</i>	Escobillón rojo	Rutáceas	
	<i>Adelfa nerium</i>	Rosa laurel	Apocináceas	
	<i>Lochroma cyaneum</i>	Churur violeta	Solanáceas	
	<i>Púnica granatum</i>	Pomarosa	Lythraceae	Carrera (2023)
	<i>Ficus carica</i>	Higo	Moráceas	
	<i>Prunus persica</i>	Durazno	Rosáceas	
	<i>Lantana camara</i>	Supirosa	Verbenáceas	
	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Asteráceas	
	<i>Solanum brevifolium</i>	Tomate	Solanáceas	
	<i>Annona cherimola</i>	Chirimoya	Anonáceas	
	<i>Nicotiana glauca</i>	Tabaco	Solanáceas	
México (Querétaro)	<i>Bumelia spp</i>	Matón de goma	Sapotáceas	Rzedowski y Rzedowski (2011)
	<i>Heliocarpus spp.</i>	Corcho	Tiliáceas	
México (Veracruz)	<i>Croton xalapensis</i>	Ricino	Euforbiáceas	CONABIO (2011)
	<i>Ageratina ligustrina</i>	Hierba amarga	Asteráceas	
	<i>Lippia myriocephala</i>	Tabaquillo	Verbenáceas	
México (Chapulhuacán)	<i>Meliá sp.</i>	Canelo	Meliáceas	Cibrián y Cibrián (2011)
México (Bajío)	<i>Bumelia spp.</i>	Matón de goma	Sapotáceas	Rzedowski y Rzedowski (2011)
	<i>Heliancarpus spp.</i>	Corcho	Tiliáceas	
Costa Rica (Puerto Jiménez)	<i>Sinclairia polyantha</i>	Limoncillo	Asteráceas	Morales (2015)
	<i>Souroubea sp.</i>	Hoja de piedra	Marcgraviáceas	

Nota: Especies hospederas *P. nervosum* en diferentes países Fuente: Carrera et al. (2023).

Figura 5

Especies hospederas de P. nervosum



Nota: A. *Prunus serótina*. B. *Punica granatum*. C. *Salix humboltiana*. D. *Solanum brevifolium*.
Fotos de Martín Carrera, Lia Altamirano y Karla Barragán.

2.2.1.16 Epiparasitismo y hospederos parásitos

Cuando una planta parásita se establece sobre otra planta parásita que actúa como hospedera, esta asociación ha sido llamada epiparasitismo. En estas relaciones se han identificado tres categorías de epiparasitismo. Las parásitas oportunistas que parasitan a otras parásitas y otros huéspedes no parásitos; las autoparásitas se parasitan a sí mismas y a individuos de la misma especie, mientras que en el epiparasitismo obligado, las parásitas crecen únicamente en huéspedes parásitos en su totalidad o en su mayoría de su ciclo de

vida (Wilson & Calvin, 2017). Las investigaciones sobre la relación muérdago-muérdago son aún escasas (Krasylenko et al., 2021).

El epiparasitismo en *Phoradendron* es un ejemplo de estrategia de colonización y adaptación ecológica, donde el epiparásito se aprovecha del haustorio ya establecido del muérdago primario. La fisiología de ambos muérdagos y del hospedante autótrofo determina la viabilidad del epiparasitismo y su impacto en la salud del árbol. En la tabla 4 se puede apreciar diversas plantas epiparásitas teniendo como hospederos a *Phoradendron* spp.

Tabla 4

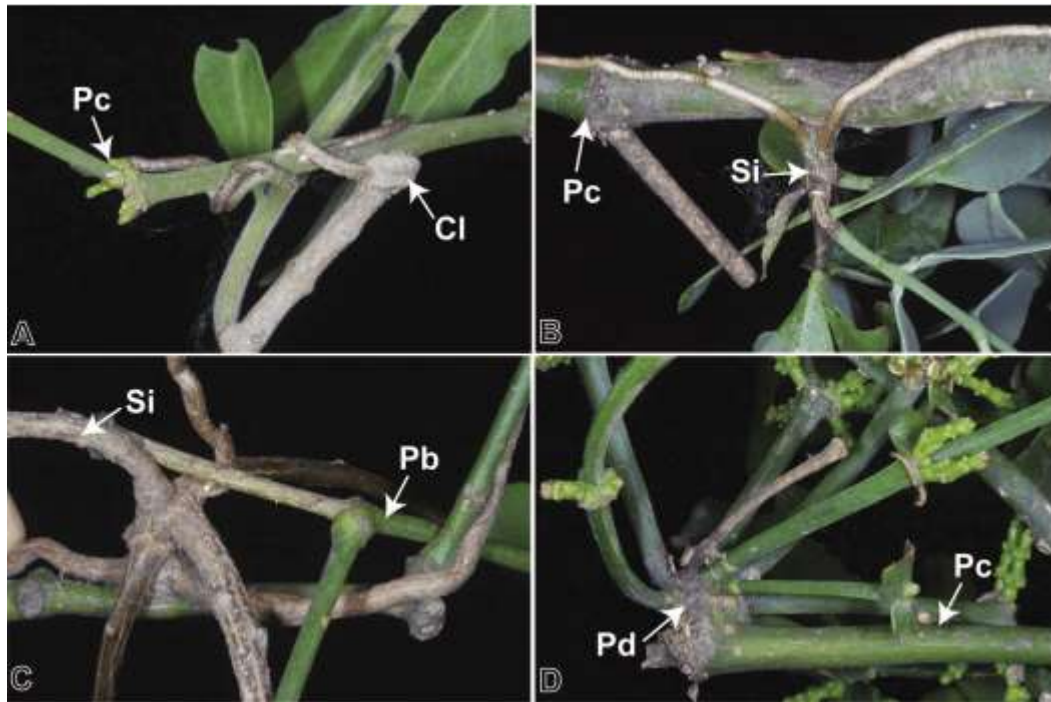
Epiparásitas y sus hospederos del género Phoradendron

Epiparásita	Hospedero parásito
Loranthaceae en Santalaceae	
<i>Cladocolea loniceroides</i> (Tiegh.) Kuijt	<i>Phoradendron carneum</i> Urb.
<i>Psittacanthus calyculatus</i> (DC.) G. Don	<i>Phoradendron brachystachyum</i> (DC.) Oliv.
<i>Struthanthus interruptus</i> (Kunth) G. Don	<i>Phoradendron carneum</i> Urb.
	<i>Phoradendron robinsonii</i> Urb.
	<i>Phoradendron robinsonii</i> Urb.
Santalaceae en Loranthaceae	
<i>Phoradendron carneum</i> Urb.	<i>Struthanthus interruptus</i> (Kunth) G. Don
Santalaceae en Santalaceae	
<i>Phoradendron brachystachyum</i> (DC.) Oliv.	<i>Phoradendron carneum</i> Urb.
<i>Phoradendron dipterum</i> Eichler	<i>Phoradendron carneum</i> Urb.
	<i>Phoradendron nudum</i> Kuijt
	<i>Phoradendron quadrangulare</i> (Kunth) Griseb
	<i>Phoradendron wattii</i> Krug & Urb.
<i>Phoradendron falcatum</i> Eichler	<i>Phoradendron reichenbachianum</i> (Seem.) Oliv.
<i>Phoradendron quadrangulare</i> (Kunth) Griseb	<i>Phoradendron carneum</i> Urb.
<i>Phoradendron wattii</i> Krug & Urb.	<i>Phoradendron nudum</i> Kuijt

Nota: Epiparasitismo y sus hospederos Fuente: Galván et al. 2022

Figura 6

Plantas epiparásitas y hospederos parásitos.



Nota: A. *Cladocolea loniceroides* sobre *Phoradendron carneum*, B. *Struthanthus interruptus* sobre *P. carneum*, C. *Struthanthus interruptus* sobre *P. brachystachyum*, D. *Phoradendron dipterum* en *P. carneum*. Créditos fotográficos (A-D): R. Cerros-Tlatilpa

2.2.2 El árbol de Sauce (*Salix chilensis*)

2.2.2.1 Información y características generales del Sauce (*Salix chilensis*)

La etimología de la palabra *Salix*, se deriva de una palabra en lengua celta. Sal que significa “cerca” y Lis que significa “agua”, o sea significa “vecino del agua”; aludiendo a la preferencia de estos árboles por las riberas. *Salix chilensis* es la única especie nativa de América del Sur (Abdollahzadeh et al., 2011), cuyo hábitat se extiende desde México y Centroamérica hasta el sur (Argentina), se caracteriza por proteger las riberas de ríos y arroyos (Adema et al., 2022).

El género comprende aproximadamente 500 especies de árboles y arbustos. El árbol de *Salix* spp. puede alcanzar hasta los 20 m de altura y un diámetro del tronco que puede llegar a 1 m. La corteza se caracteriza por ser gruesa, de color pardo grisáceo y rugosa. En su etapa temprana presenta un tallo de color verde plumizo con moteados de color café rojizo, principalmente en la inserción de las ramas. En las ramas principales muestra grietas y una línea perpendicular a estas por debajo de la ramilla (Pinilla et al., 2015).

Los sauces se pueden desarrollar en cuatro dimensiones. La primera dimensión longitudinal corresponde al gradiente aguas arriba-aguas abajo. La segunda gradiente lateral está referida con los intercambios de materia y energía entre los flujos de agua y las zonas aluviales ribereñas. La dimensión vertical referida a la estratificación de los ecosistemas de superficie y de las aguas subterráneas del acuífero aluvial. La última dimensión temporal incluye los cambios que se presentan en el tiempo a diversas escalas (Noé, 2013; Hernández, 2018).

Del sauce se conocen varias adaptaciones fisiológicas y morfológicas, como la presencia de raíces adventicias utilizadas en la absorción de oxígeno y nutrientes, en la atenuación del escurrimiento y control de la erosión del suelo; la capacidad de reordenar el sistema radicular y el follaje en respuesta a sedimentaciones en gran escala; la capacidad de translocar oxígeno desde el tronco a las raíces ubicadas en suelos que, después de inundados, se hacen anóxicos; la gran capacidad de reproducirse vegetativamente a partir de ramas quebradas etc. (Achim et al., 2025).

2.2.2.2 Requerimientos ecológicos del sauce

El sauce requiere de una altitud de 0 – 2 500 msnm para un óptimo desarrollo y una buena productividad, un clima cálido – húmedo; una precipitación anual de 1 000 –

1 200 mm/año y una temperatura media anual de 20 - 25° C. En cuanto a suelos, tienen preferencia por las riberas de los ríos y las zonas inundadas permanentemente, llegando a

formar verdaderos bosques en zonas de terrenos aluviales, sujetos aún a la inundación periódica de las avenidas de los ríos.

2.2.2.3 Clasificación taxonómica del género *Salix chilensis*

Reino: Plantae

Subreino: Embryobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dilleniales

Orden: Malpighiales

Familia: Salicaceae

Género: *Salix*

Especies: *Salix chilensis*

Sinónimo: *Salix humboldtiana*

Nota: Clasificación taxonómica del género *Salix spp.*

Fuente: <https://datosabiertos.unam.mx/biodiversidad/>

2.2.2.4 Sinónimos de *Salix humboldtiana*

Según Rodríguez et al. (2018) entre los sinónimos de *Salix humboldtiana* tenemos a *Salix chilensis* Mol., y *Salix magellanica* Lam.

2.2.2.5 Importancia y composición del género *Salix*

Las especies de *Salix* (Salicaceae) tienen importancia global en el ámbito del desarrollo rural y silvicultura sostenible (Kuzovkina et al., 2008).

El sauce se puede encontrar en las riberas de ríos, lagos, como defensas ribereñas de las inundaciones ya que tiene una marcada preferencia y tolerancia por lugares húmedos (Lebel, 2010; Whaley et al., 2010). Tiene la característica de presentar un rápido crecimiento, pero no es una especie longeva, raramente puede superar los 50 años de edad (Bozzi et al., 2014).

El sauce (*Salix humboldtiana*) contiene el mayor porcentaje de humedad (12,0 %). Le sigue la especie palo verde (*Cercidium praecox*) con un contenido de humedad (10,33 %). Lo que indica que el sauce tiene una mayor capacidad de absorción de agua (Nuñez, 2022).

Los sauces ofrecen una gama de productos madereros como: postes (rápido y fácil prendimiento), para cajonería, envases y embalajes, fabricación de juguetes, mates, bancos rústicos, bateas, palas para horno, remos y palos de fósforos. Productos no madereros (forraje, leña) y servicios (abrigo, sombra, protección del suelo, del viento, del agua, de los cultivos, del ganado y de las viviendas). Tiene un papel importante en la conservación de tierras degradadas (papel fitorremediador), la rehabilitación de ecosistemas frágiles y la restauración del paisaje forestal. Los sauces son excelentes agentes fitorremediadores ya que acumulan y toleran los metales pesados, plaguicidas, antibióticos, solventes, hidrocarburos (Khuishid et al., 2020; Giaccio et al., 2022).

Los sauces tienen un papel importante en los sistemas agroforestales y a menudo están cultivados por pequeños agricultores, en el mundo 94% corresponden a bosques naturales, 5 % a plantaciones y el 1 % sistemas agroforestales como árboles fuera de los bosques (Ball et al., 2005). Estos árboles tienen la capacidad de absorber el nitrógeno y fósforo proveniente de una ganadería y agricultura intensiva. Un sauzal de una hectárea puede absorber al año de 150 a 200 kg de nitrógeno (Adegbi et al., 2021).

La decocción de la corteza tiene propiedades parecidas a las de la quinina: reduce la fiebre, es analgésica, digestiva, sedativa, antirreumática, astringente y tónica. La ceniza de la corteza, se aplica sobre diversas afecciones cutáneas en forma de macerados. Contiene salicina, oxidasa, oxalatos, sales minerales, taninos, resinas, en pequeña cantidad salicósido y la enzima salicasa. Las hojas poseen flavonas y mezcladas con shampoo revitalizan y vivifican al cabello. Contiene también ácido salicílico, ingrediente principal de la aspirina (Arif y Aggarwal, 2023).

Por su contenido en tanino y sales minerales, se ha utilizado para curar enfermedades de la piel, dentro de las cuales podemos mencionar la psoriasis, gracias al efecto queratolítico del ácido salicílico. También se ha utilizado en el tratamiento del reumatismo crónico, artritis aguda, gota, osteoartritis, dolores lumbares. A principios del siglo XX, la salicina que se caracteriza por su difícil extracción fue sustituida por el llamado ácido salicílico y más tarde por el ácido acetilsalicílico o llamado aspirina, actualmente obtenido sintéticamente (Rezabakhsh et al., 2021).

Las hojas de sauce pueden utilizarse en la suplementación eficiente de ovinos y vacunos especialmente en las épocas de sequía, considerándose como interesante recurso forrajero. Análisis nutricional muestran que el contenido de PB (Proteína Bruta) fue de 18,68 % para Sauce y del *Lolium multiflorum* (Rye grass) de 16,3 %. Estos porcentajes son comparables con los que presentan algunos pastos como por ejemplo *Lolium multiflorum*. Los promedios de taninos fueron relativamente bajos (< 3 %) con 1,35 % para sauce (Fernández, 2023)

El principal componente activo de esta especie es el glucósido fenólico salicina, que es responsable del valor farmacéutico de estas plantas. Presentan dos flavonoides, luteolina y luteolina-6-C- β -D-glucopiranosido (iso-orientina) y dos glucósidos fenólicos, tricocarpina y tremuloidina (Zeid, 2006).

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1 Epiparásita: Etimológicamente, proviene del griego y el latín científico: “Epi-” (ἐπί) = sobre, encima de. “Parásito” (παράσιτος) = el que come a expensas de otro “ismo” = sufijo que indica una acción, proceso o condición. Es un parásito de planta que parasita obligadamente a otro parásito de planta se denomina epiparásito, lo cual es extremadamente raro en las angiospermas (Gou et al., 2021)

2.3.2 Hemiparásitas o Semiparásitas: Etimológicamente proviene del griego: “hemi-” (ἡμι) = medio, mitad, parcialmente. “parásitos” (παράσιτος) = el que come a expensas de otro. Etimológicamente, hemiparásita significa “parásito parcial” o “parcialmente parásito”. Que tiene clorofila y realiza la fotosíntesis, pero que aumenta su suministro de nutrientes alimentándose de su huésped (por ejemplo, el muérdago *Viscum album*) (Oxford reference, 2025)

2.3.3. Holoparasitismo: La palabra holoparasitismo proviene del griego: “hólos” (ὅλος) = todo, completo. “parásitos” (παράσιτος) = el que come a expensas de otro. “-ismo” = sufijo que indica acción, sistema o condición. Es la estrategia en la que “las plantas parásitas carecen completamente de clorofila y dependen enteramente del huésped para todos los recursos metabólicos” (Press & Phoenix, 2005).

2.3.3 Forofito: También llamado hospedero, es la planta que actúa como hospedador de un parásito o soporte de un epífito (Romero y Figueroa, 2024).

2.3.4 Incidencia: Permite determinar la velocidad y patrón de avance de la planta patógena. Es el porcentaje de individuos afectados en relación a un total. Los individuos pueden ser plantas y sus diferentes partes como ramas, hojas, frutos y espigas etc. (Márquez et al., 2021)

2.3.5 Infestado: Contiene una gran cantidad de insectos, ácaros, nematodos, etc., aplicados a un área o campo. También se aplica a la superficie de una planta, suelo, contenedor o herramienta contaminada con bacterias, hongos, etc. (Márquez et al., 2021)

2.3.6 Muérdago: Se designa a las plantas hemipatógenas, que infestan árboles y arbustos para obtener de ellos agua y sales minerales, ya que son incapaces de absorberlas directamente del suelo. El muérdago toma los recursos que requiere en perjuicio del árbol que parasita. Esta palabra se deriva de “Mistel” es la palabra anglosajona para “estiércol”, y “tan” es la palabra para “ramita”. Por lo tanto, el significado de muérdago es “estiércol en una ramita” (González et al., 2018)

2.3.7 Patogenicidad: Es la cualidad o estado de ser patógeno , grado de capacidad patógena es decir un agente causal de una enfermedad (Merriam-Webster, s.f.).

2.3.8 Patometría: Es la cuantificación de una enfermedad o medida del grado de desarrollo del patógeno sobre el hospedante. Expresado como incidencia o severidad de la enfermedad (Márquez et al., 2021).

2.3.9 Plantas parásitas: Son aquellas que necesitan de otras para poder desarrollarse, por lo que viven total o parcialmente dentro o sobre aquellas, debilitándolas. No pueden vivir por ellas mismas ya que necesitan agua, minerales y fotosintatos que obtienen de otras especies vegetales (Bouwmeester et al., 2021).

2.3.10 Severidad: Es la relación de la planta patógena con el daño que le causa a la planta afectada; es decir nos permite conocer el comportamiento ecológico de la planta patógena (Márquez et al., 2021).

2.3.11 Vicina: Es una cubierta de las semillas de las plantas hemiparásitas que se caracteriza por ser muy pegajosa y permite que la semilla se adhiera a cualquier superficie (Gómez et al., 2011).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica de la investigación

El distrito de Chota se encuentra ubicado en la parte central de la provincia, en la región norte del Perú. Su capital se encuentra en la meseta de Acunta a 2 388 m s.n.m. a 150 km al norte de Cajamarca y a 219 km al este de la ciudad de Chiclayo, Lambayeque.

3.1.1 Latitud

Perú se localiza en el hemisferio sur, la ciudad de Cajamarca se encuentra más próxima a la línea ecuatorial con una latitud de $7^{\circ}12'05''$ y la ciudad de Chota se ubica más al norte de la capital departamental, por este lugar pasa el paralelo $6^{\circ}33'48''$.

3.1.2 Altitud

La ciudad capital del distrito de Chota se encuentra a una altitud de 2 388 m s.n.m. Los árboles muestreados pertenecientes a los 60 centros poblados estuvieron comprendidos entre los 2 248 msnm hasta 3008 msnm

3.1.3 Extensión

El territorio de la provincia de Chota es 3 795,10 km²; el distrito donde se desarrolló la investigación tiene una extensión de 261,75 km²

3.1.4 Límites

NORTE: Distritos de Chiguirip y Conchán.

SUR: Distrito de Bambamarca y su capital Hualgayoc.

OESTE: Distrito de Lajas.

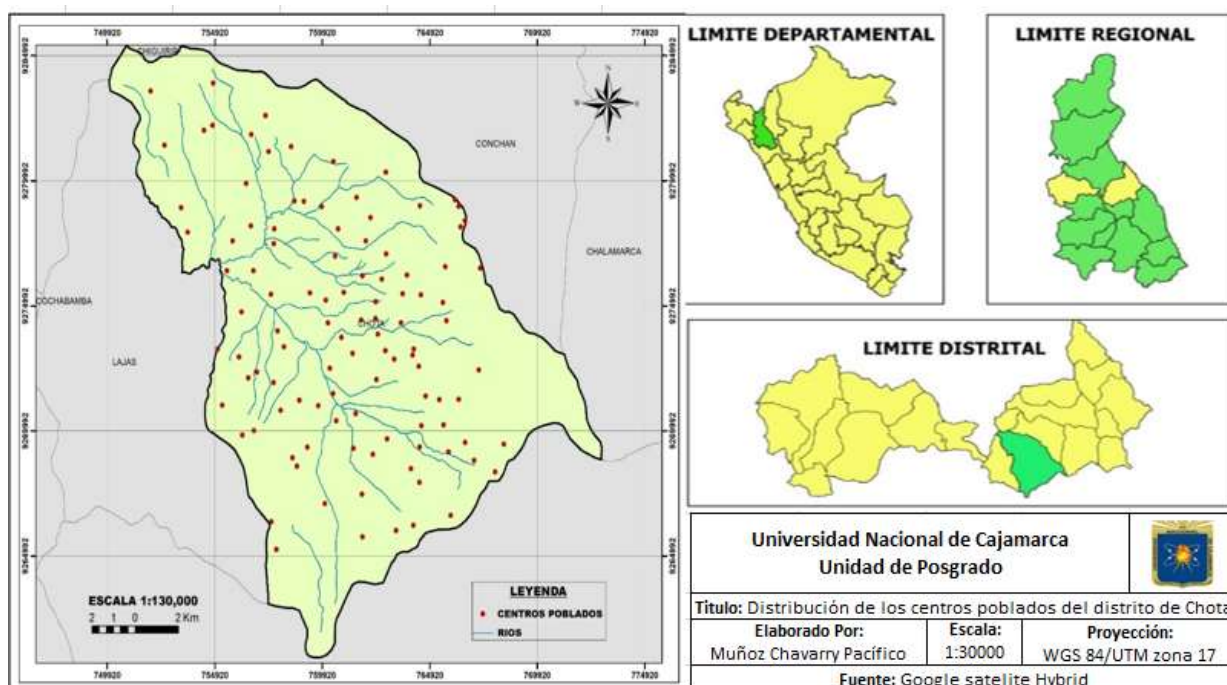
ESTE: Distrito de Chalamarca.

La mayor parte del territorio, es de clima templado; sin embargo en las partes más bajas (Tuctuhuasi - Valle Doñana) el clima templado presenta una ligera variación al templado caluroso; mientras que en las partes más altas como: Chaupelanche, Condorpullana, Colpatuapampa, Sitacucho, Lingán, Negropamapa, Progreso Pampa, Huayrac, Silleropata, Shotorco, La Palma, es un clima templado frío. Las épocas de lluvias son de noviembre a abril, y su época de sequía de mayo a octubre. La temperatura promedio es de 17,8°C (<https://www.munichota.gob.pe/ubicacion-geografica>).

En la figura 7 se muestran los árboles muestreados comprendidos dentro de los 60 centros poblados pertenecientes al distrito de Chota, con los respectivos límites departamental, regional y distrital.

Figura 7

Mapa de ubicación del distrito de Chota



Nota: Ubicación del distrito y los centros poblados de Chota. Fuente: <https://www.google.com/maps/placex/chota>

3.2. Materiales y Equipos

3.2.1 De campo

Forcípula, tablero acrílico, libreta de campo, sierras de arco de 21”, fichas de evaluación y wincha de 50 m

3.2.2 Equipos

GPS marca Garmin 64S, binoculares, cámara fotográfica, laptop e impresora

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

El distrito de Chota, donde se desarrolló el presente estudio, está conformado por árboles agroforestales de sauce comprendidos en 94 centros poblados, de los cuales el 99% es de ámbito rural.

3.3.2 Muestra

Para el presente estudio se determinó el tamaño de la muestra con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + (Z^2 * p * q)}$$

$$n = \frac{1.96^2 * 94 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (94 - 1) + (1.96^2 * 0.5 * 0.5)}$$

$$n = \frac{87.514}{1.1929}$$

$$n = 73.36$$

Donde:

z = Valor en la tabla Z del 95 % de confianza: 1,96

p = Proporción de éxitos (0,50)

q = Proporción de fracasos (0,50)

N = Población estimada (94)

e = Error estimado: 5 %

n = Tamaño muestra

Del total de centros poblados (94), se determinó mediante fórmula 73 centros poblados a muestrear, de los cuales 60 centros poblados registraron la presencia de árboles de sauce.

3.3.3 Muestreo

Solo se muestrearon los árboles de 60 centros poblados que registraron la presencia de árboles de sauce. Se muestreo árboles de sauce con un DAP mayor 10 cm.

En la presente investigación los árboles evaluados fueron elegidos por el investigador, el número de árboles muestreados en cada centro poblado fue por muestreo aleatorio simple.

3.4 Metodología

3.4.1 Técnicas de recolección de datos

3.4.1.1 Observación y medición: La observación se realizó en los árboles de sauce con o sin la presencia de plantas patógenas. También se realizó la medición del DAP de los árboles, la georreferenciación respectiva de cada lugar y la altitud.

3.4.1.2 Observación: Corte longitudinal de ramas, para la observación del daño y la invasión del haustorio.

3.4.2 Técnicas de procesamiento o análisis de datos

3.4.2.1 Análisis de laboratorio: Se enviaron dos muestras de hojas frescas de sauce, con y sin ataque de *Phoradendron* (0,5 kg/muestra) y una muestra de hojas del tercio superior de la mencionada planta, al laboratorio de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para determinar el tipo de metabolitos secundarios presentes en las hojas de sauce con y sin la presencia de *Phoradendron* (Tamizaje fitoquímico de las hojas de sauce).

3.4.3. Evaluaciones y datos registrados.

A. Medición de las coordenadas y altitud.

Para determinar las coordenadas y las altitudes se realizó con la ayuda de un GPS marca Garmin.

B. Evaluación de la incidencia.

Es el porcentaje de árboles infestados

Para determinar la incidencia se empleó la siguiente fórmula.

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de árboles infectados}}{\text{Total de árboles muestreados}} \times 100$$

Tabla 5*Niveles de incidencia de plantas patógenas en árboles de sauce*

Nivel de Incidencia	Rango de árboles afectados (%)	Categoría	Interpretación sanitaria
0	Sin presencia de plantas patógenas	Nula	No se registra árboles afectados
1	1 - 25	Baja	Pocas infecciones, incipiente o localizado.
2	26 - 50	Media	Presencia moderada del patógeno, distribución irregular en el área.
3	51 - 75	Alta	Afectación generalizada; el patógeno está bien establecido.
4	76 - 100	Muy alta	Casi todos los árboles presentan infestación; riesgo de deterioro poblacional.

C. Evaluación de la Severidad.

Es la abundancia relativa de la planta patógena. La severidad se realizó según la descripción siguiente:

Según Osman et al. (2024) para obtener el porcentaje de severidad, todos los datos proporcionados por la escala serán transformados mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$\%Severidad = \frac{\sum (P * C)}{T} * 100$$

Donde:

P = Puntuación de severidad (0,25 – 0,50 – 0,75 – 0,10).

C = Cantidad de plantas afectadas con la misma puntuación.

T = Total de números de plantas observadas.

Tabla 6*Grado de severidad de plantas patógenas en árboles de sauce*

Grado de Severidad	Rango de árboles sauce afectados (%)	Plantas patógenas por árbol de sauce
1	Sin presencia de plantas patógenas	Sin infección aparente
2	1 - 25	1 - 7
3	26 - 50	8 - 14
4	51 - 75	15 - 21
5	76 - 100	22 - 28

D. Medición del diámetro altura del pecho (DAP)

Se realizó con la ayuda de una forcípula, cinta métrica y wincha.

E. Estimación y Análisis de correlación

Los datos obtenidos fueron procesados con la ayuda del programa R.

Los datos climatológicos fueron con el aporte del SENAMHI, también información descargada de WorldClim2 con resolución espacial de 30s (<https://worldclim.org>) versión 2 compuesta por el promedio de datos climáticos desde los años 1970 al 2000, para las variables climáticas. Las variables del suelo se extrajeron de SoilGrids (<https://soilgrids.org>), y de la Base de Datos Armonizada Mundial de Suelos v1.2 (HWSD, <http://webarchive.iiasa.ac.at/Research/LUC/External-World-soil-database/HTML/>).

Se efectuó el análisis de correlación lineal compuesta (Análisis de regresión Múltiple), para determinar el grado de asociación lineal existente entre las variables intervinientes. Severidad Vs altitud, DAP y variables bioclimatológicas. Incidencia Vs altitud, DAP y variables bioclimatológicas.

El grado de correlación o asociación entre dos variables, se determinó mediante el lenguaje de programación RStudio, para posteriormente expresarlo mediante gráficos de correlogramas.

Tabla 07

Variables bioclimáticas utilizadas

Variables bioclimáticas	Clave	Unidad
Temperatura media anual	BIO1	°C
Rango medio diurno (Media mensual (temperatura máxima - temperatura mínima))	BIO2	°C
Isotermalidad (BIO2/BIO7) (×100)	BIO3	-
Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar ×100)	BIO4	-
Temperatura máxima del mes más cálido	BIO5	°C
Temperatura mínima del mes más frío	BIO6	°C
Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)	BIO7	°C
Temperatura media del trimestre más húmedo	BIO8	°C
Temperatura media del trimestre más seco	BIO9	°C
Temperatura media del trimestre más cálido	BIO10	°C
Temperatura media del trimestre más frío	BIO11	°C
Precipitación anual	BIO12	mm
Precipitación del mes más húmedo	BIO13	mm
Precipitación del mes más seco	BIO14	mm
Estacionalidad de las precipitaciones (Coeficiente de variación)	BIO15	-
Precipitación del trimestre más húmedo	BIO16	mm
Precipitación del cuarto más seco	BIO17	mm
Precipitación del trimestre más cálido	BIO18	mm
Precipitación del cuarto más frío	BIO19	mm

Fuente: <https://worldclim.org/data/index.html>

F. Evaluación de patogenicidad de *P. nervosum*

Se refiere al estudio del efecto dañino o parasitario que esta planta hemiparásita (*Phoradendron nervosum*) ejerce sobre sus hospedantes, especialmente sobre el sauce común (*Salix chilensis*). Existe varios factores que influyen en la patogenicidad entre ellos la capacidad de adhesión, producción de toxinas, resistencia a la defensa del huésped y la capacidad de invasión, de ahí la importancia de conocer los metabolitos presentes en las hojas de la planta parásita de la planta huésped.

Determinación de la concentración de metabolitos.

Se colectaron tres muestras (0,5 kg/muestra) de hojas frescas de los brotes de las plantas de sauce y *Phoradendron* de la siguiente manera: Una muestra de hojas de sauce con la presencia, otra sin la presencia de *Phoradendron*, y la última muestra sólo las hojas de *Phoradendron*. Posteriormente fueron lavadas y secadas en la estufa por dos días a 40°C, luego se envió la muestra a la ciudad de Lima al laboratorio de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para su respectivo análisis.

En el laboratorio se siguió la siguiente metodología:

- **Obtención del extracto etanólico:** Se pesó 10g de muestra vegetal seca y se maceró con 300 mL de etanol 96 % durante 7 días. Luego se filtró en papel Whatman N°1, y se evaporó el solvente hasta sequedad, obteniendo el extracto etanolito seco.
- **Determinación de los constituyentes químicos según Lock De Ugaz O. 1994.**
Para ello se disolvió una porción del extracto seco en etanol, y cloroformo para reaccionar con los reactivos de identificación, resultando positivo con reacciones de

coloración y/o precipitación. Para la determinación de taninos y saponinas se usó una decocción del material seco en agua destilada en una proporción de 10% p/v.

- g. Evaluación visual de la patogénesis del *Phoradendron nervosum*:** Se evaluó la penetración del haustorio, midiendo el diámetro de las ramas y troncos. También se realizó un corte transversal de ramas primarias y/o secundarias, para visualizar el nivel de penetración de los mencionados haustorios.

3.4.4. Procesamiento y análisis de la información

El procesamiento de datos se realizó con la ayuda de Excel 2019 ver. 16 y R (RStudio).

Para determinar la significancia de correlación de las variables DAP, altitud, 19 variables bioclimáticas, incidencia y severidad se utilizó gráficos como los correlogramas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron árboles de sauce comprendidos entre las 60 localidades del distrito de Chota, logrando determinar el grado de severidad e incidencia de plantas parásitas en 2405 árboles de sauce muestreados, se identificó taxonómicamente la presencia de una sola especie de planta parásita llamada *Phoradendron nervosum* en todo el distrito.

4.1 Niveles de Incidencia de plantas parásitas en árboles de sauce (*Salix chilensis*) en el distrito de Chota, Cajamarca.

Tabla 8

Niveles de incidencia de Phoradendron nervosum en sauce (Salix chilensis).

N°	Centros poblados muestreados	N° árboles muestreados	Altitud (msnm)	N° de árboles con P. nervosum	Incidencia (%)
1	Agaisbamba	22	2290	22	100,0
2	Agua Blanca	26	2492	20	76,9
3	Atoctambo	43	2617	24	55,8
4	Cabracancha	31	2542	31	100,0
5	Cabracancha Alta	29	2734	25	86,2
6	Cabracancha Baja	15	2543	7	46,7
7	Cañafisto Bajo	33	2632	20	60,6
8	Capillapampa	20	2858	0	0,0
9	Carhuamayo	55	2772	0	0,0
10	Centro Base Cuyumalca	45	2953	4	8,9
11	Centro Cañafisto	45	2849	11	24,4
12	Chim Chim	40	2341	27	32,5
13	Choctapata Rojaspampa	31	3008	0	0,0
14	Chororco	89	2405	59	66,3
15	Chulit Alto	21	2609	15	71,4
16	Chulit Bajo	75	2375	53	70,7
17	Chuyabamba	41	2388	0	0,0
18	Chuyabamba Alto	21	2422	17	81,0
19	Chuyabamba Bajo	24	2371	21	87,5
20	Cochopampa	20	2426	14	70,0
21	Colpa Alta	29	2643	14	48,3
22	Colpa Huacariz	85	2504	64	75,3
23	Colpa Matara	24	2569	20	83,3
24	Colpamayo	19	2446	8	42,1

N°	Centros poblados muestreados	N° árboles muestreados	Altitud (msnm)	N° de árboles con P. nervosum	Incidencia (%)
25	Colpapampa	22	2446	12	54,5
26	Colpatuapampa	75	2766	0	0,0
27	Conga Blanca	100	2517	14	14,0
28	El Campamento	75	2294	72	100,0
29	El Mirador	50	2443	10	20,0
30	El Paraíso	36	2248	13	36,1
31	Huascarcocha	79	2953	31	39,2
32	Iraca Chica	99	2352	16	16,2
33	Iraca grande	98	2494	8	8,2
34	La Pauca	16	2500	0	0,0
35	Llasavilca Alto	50	2414	0	0,0
36	Llasavilca Bajo	91	2334	19	20,9
37	Llasavilca Centro	50	2281	32	64,0
38	Nuevo Colpa	44	2663	3	6,8
39	Pacchapampa	29	2701	0	0,0
40	Pampa grande	17	2794	0	0,0
41	Pingobamba Bajo	26	2298	10	38,5
42	Pingobamba Bedoya	60	2261	46	76,7
43	Pueblo Nuevo	20	2381	16	80,0
44	Puquio	18	2779	0	0,0
45	Rambran	36	2454	2	5,6
46	Rambranpata	22	2782	0	0,0
47	Rejopampa	20	2726	0	0,0
48	Rojaspampa	34	2841	13	38,2
49	San Francisco	50	2398	50	100,0
50	Santa Rosa Alta	72	2645	0	0,0
51	Sarabamba	28	2729	0	0,0
52	Shahuindopampa	16	2371	14	87,5
53	Shitapampa	20	2509	20	100,0
54	Shotorco	22	2342	18	81,8
55	Sivingan Alto	26	2598	0	0,0
56	Sivingan Bajo	21	2545	21	100,0
57	Toril Pingobamba	20	2283	20	100,0
58	Uchuclachulit	21	2576	10	47,6
59	Vista Alegre	24	2764	0	0,0
60	Yuracyacu	35	2506	26	74,3
Total		2405			
Promedio		40,08	2547		59,95
CV %		60,54	7,63		62,07

En la tabla 8 se evidencia que el porcentaje del coeficiente de variación del número de árboles fue muy alto (62,07%) lo que indica una elevada dispersión de los datos con referencia a la media, el promedio de número de árboles por localidad fue de 40 y los niveles de la incidencia fue alto 59,95% (Nivel 3).

Resultados superiores registró Paz (2022) en el género *Phoradendron bolleanum* tuvo una incidencia de 93,3 % en árboles de *Prosopis glandulosa* y de igual manera los autores Roncal y Bazán (2010), con *Tripodanthus acutifolius* en árboles de *Prunus serotina* registró una incidencia del 61,80 %, Rivero y Román (2024) encontraron una incidencia del 61 % siendo estos resultados mayores a los porcentajes hallados en el presente estudio.

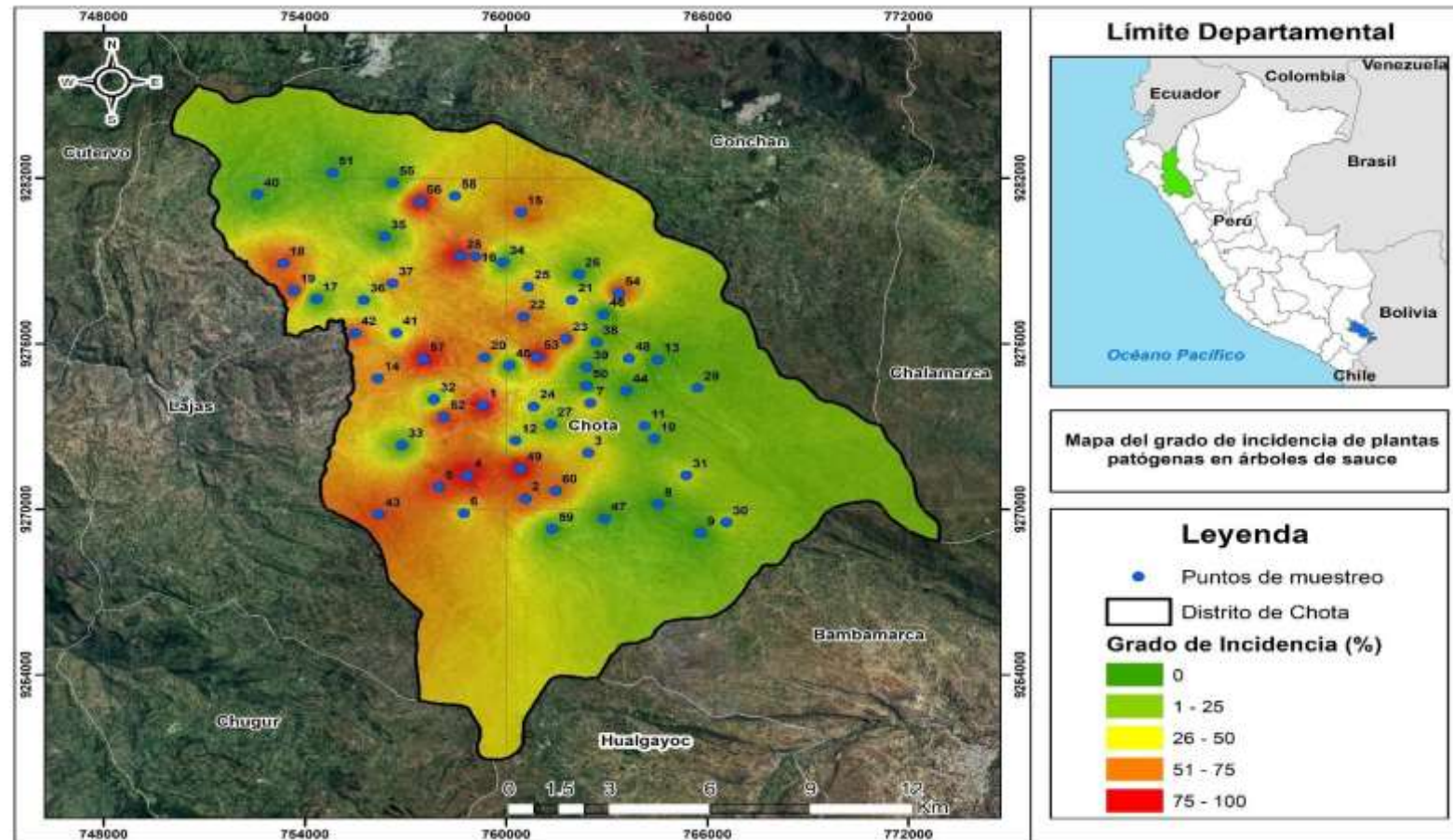
En cambio, resultados inferiores fueron encontrados por Paz (2022) con una incidencia de 57,06 % en *Quercus striatula*, Martínez et al. (2021) encontraron 56,00 % de árboles fueron afectados por el muérdago *Cladocolea ioniceroides*, Alvarado y Saavedra (2021) registraron una incidencia del 42 % y Becerra (2007) con un 26,98 %.

Estas diferencias de los niveles de incidencia probablemente se deban a múltiples factores como, por ejemplo: Skrypnik et al. (2020) manifiestan que pueden deberse a las diferentes plantas parásitas y hospederos, Martínez et al. (2021) y Barcelos (2023) mencionan al comportamiento de las aves dispersoras. Autores como Edagbo et al. (2024) indican que los patrones de distribución de los muérdagos son afectados tanto por la disponibilidad de hospederos adecuados y el estado fragmentado del hábitat. Muche et al. (2022) registran otros factores que pueden influir como son la humedad, luz y temperatura que intervienen en la germinación de las semillas de las plantas patógenas.

En la figura 8 se muestra el mapa de calor de los árboles de sauce muestreados en los 60 centros poblados relacionados con los niveles de incidencia.

Figura 8

*Incidencia de *P. nervosum* en árboles de sauce en 60 localidades muestreados del distrito de Chota*



De la figura 08 se puede observar que las zonas de color rojo presentan la incidencia muy alta alcanzando el 100 % (Nivel 4) correspondiente a los centros poblados de Agaisbamba, Cabracancha, El Campamento, San Francisco, Shitapampa, Sivingam Bajo y Toril Pingobamba. Los centros poblados que no registran incidencia 0 % (Nivel 0) están de color verde y corresponden a Capillapampa, Carhuamayo, Choctapata Rojaspampa, Chuyabamba, Colpa Tuapampa, La Pauca, Llasavisca Alto, Pacchapampa, Pampa Grande, Puquio, Rambranpata, Rejopampa, Santa Rosa Alto, Sarabamba, Sivingan Alto y Vista Alegre. Probablemente las localidades que registran la mayor incidencia, proveen las condiciones favorables como luz, humedad, temperatura, aves dispersoras y hospederos favorables para el desarrollo de *Phoradendron nervosum*.

Desde un punto de vista fisiológico, la disponibilidad de luz favorece la actividad fotosintética del muérdago, una especie hemiparásita que depende de su propia fotosíntesis para producir carbohidratos, pero extrae agua y sales minerales del hospedero mediante los haustorios. La humedad ambiental adecuada facilita la germinación de las semillas y el desarrollo del haustorio, al mantener la viabilidad de los tejidos parásitos durante la etapa inicial de fijación. Asimismo, temperaturas moderadas promueven una mayor tasa metabólica y crecimiento del parásito.

En los árboles hospederos, estas condiciones también influyen en su estado fisiológico, pudiendo alterar el equilibrio hídrico y reducir la disponibilidad de recursos en ramas infestadas. La extracción continua de agua y nutrientes por parte del parásito induce estrés fisiológico, manifestado en la disminución de la fotosíntesis, pérdida de hojas y reducción del crecimiento radial.

En contraste, en localidades con menor incidencia, las condiciones ambientales resultan menos favorables, lo que limita la germinación y el establecimiento del parásito.

Por tanto, puede inferirse que la incidencia de *Phoradendron nervosum* está estrechamente relacionada con factores bióticos (aves dispersoras y hospederos susceptibles) y abióticos (luz, humedad y temperatura), lo que explica la variación espacial observada entre localidades.

En la tabla 9 se muestra los niveles de severidad en los árboles de sauce pertenecientes a 60 centros poblados del distrito de Chota.

4.2 Niveles Severidad de plantas patógenas en árboles de sauce (*Salix chilensis*) en el distrito de Chota, Cajamarca

Tabla 9

Niveles de severidad de Phoradendron nervosum en árboles de sauce (Salix chilensis).

N°	Centros poblados del dist. de Chota muestreados	N° Árboles muestreados	Número de plantas de <i>P. nervosum</i> por intervalo				Severidad (%)
			1 - 7	8 - 14	15 - 22	23 - 28	
1	Agaisbamba	22	12	10	0	0	36,4
2	Agua Blanca	26	16	3	0	0	24,0
3	Atoctambo	43	24	0	0	0	14,0
4	Cabracancha	31	27	4	0	0	28,2
5	Cabracancha Alta	29	19	6	0	0	26,7
6	Cabracancha Baja	15	5	2	0	0	15,0
7	Cañafisto Bajo	33	20	0	0	0	15,2
8	Capillapampa	20	0	0	0	0	0,0
9	Carhuamayo	55	0	0	0	0	0,0
10	Centro Base Cuyumalca	45	4	0	0	0	2,2
11	Centro Cañafisto	45	11	0	0	0	6,1
12	Chim Chim	40	23	4	0	0	19,4
13	Choctapata Rojas pampa	31	0	0	0	0	0,0
14	Chororco	89	42	17	0	0	21,3
15	Chulit Alto	21	15	0	0	0	17,9
16	Chulit Bajo	75	38	15	0	0	22,7
17	Chuyabamba	41	0	0	0	0	0,0
18	Chuyabamba Alto	21	17	0	0	0	20,2
19	Chuyabamba Bajo	24	21	0	0	0	21,9
20	Cochopampa	20	14	0	0	0	17,5
21	Colpa Alta	29	15	0	0	0	12,9
22	Colpa Huacariz	85	35	18	0	0	31,2
23	Colpa Matara	24	20	0	0	0	20,8
24	Colpamayo	19	5	3	0	0	14,5
25	Colpapampa	22	11	1	0	0	14,8
26	Colpatuapampa	75	0	0	0	0	0,0
27	Conga Blanca	100	13	1	0	0	3,8
28	El Campamento	75	32	18	12	0	50,0
29	El Mirador	50	8	0	0	0	7,0
30	El Paraiso	36	9	4	0	0	11,8
31	Huascarcocha	79	31	0	0	0	9,8
32	Iraca Chica	99	32	2	0	0	9,1
33	Iraca grande	98	4	0	0	0	1,0
34	La Pauca	16	0	0	0	0	0,0
35	Llasavilca Alto	50	0	0	0	0	0,0

N°	Centros poblados del dist. de Chota muestreados	N° Árboles muestreados					Severidad (%)
			1-7	8-14	15-22	23-28	
36	Llasavilca Bajo	91	19	0	0	0	5,2
37	Llasavilca Centro	50	27	4	1	0	19,0
38	Nuevo Colpa	44	3	0	0	0	1,7
39	Pacchapampa	29	0	0	0	0	0,0
40	Pampa grande	17	0	0	0	0	0,0
41	Pingobamba Bajo	26	10	0	0	0	9,6
42	Pingobamba Bedoya	60	9	22	14	1	41,3
43	Pueblo Nuevo	20	15	1	0	0	21,3
44	Puquio	18	0	0	0	0	0,0
45	Rambran	36	2	0	0	0	1,4
46	Rambranpata	22	0	0	0	0	0,0
47	Rejopampa	20	0	0	0	0	0,0
48	Rojaspampa	34	13	0	0	0	9,6
49	San Francisco	50	50	0	0	0	25,0
50	Santa Rosa Alta	72	0	0	0	0	0,0
51	Sarabamba	28	0	0	0	0	0,0
52	Shahuindopampa	16	14	0	0	0	21,9
53	Shitapampa	20	19	1	0	0	26,3
54	Shotorco	22	11	7	0	0	28,4
55	Sivingan Alto	26	0	0	0	0	0,0
56	Sivingan Bajo	21	6	15	0	0	42,9
57	Toril Pingobamba	20	15	5	0	0	31,3
58	Uchuclachulit	21	10	0	0	0	11,9
59	Vista Alegre	24	0	0	0	0	0,0
60	Yuracyacu	35	15	9	1	1	28,6
Total		2405					
Promedio		40,08					18,65
CV %		60,54					68,29

Con respecto a la severidad, el coeficiente de variación fue muy alto (68,29 %), lo que indica que hay una elevada dispersión de los datos con referencia a la media.

Del total de muestras procesadas se puede evidenciar que existe una severidad de 18,65% representa al grado de severidad leve (Grado 2), que no es más la abundancia relativa de la planta patógena y, resultados inferiores registró Paz (2022) en *Phoradendron densum* con un 13,7 % y Becerra (2007) encontró una severidad de 17 %.

Alvarado et al. (2021) de los 20 lugares muestreados, 18 muestran grado de severidad 2 y dos lugares de grado 1. Se encontró una correlación significativa entre el grado de infección y el número de plantas parásitas, menciona también que el grado de infección entre los centros poblados difiere significativamente, que es coincidente con el presente estudio.

Skrypnik et al. (2020) y Coder (2023) estas diferencias de los niveles de severidad probablemente se deban a factores tales como: la apertura del dosel, las plántulas se desarrollan mejor cuando están sobre ramas de hospederos con un dosel abierto. Mendoza (2023) y Alvarado et al. (2021) presentan una alta especificidad en los árboles de sauce (*Salix humboldtiana* Willd.), al igual que el presente estudio. Ornelas y Ramírez (2020) y Alvarado et al. (2021) la susceptibilidad del forofito puede estar determinada por las condiciones ambientales, características de la corteza y de los compuestos químicos de esta. Ornelas (2021) menciona que factores como el grosor de la corteza, la disponibilidad de la planta hospedera influyen en la supervivencia y severidad de la planta patógena.

En la figura 9 se muestra el mapa de calor de los árboles de sauce muestreados en los 60 centros poblados que están relacionados con los niveles de severidad.

Severidad de Phoradendron en árboles de sauce en 60 localidades muestreados del distrito de Chota



Los centros poblados como, por ejemplo: El Campamento, Pingobamba Bedoya, Sivingan bajo, Agaisbamba presentan una severidad media (Grado 3) estando representados por el color naranja, y los centros poblados representados de color verde que no presentan severidad son: Capillapampa, Carhuamayo, Chuyabamba, Colpa Tuapampa, La Pauca, Llasavisca Alto, Pacchapampa, Pampa Grande, Puquio, Rambranpata, Rejopampa, Santa Rosa Alto, Sarabamba, Sivingan Alto y Vista Alegre (Grado 1). Entre los factores que pueden influir en una alta severidad son: La distribución en linderos de los árboles de sauce, la planta patógena se desarrolla mejor cuando está sobre ramas de hospederos con un dosel abierto, sin restricciones de sombra ya que dichas plantas son hemiparásitas y necesitan luz para poder fotosintetizar, al depender de su actividad fotosintética para sintetizar carbohidratos *P. nervosum* se beneficia de ambientes con alta luminosidad, lo cual incrementa su vigor y, en consecuencia, la severidad del daño sobre el hospedero. Una alta especificidad en los árboles de sauce, esta especificidad fisiológica puede explicarse por la compatibilidad entre los tejidos del hospedero y del parásito, que facilita la formación del haustorio y la transferencia eficiente de agua y minerales. La susceptibilidad del forofito, la estructura de la corteza del sauce, de textura delgada y relativamente blanda, facilita la penetración del haustorio del muérdago en el caso del sauce, su baja lignificación y alta conductividad del xilema promueven la rápida conexión vascular con el parásito. Este contacto permite que *P. nervosum* acceda de manera directa al flujo de savia bruta, extrayendo agua y nutrientes esenciales y de los compuestos químicos de esta.

La característica de la corteza del sauce, en términos anatómicos, el sauce presenta una corteza delgada, blanda y con bajo grado de lignificación, lo que disminuye la resistencia mecánica a la penetración del haustorio. Esta característica permite que el muérdago atraviese con facilidad las capas externas hasta alcanzar los vasos de la xilema, donde establece la conexión fisiológica necesaria para la extracción de agua y nutrientes. La

estructura parenquimática viva de la corteza del sauce también contribuye a su vulnerabilidad, ya que estos tejidos mantienen una alta humedad interna y una disponibilidad continua de metabolitos, creando un microambiente favorable para la germinación de las semillas del muérdago y la diferenciación de sus tejidos invasivos.

En conjunto, estos resultados evidencian que la severidad del parasitismo de *Phoradendron nervosum* está estrechamente ligada a los procesos fisiológicos, anatómicos y químicos que regulan la interacción hospedero-parásito. La combinación de condiciones ambientales favorables (luz, humedad y temperatura), compatibilidad anatómica y respuestas fisiológicas del sauce explican los patrones espaciales y los niveles de daño registrados en las localidades evaluadas.

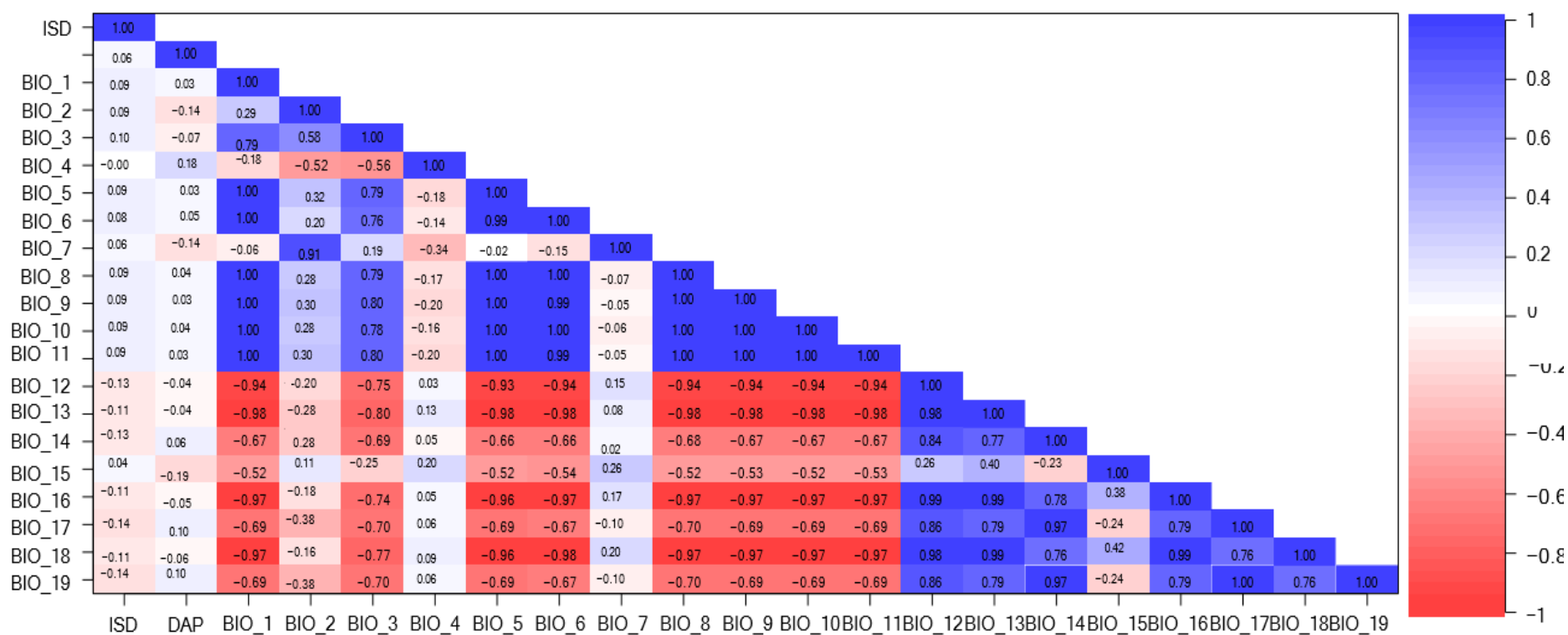
4.3 Relación de diámetro altura de pecho (DAP), altitud y temperatura con los niveles de incidencia y severidad de las plantas patógenas en los árboles de sauce.

4.3.1 Relación de 19 variables bioclimáticas Vs los niveles de incidencia de las plantas patógenas en los árboles de sauce.

En la figura 10, se presenta un correlograma entre las 19 variables bioclimáticas y su relación con la incidencia.

Figura 10

Correlograma entre las 19 variables bioclimáticas Vs. Incidencia (ISD)



De la figura 10 se puede observar que hay una correlación muy baja entre las 19 variables bioclimáticas y los niveles incidencia, es decir que las variables bioclimáticas no ejercen influencia significativa en los niveles de incidencia de la planta patógena, para lo cual se explica en el siguiente párrafo.

Las 19 variables bioclimáticas se desprenden de dos factores, la precipitación y la temperatura.

4.3.1.1 Efecto de la Precipitación en la Incidencia de plantas de Phoradendron.

En la investigación realizada por Forturbel et al. (2021), Tamudo et al. (2021), Griebel et al (2022) y Crates et al. (2022), manifestaron que los muérdagos son afectados significativamente cuando disminuye la disponibilidad de agua por efecto de una menor precipitación.

En la presente investigación los resultados fueron diferentes, es decir las variables bioclimáticas (Bio12 – Bio19), representadas por precipitaciones no presenta una correlación significativa, es decir no hay una relación entre las variables precipitación e incidencia. Esto debido probablemente a que los suelos predominantes en el distrito de Chota son arcillo limosos, suelos profundos, pendientes suaves, pocos meses de verano que permiten mantener la humedad en los suelos, por lo que no influyen significativamente en los niveles de incidencia.

La plasticidad fisiológica de los muérdagos es decir la capacidad de ajustar sus tasas de transpiración, fotosíntesis y flujo de savia según la disponibilidad de agua del hospedero permite una respuesta diferencial frente al estrés hídrico. Por ello, las discrepancias entre estudios podrían atribuirse a diferencias interespecíficas en la regulación estomática, la capacidad fotosintética o la resistencia hidráulica del sistema hospedero-parásito.

En conjunto, estas evidencias sugieren que la afectación del muérdago por sequía no es uniforme, sino que depende de la interacción fisiológica entre parásito y hospedero, de las condiciones microclimáticas locales, y de las estrategias adaptativas desarrolladas por cada especie para tolerar el estrés hídrico.

4.3.1.2 Efecto de la Temperatura en la Incidencia de Phoradendron.

Skrypnik et al. (2020) y Endara et al. (2022) manifiestan que el incremento de temperatura en las zonas evaluadas, puede afectar a los forófitos y favorecer el establecimiento y presencia del muérdago. Bilgili et al. (2020) probablemente la temperatura sea un factor limitante para la incidencia del muérdago en altitudes elevadas. Szmidla et al. (2019) y Hernández (2020) la temperatura mínima es uno de los principales factores limitantes para el muérdago, la temperatura es una variable clave.

Walas et al. (2022) señalaron que las variables bio7 (rango anual de temperatura), bio3 (isotermalidad) y bio6 (temperatura mínima del mes más frío) presentan una relación significativa con respecto a la incidencia del muérdago europeo (*Viscum album*), aunque su grado de influencia puede variar entre subespecies.

Muche et al. (2022) señalaron que la germinación de las semillas está influenciada por factores como la temperatura y la luz, por lo que las semillas de los muérdagos requieren condiciones de temperatura óptima para germinar adecuadamente.

Estas diferencias con los resultados de la presente investigación probablemente se deban a que existen otros factores que influyen en la incidencia y no necesariamente solo la temperatura como, por ejemplo: Hood et al. (2025) considera a la dispersión por aves y deforestación. Skrypnik et al. (2020), encontró que los factores que causan la mayor propagación del muérdago en zonas urbanas son la edad de los árboles y la humedad relativa

del aire. Muche et al. (2022) manifiestan que la incidencia depende más bien del estado del hospedero, sus recursos disponibles (como savia o reservas de carbohidratos) y la fase de desarrollo del parásito, más que de condiciones térmicas.

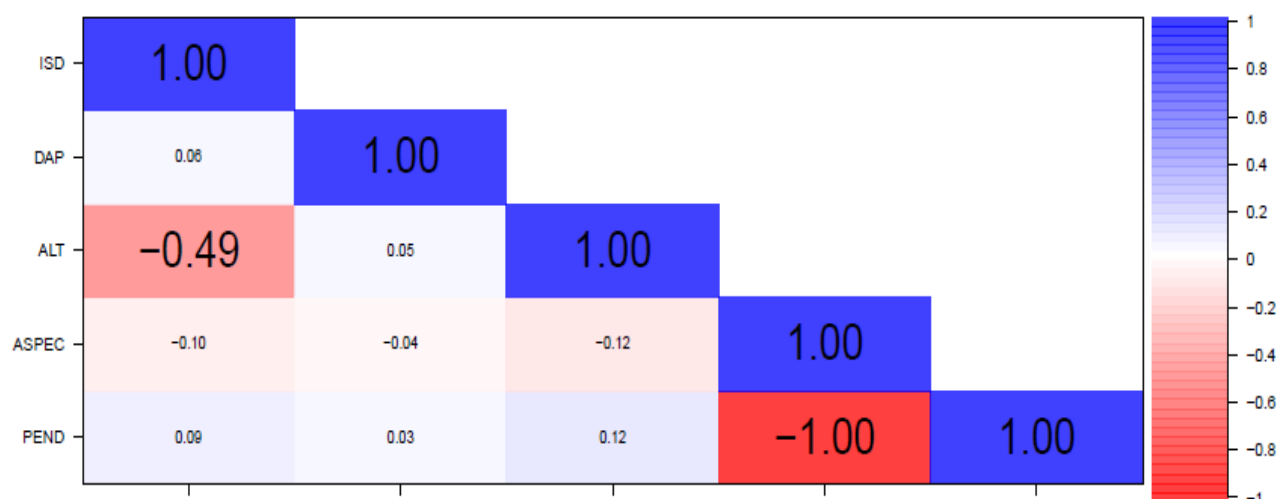
Queijeiro y Cano (2015) en su estudio de la dinámica temporal de la infestación por muérdago encontraron que la infestación es altamente variable entre especies y sitios, esto debido a que también la incidencia se puede ver afectada por sucesos naturales (incendios) o antropogénicos (apertura de nuevos caminos y tala de árboles).

La temperatura no ejerce un efecto explícito sobre la incidencia de *P. nervosum* porque su influencia se ve modulada por la disponibilidad hídrica, la fisiología del forófito, la plasticidad del parásito y las condiciones microclimáticas locales. Desde el punto de vista fisiológico, el establecimiento del muérdago depende más del equilibrio entre transporte de agua, conductancia estomática y fotosíntesis efectiva que de la temperatura ambiente en sí misma. Por ello, los efectos térmicos pueden ser indirectos, estar compensados por adaptaciones fisiológicas o no reflejarse en escalas espaciales no muy amplias.

4.3.2 Relación de diámetro altura de pecho (DAP), altitud, ASPEC, PEND con los niveles de Incidencia de las plantas patógenas en los árboles de sauce, en el distrito de Chota.

Figura 11

Correlograma entre DAP, ALT, ASPEC, PEND Vs. Incidencia (ISD).



Según la figura 11 se puede observar que existe una correlación muy baja entre incidencia y los factores como DAP, ASPEC (Dirección de la pendiente con respecto al sol) y PEND, excepto con la altitud que presenta una correlación media pero negativa.

4.3.2.1 Relación diámetro altura de pecho (DAP) Vs. Incidencia (ISD)

El coeficiente registrado de la correlación entre diámetro altura de pecho e incidencia fue muy bajo ($r = 0,06$, $p < 0,05$), es decir no hay una significancia entre las dos variables en estudio.

Ornelas (2021) las semillas al adherirse a las ramas jóvenes y delgadas (Menor DAP) propician un rápido crecimiento y por ende una mayor incidencia. Skrypnik et al. (2020) el DAP de los árboles evaluados no necesariamente influye en la Incidencia de la planta patógena *Phoradendron nervosum*, es decir, esta planta patógena puede estar presente en árboles de cualquier diámetro, lo cual concuerda con los resultados de la investigación realizada.

La reducida significancia del DAP en la incidencia del muérdago puede deberse a que el diámetro no siempre refleja las condiciones fisiológicas del hospedero ni las adaptaciones fisiológicas del parásito. Factores como el flujo hídrico, la actividad cambial, la composición química de la corteza, el microclima y la plasticidad enzimática del haustorio son determinantes. Desde una perspectiva fisiológica, la interacción hospedero-parásito depende más del estado funcional de los tejidos y de la eficiencia de conexión vascular que del tamaño morfológico del árbol.

4.3.2.2 Relación Altitud (ALT) Vs. Incidencia (ISD)

Entre las variables altitud y los niveles de incidencia existe una correlación media negativa ($r = -0,49$, $p < 0,05$), es decir a mayor altitud menores son los niveles de incidencia. Este resultado concuerda con los autores, Bilgili et al. (2020) donde informaron que la incidencia por el muérdago presentó una correlación media negativa con la altitud ($r = -0,469$, $p < 0,05$). Becerra (2007) y los autores Endara et al. (2022) encontraron que a mayor altitud existe menor presencia de la planta parásita, también manifiestan que las plantas parásitas sobre los 3 000 msnm se limita su fisiología e impide su establecimiento. En conclusión, a mayor altitud la temperatura disminuye, esto probablemente impida el desarrollo de las semillas *Phoradendron*.

Por tanto, la disminución de la incidencia del muérdago con el incremento de altitud se explica por la interacción de varios factores: el enfriamiento térmico que reduce la actividad fotosintética del parásito, la limitación en el flujo hídrico del hospedero, el aumento del estrés oxidativo por radiación, la menor actividad dispersora de aves y las modificaciones fisiológicas del forófito. Desde una perspectiva fisiológica, la altitud representa un gradiente ambiental que restringe la funcionalidad metabólica y la supervivencia del muérdago, lo que se refleja en una menor incidencia en zonas elevadas.

4.3.2.3 Dirección de la pendiente con respecto al sol (ASPEC) Vs. Incidencia (ISD)

La correlación hallada entre las variables dirección de la pendiente con respecto al sol y la incidencia, fue muy baja negativa ($r = -0,10$, $p < 0,05$).

Resultados de Alvarado et al. (2021) mencionan que la dirección de la pendiente no mostró asociación con las variables de infección, coincidiendo con la correlación encontrada en el presente estudio ya que es un factor indirecto y están comprometidos diversos factores.

En cambio, Zuñiga (2020) manifiesta que hay una relación clara con la exposición de ladera y los niveles de incidencia. Estas diferencias probablemente se deban a que la zona en estudio (distrito de Chota) presenta una pendiente ligeramente inclinada, comparado con los estudios anteriores; por lo que el efecto de la dirección de la pendiente con respecto al sol no fue significativo.

Además, la fisiología hidráulica del hospedero en este caso, el sauce puede compensar las variaciones lumínicas asociadas a la exposición. El sauce posee una alta conductividad hídrica y eficiencia en el transporte de savia, lo que mantiene estable el suministro de agua hacia el muérdago incluso en orientaciones con mayor radiación. Por tanto, la dirección solar no modifica significativamente el flujo de recursos hacia el parásito.

Desde un punto de vista ecológico, la dispersión del muérdago depende principalmente de las aves frugívoras, que depositan las semillas de forma aleatoria en el dosel, sin preferencia marcada por la exposición solar de las ramas. Esto provoca que la distribución espacial del muérdago sea más estocástica y menos condicionada por la orientación del terreno. Estudios como los de Watson y Rawsthorne (2019) y Endara et al. (2022) resaltan que la incidencia del muérdago suele estar más relacionada con la abundancia de hospederos y la actividad de dispersores que con las condiciones topográficas locales.

4.3.2.4 Relación Pendiente (PEND) Vs. Incidencia (ISD)

La correlación de la pendiente con relación a la incidencia fue muy bajo ($r = 0,09$, $p < 0,05$), es decir no hay una relación significativa entre estas dos variables en estudio.

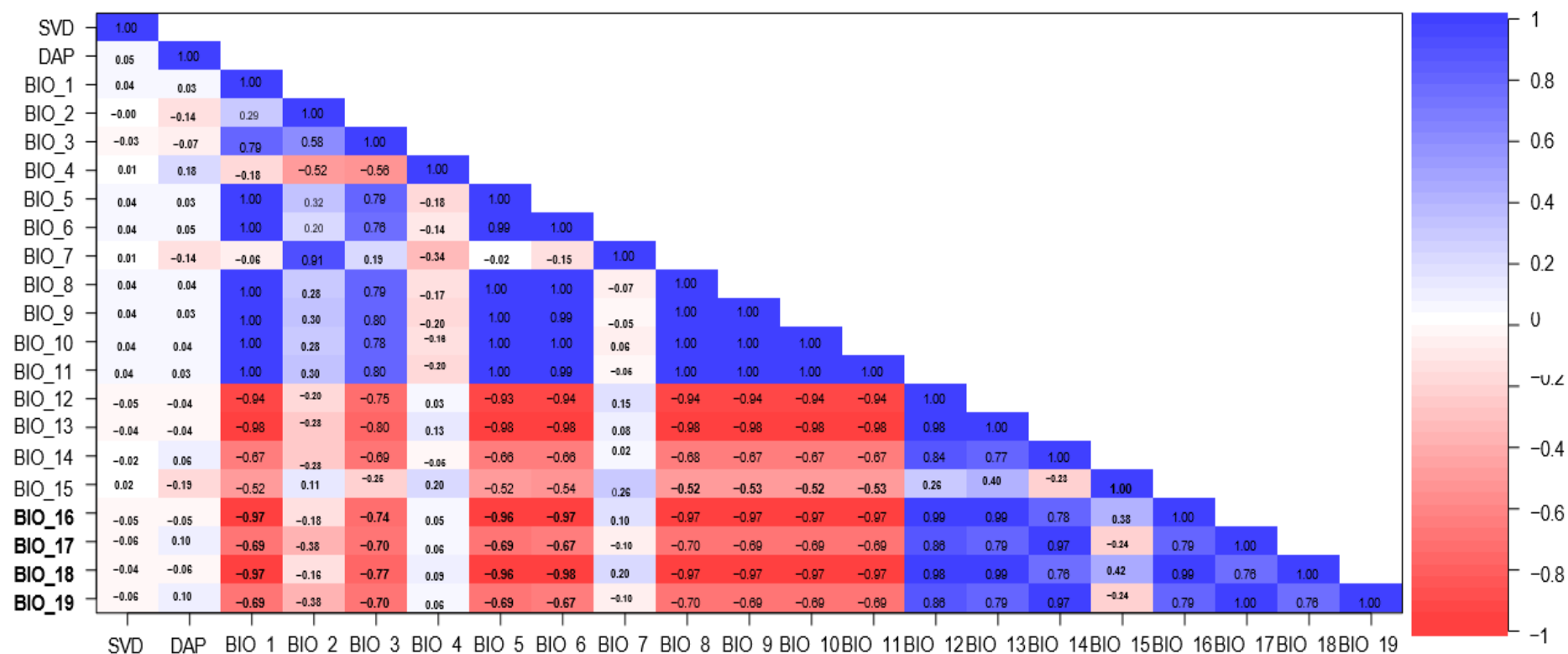
Varo et al. (2016) y Edagbo et al. (2024) la topografía y la pendiente van muy ligadas con la incidencia de la planta hemiparásita. La topografía y la pendiente en el presente estudio no tiene una influencia significativa en los niveles incidencia ya que la topografía del distrito de Chota fue ligeramente inclinada (2-8 %), esta diferencia probablemente se deba a que los estudios anteriores donde se llevaron a cabo fueron realizados en montañas, donde la influencia de la pendiente y por ende la radiación solar fue significativa, dado que *Phoradendron* es una planta hemiparásita que necesita luz para poder fotosintetizar.

La reducida significancia de la pendiente también podría deberse a que su efecto es indirecto o está enmascarado por variables más influyentes como la exposición solar, la humedad local o la densidad de hospederos, factores que afectan de manera más directa la fisiología del parásito y su hospedero.

4.3.3 Relación de 19 variables bioclimáticas Vs los niveles de severidad de las plantas patógenas en árboles de sauce, en el distrito de Chota

Figura 12

Correlograma entre 19 variables bioclimáticas Vs Severidad (SVD)



En la figura 12 se puede observar que existe una baja correlación entre las 19 variables bioclimáticas y los niveles de severidad.

4.3.3.1 Precipitación y su relación con la severidad de Phoradendron

Klamerus-Iwan y Van Stan (2022), Suárez-Herrera et al. (2025), manifiesta que las sequías severas aumentan la severidad, el área de estudio de este último ocupa 75 000 km².

Endara et al. (2022) las lluvias, pueden remover las semillas que están en los hospederos repercutiendo en una menor severidad, ocupa un área de 536 km².

En la presente investigación realizada no se manifiesta una relación significativa entre precipitación y severidad, debido probablemente a que la zona estudiada no fue tan extensa (256 km²) que no permitió tener una influencia significativa entre las variables precipitación y severidad, tal como ocurrió en los estudios consultados. El distrito de Chota al no ser una área muy extensa probablemente las condiciones de precipitación no ejercen una influencia significativa en los niveles de severidad de Phoradendron.

Las diferencias observadas entre este estudio se explican por la interacción de otros factores fisiológicos (flujo hídrico y actividad fotosintética), ecológicos (dispersión de semillas y estructura del dosel) y metodológicos (escala espacial y variabilidad climática). La severidad del muérdago no responde de manera lineal al régimen de humedad o sequía, sino que depende de la intensidad del estrés hídrico y la capacidad adaptativa del hospedero y del parásito.

4.3.3.2 Temperatura y su relación con severidad de Phoradendron

Sangüesa-Barreda et al. (2013), Walas et al. (2022) y Endara et al. (2022) mencionan que existe una relación directa con el incremento de la temperatura, que pueden afectar a los hospederos y favorecer la severidad del muérdago.

Al no ser un área de estudio muy extensa tampoco manifestó una influencia significativa entre la temperatura y el grado de severidad de Phoradendron,

Los resultados difieren con la presente investigación, debido probablemente a que existen varios factores que influyen en los niveles de severidad, tales como: Zuñiga (2020), Ornelas (2021) y Queijeiro-Bolaños et al. (2022) manifiestan que existen varios factores adicionales que influyen en la severidad tales como factores ecológicos ambientales (fragmentación del hábitat, la tala y los incendios) hay un efecto estadísticamente significativo. Autores como Ramsauer et al. (2022) consideran factores como la abundancia de las aves, la especialización de una especie de ave, García et al. (2013) riqueza de especies de aves, Crates et al. (2022) polinizadores , semillas dispersadas y hospedadores también son factores que pueden contribuir a la severidad de las plantas parásitas.

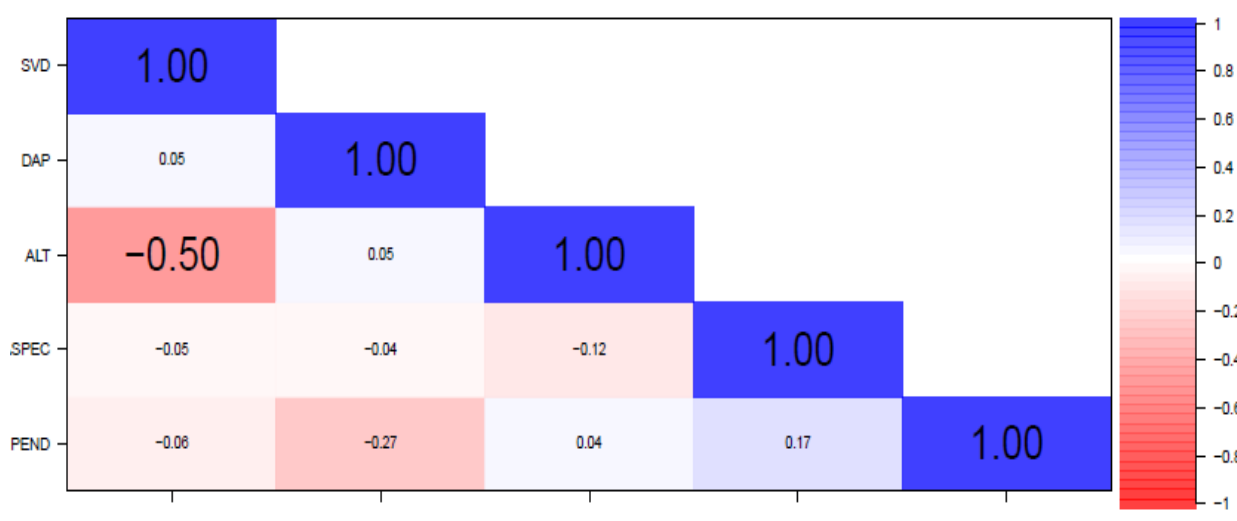
Otros factores que pueden influir en la severidad

Kaneshima et al. (2017) estas diferencias de severidad se deben probablemente a que son ambientes diferentes, plantas parásitas diferentes, ya que su evolución y sus estrategias de parasitismo también son diferentes. Queijeiro-Bolaños et al. (2022) la severidad de los muérdagos es afectada por el tamaño, forma, densidad y la distribución de los hospederos.

4.3.4 Relación de DAP, ALT, ASPEC y PEND Vs los niveles de Severidad de las plantas patógenas en los árboles de sauce, en el distrito de Chota.

Figura 13

Correlograma entre los factores DAP, ALT, ASPEC y PEND Vs Severidad (SVD).



De la figura 13 la severidad con respecto a las variables DAP, ASPEC y PEND, presenta una baja correlación. Solo la altitud (ALT) presenta una correlación media negativa ($r = -0,50$, $p < 0,05$) con referencia a los niveles de severidad. Es decir, a mayor altitud se registra una menor severidad.

4.3.4.1 Relación diámetro altura de pecho (DAP) Vs Severidad (SVD)

Con referencia a la relación diámetro altura de pecho y severidad la correlación registrada fue muy baja ($r = 0,05$, $p < 0,05$) los autores Radim et al. (2015), mencionan que la infección del muérdago aumenta con el aumento del tamaño del árbol, otros autores como Aukema y Martínez del Río (2022) encontraron que, dentro de una especie hospedante, los árboles más altos tenían más probabilidades de estar infectados porque recibían más semillas de muérdago que los árboles más pequeños debido a un mayor número de visitas de aves, lo que probablemente también sea una razón para la mayor probabilidad de infección de los árboles más grandes. Otra explicación para la mayor aparición de muérdagos en tallos más

altos y gruesos podría ser simplemente que los tallos más grandes son más viejos y, por lo tanto, tienen un mayor tiempo de exposición a la infección por muérdagos (Arruda et al., 2006).

Alvarado et al. (2021) registró diferencias significativas entre el grado de infección y las categorías dasométricas es decir, una mayor severidad presenta una mayor categoría dasométrica. Existe una asociación entre el nivel de severidad y el tamaño del hospedero, pero se necesitan más estudios para evaluar los corredores de dispersión. Coder (2023), manifiesta que la abundancia de muérdagos se incrementa con el DAP, la altura del árbol y probablemente las aves dispersoras prefieran perchar (posarse) sobre árboles altos, grandes y más viejos.

Queijeiro-Bolaños y Cano-Santan (2016) los árboles jóvenes con menor DAP rara vez son parasitados porque no pueden proporcionar suficientes recursos; sin embargo, un árbol más grande representa un mejor recurso porque tiene una superficie más grande para la recepción de semillas y puede soportar una mayor carga de plantas patógenas.

Hernández (2020) concluyó que la presencia de muérdago se incrementa en árboles de mayor edad y aislados. Cuanto mayor es el tamaño de la copa o su proyección, así como también cuanto mayor es el diámetro, la afección es mayor no detectándose muérdago en árboles con diámetros menores de 12,5 cm. Zuñiga (2020) en árboles de pino de diámetros menores principalmente hasta los 30 cm de DAP la severidad es mayor, perdiendo protagonismo en rodales más maduros y menos densos.

Radim et al. (2015) en su estudio concluye que es poco probable que la edad de los tallos tenga un efecto significativo en la aparición de muérdago, resultado concordante con la presente investigación, es decir se encontró que *Phoradendron* tiene la capacidad de infectar a plantas de sauce de cualquier diámetro.

Aunque Radim et al. (2015) sostienen que la infección del muérdago aumenta conforme se incrementa el tamaño del árbol, diversos estudios no concuerdan con esta relación, y las diferencias pueden explicarse a partir de factores fisiológicos, anatómicos y ecológicos del hospedero y del parásito. En primer lugar, el incremento del diámetro del tronco y la edad del árbol no siempre se asocia con una mayor disponibilidad de recursos para el muérdago. A medida que el árbol madura, parte de su xilema se vuelve inactivo o menos conductivo, reduciendo el flujo de agua y nutrientes hacia las ramas periféricas. Desde un punto de vista fisiológico, esto significa que el gradiente hídrico del cual depende el muérdago para extraer agua mediante el haustorio puede ser menor en árboles de gran diámetro que en individuos jóvenes con tejidos más activos.

Además, los árboles más viejos o de mayor porte suelen desarrollar tejidos protectores más densos, con mayor lignificación y suberización de la corteza, lo que dificulta la penetración del haustorio del muérdago en los vasos conductores. Estos cambios anatómicos actúan como barreras estructurales frente al parasitismo. A nivel fisiológico, el engrosamiento del peridermo y la menor plasticidad del cambium limitan la invasión y el establecimiento del parásito, reduciendo su capacidad de absorber agua y sales minerales.

Otro aspecto relevante es el estado fisiológico del forófito. En árboles grandes, especialmente los ubicados en ambientes con limitaciones hídricas, el estrés fisiológico puede conducir al cierre estomático y a la disminución de la presión de agua en el xilema, lo que afecta directamente la capacidad del muérdago de mantener su balance hídrico. En estos casos, el parásito puede presentar reducción de la fotosíntesis y del crecimiento vegetativo, reflejándose en una menor severidad, pese al tamaño del hospedero.

Por otro lado, desde una perspectiva ecológica y funcional, la dispersión de las semillas del muérdago está mediada por aves frugívoras, cuya conducta no siempre favorece a los

árboles de mayor tamaño. En bosques densos o con copas cerradas, las aves tienden a posarse en ramas intermedias o en individuos jóvenes y más expuestos, lo que explica por qué los árboles medianos pueden presentar mayores niveles de infestación que los de gran porte. Este comportamiento modifica el patrón espacial del muérdago, haciendo que el tamaño del árbol no sea necesariamente un predictor confiable de la infección.

Adicionalmente, la distribución de ramas finas y jóvenes, que suelen ser los sitios preferidos para la germinación y fijación de las semillas, puede ser más abundante en árboles medianos que en adultos con ramificación envejecida. Desde un punto de vista fisiológico, las ramas jóvenes presentan mayor actividad cambial y flujo de savia, lo cual favorece el establecimiento del haustorio y el intercambio de agua entre el hospedero y el parásito. En cambio, los árboles de mayor edad pueden tener ramas más lignificadas, con menor conductividad hidráulica, lo que reduce la capacidad del muérdago de prosperar.

En conjunto, la ausencia de una relación significativa entre el tamaño del árbol y la incidencia o severidad del muérdago puede atribuirse a una combinación de factores fisiológicos (eficiencia hidráulica y composición de la corteza), anatómicos (grosor del peridermo y lignificación) y ecológicos (comportamiento de aves dispersoras y estructura del dosel). Por tanto, el efecto del tamaño del árbol sobre el parasitismo no es universal, sino que depende del equilibrio entre la conductividad vascular, la edad fisiológica del hospedero y las condiciones ambientales locales.

4.3.4.2 Relación Altitud (ALT) y Severidad (SVD)

En la presente investigación se encontró una correlación media negativa ($r = -0,50$, $p < 0,05$), entre las dos variables en mención.

Investigaciones realizadas por Usta y Ilmaz (2021) obtuvieron como resultado que la correlación entre la altitud y la severidad fue media negativa ($r = -0,455$, $p < 0,05$).

Becerra (2007) y Queijeiro-Bolaños et al. (2022) manifestaron que la severidad de los muérdagos es afectada por la altitud. Alvarado et al. (2021) indican que la altitud tiene una asociación o una relación entre el número de muérdagos, número de individuos infestados y grado de infección. Endara et al. (2022) mencionan que los resultados de las pruebas estadísticas muestran una correlación entre la altitud y la presencia de plantas de muérdago.

Bilgili et al. (2020) encontraron una relación negativa entre la altitud y la gravedad de la infección del muérdago. Los resultados son similares a los encontrados en el presente estudio, en resumen, a mayor altitud probablemente exista menor presencia de la planta parásita.

Además, la baja temperatura y alta radiación ultravioleta a mayores altitudes generan condiciones de estrés fisiológico para las semillas y plántulas del muérdago. La germinación y el desarrollo inicial de los haustorios requieren un rango térmico óptimo (generalmente entre 20–25 °C). Temperaturas inferiores a este umbral ralentizan la división celular y la diferenciación de tejidos vasculares del parásito, lo que limita su capacidad de establecer conexiones eficientes con el xilema del hospedero.

Desde una base anatómica, la respuesta adaptativa del hospedero en zonas altas puede incluir mayor lignificación de los tejidos corticales y una corteza más gruesa, actuando como una barrera mecánica frente a la penetración del haustorio. Esta característica reduce el éxito de infección, especialmente en ramas maduras o expuestas a bajas temperaturas.

En el plano ecológico, las diferencias altitudinales también influyen en la disponibilidad de dispersores. Las aves frugívoras, principales agentes de dispersión de las semillas de muérdago, suelen tener menor abundancia y actividad a mayores altitudes, debido a la disminución de recursos alimenticios y a las condiciones más frías. Esto reduce la probabilidad de deposición de semillas viables en los forófitos, limitando el número de infecciones potenciales.

Asimismo, en ambientes de altura se observa una mayor frecuencia de lluvias, vientos fuertes y heladas, factores que pueden remover o dañar las semillas antes de que logren germinar o formar haustorios funcionales. Estos eventos meteorológicos extremos interrumpen el ciclo vital del muérdago, contribuyendo a una menor severidad observada en esos gradientes.

En conjunto, la relación negativa observada por Bilgili et al. (2020) entre la altitud y la severidad del muérdago puede interpretarse como el resultado de limitaciones fisiológicas en la absorción de agua y nutrientes, estrés térmico que afecta la germinación y crecimiento del parásito, mayor resistencia anatómica del hospedero y menor dispersión efectiva de las semillas en zonas de montaña. Estos factores actúan de manera sinérgica para restringir la expansión y desarrollo del muérdago en altitudes elevadas, evidenciando que la severidad del parasitismo está fuertemente modulada por el microclima y la fisiología del sistema hospedero-parásito.

4.3.4.3 Relación de la dirección de la pendiente con respecto al sol (ASPEC) Vs. Severidad (SVD)

Como resultado se obtuvo una correlación muy baja negativa ($r = -0,05$, $p < 0,05$) entre la dirección de la pendiente con respecto al sol y la severidad. Los antecedentes consultados, como por ejemplo Endara et al. (2022) manifiestan que existe una relación directa de la severidad con la orientación, al igual que Alvarado et al. (2021) reconocen que la orientación indica una asociación positiva entre número de muérdagos y el grado de infección.

Usta y Ilmaz (2021) obtuvieron como resultado que la correlación entre la severidad y la dirección de la pendiente con respecto al sol fue baja negativa ($r = -0,204$, $p < 0,05$).

Estos resultados contrastantes, probablemente se deba a que la zona en estudio presenta una pendiente ligeramente inclinada (suelos casi planos 2-8%), que no influye significativamente en las horas de luz.

La exposición solar asociada a la pendiente. Las laderas orientadas hacia el sol tienden a tener mayor radiación y evapotranspiración, lo que puede favorecer o limitar la severidad dependiendo del balance térmico. Si el exceso de radiación produce temperaturas elevadas que superan el rango fisiológico óptimo del muérdago (usualmente entre 20–25°C), el parásito reduce su tasa fotosintética y su crecimiento se ve afectado. En contraste, en ambientes más templados, esa misma radiación puede estimular la fotosíntesis del muérdago, aumentando su severidad.

Además, las diferencias locales en la estructura del dosel y composición del suelo pueden alterar la relación entre pendiente y severidad. Por ejemplo, suelos con alta capacidad de retención de agua, aun en pendientes pronunciadas, pueden compensar el déficit hídrico. De igual manera, en pendientes suaves con baja infiltración o exposición solar directa, las condiciones podrían ser más adversas que en laderas empinadas pero sombreadas.

Desde la perspectiva ecofisiológica, el muérdago presenta cierta plasticidad funcional que le permite ajustarse a diferentes condiciones microambientales. Por ello, su respuesta a la pendiente no es universal, sino dependiente del tipo de hospedero, del clima local, del grado de cobertura del dosel y de la intensidad de estrés ambiental.

En suma, las diferencias entre estudios pueden deberse a que la pendiente interactúa con múltiples factores abióticos y fisiológicos (temperatura, humedad, radiación, adaptación del hospedero) que modifican de manera no lineal el comportamiento del parásito. Así, la influencia de la pendiente sobre la severidad del muérdago solo se hace evidente cuando las condiciones locales amplifican sus efectos sobre el balance hídrico o térmico del sistema hospedero–parásito

4.3.4.4 Relación de la Pendiente (PEND) Vs. Severidad (SVD)

Los resultados de la investigación muestran que la correlación entre las variables en mención fue muy baja negativa ($r = -0,06$, $p < 0,05$). Estos resultados son contrarios a los encontrados por Queijeiro-Bolaños et al. (2022) donde indican que la severidad de los muérdagos es afectada por la pendiente, probablemente se deba a que la pendiente del distrito de Chota es ligeramente inclinada, lo que no interfiere en la disponibilidad de las horas luz para la planta parásita.

En cambio, los resultados mostrados por Alvarado et al. (2021) registran que las variables número de muérdagos, número de individuos infestados y grado de infección no presentaron asociación con la pendiente, al igual que Zuñiga (2020) la pendiente, no presentó efectos estadísticamente significativos con la severidad. Resultados similares fueron encontrados en la presente investigación.

4.5 Influencia de la patogénesis y patogenicidad relacionada con el diámetro de ramas donde crece y desarrolla la planta patógena.

4.5.1 Influencia de la patogenicidad en el desarrollo de las plantas patógenas

La patogenicidad es la habilidad de la planta parásita de producir daño al huésped o forofito y varios factores influyen en la patogenicidad tales como: Capacidad de adhesión, producción de toxinas, resistencia de defensa del huésped y capacidad de invasión, de ahí la necesidad de conocer la parte fitoquímica del forofito y de la planta patógena. La incidencia y la severidad están directamente relacionadas con la patogenicidad de una planta patógena.

4.5.1.1 Tamizaje fitoquímico de las hojas de sauce con la planta patógena

Tabla 10

Tamizaje fitoquímico de hojas de sauce con presencia de P. nervosum

Constituyente químico	Resultado	Reacción de identificación	Evidencia
Carbohidratos	+++	Reacción de Molish (Alpha naftol 1% en etanol 96 %)	Coloración púrpura en la interfase
Saponinas	++	Reacción de afrosimetría	Formación de espuma estable mayor a 10 min.
Carbohidratos	+++	Reacción de Antrona	Coloración verde
Carbohidratos reductores	+++	Reacción de Fehling	Precipitado rojo ladrillo
Alcaloides	++	Dragendorff	Precipitado rojo ladrillo
Compuestos fenólicos	+++	Reacción con el FeCl ₃	Coloración verde
Flavonoides	+++	Reacción de Shinoda	Coloración violeta
Terpenos y/o esteroides	+++	Reacción de Lieberman Buchardat	Coloración verde
Grupos aminos libres	+++	Reacción de Ninhidrina	Coloración azul
Taninos	+++	Reacción de la gelatina 1 % NaCl	Precipitado blanco

Nota: (+) poca cantidad; (++) mediana cantidad; (+++) abundante cantidad Fuente: Análisis de laboratorio de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (2025).

El resultado del tamizaje fitoquímico muestra la existencia de una alta concentración (+++) de carbohidratos, compuestos fenólicos, flavonoides, terpenos y taninos. En cuanto a saponinas y alcaloides está presente en mediana cantidad (++).

Tabla 11

Tamizaje fitoquímico de muestras de hojas de sauce sin P. nervosum

Constituyente químico	Resultado	Reacción de identificación	Evidencia
Carbohidratos	+++	Reacción de Molish (Alpha naftol 1% en etanol 96 %)	Coloración púrpura en la interfase
Saponinas	++	Reacción de afrosimetría	Formación de espuma estable mayor a 10 min.
Carbohidratos	++	Reacción de Antrona	Coloración verde
Carbohidratos reductores	++	Reacción de Fehling	Precipitado rojo ladrillo
Alcaloides	++	Dragendorff	Precipitado rojo ladrillo
Compuestos fenólicos	++	Reacción con el FeCl ₃	Coloración verde
Flavonoides	+	Reacción de Shinoda	Coloración roja
Terpenos y/o esteroides	++	Reacción de Lieberman Buchardat	Coloración verde
Grupos aminos libres	++	Reacción de Ninhidrina	Coloración violeta
Taninos	+	Reacción de la gelatina 1 % NaCl	Precipitado blanco

Nota: (+) poca cantidad; (++) mediana cantidad; (+++) abundante cantidad Fuente: Análisis de laboratorio de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (2025).

El resultado del tamizaje fitoquímico muestra existencia de una alta concentración (+++) de carbohidratos (Reacción de Molish), concentración media (++) de alcaloides, compuestos fenólicos, terpenos y grupos aminos libres. En cuanto a flavonoides y taninos se encuentran en niveles bajos (+).

Tabla 12

Tamizaje fitoquímico de muestras de hojas de P. nervosum

Constituyente químico	Resultado	Reacción de identificación	Evidencia
Carbohidratos	+++	Reacción de Molish (Alpha naftol 1% en etanol 96 %)	Coloración púrpura en la interfase
Saponinas	++	Reacción de afrosimetría	Formación de espuma estable mayor a 10 min.
Carbohidratos	+++	Reacción de Antrona	Coloración verde
Carbohidratos reductores	+++	Reacción de Fehling	Precipitado rojo ladrillo
Alcaloides	+++	Dragendorff	Precipitado rojo ladrillo
Compuestos fenólicos	+++	Reacción con el FeCl ₃	Coloración verde
Flavonoides	+++	Reacción de Shinoda	Coloración violeta
Terpenos y/o esteroides	+++	Reacción de Lieberman Buchardat	Coloración verde
Grupos aminos libres	++	Reacción de Ninhidrina	Coloración azul
Taninos	+	Reacción de la gelatina 1 % NaCl	Precipitado blanco

Nota: (+) poca cantidad; (++) mediana cantidad; (+++) abundante cantidad Fuente: Análisis de laboratorio de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (2025).

El resultado del tamizaje fitoquímico muestra existencia de una alta concentración (+++) de carbohidratos, carbohidratos reductores, alcaloides, compuestos fenólicos, flavonoides y terpenos. En cuanto a saponinas y grupos ácidos libres está presente en mediana cantidad (++) y presencia de taninos en niveles muy bajos (+).

La investigación realizada por Kaneshima et al. (2017) estudio las alteraciones bioquímicas que ocasiona la planta parásita *Oryctanthus florulentus* en Camu camu encontró que existe una alta concentración de compuestos fenólicos y saponinas, igual se encontró en el presente estudio. En cuanto a alcaloides los encontró en concentraciones moderadas, difiriendo en el presente estudio cuya concentración fue alta, en cuanto a taninos encontró alta concentración mientras en la presente investigación están en concentraciones bajas.

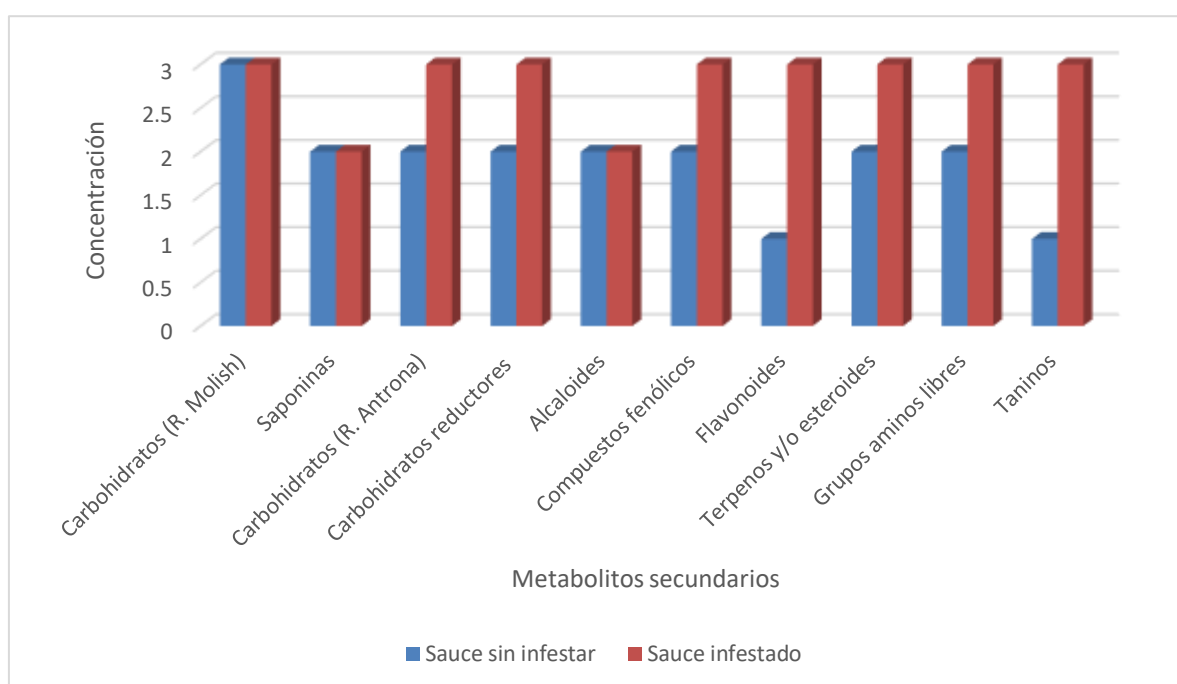
Probablemente estas diferencias se deban a que son plantas parásitas diferentes, ya que su evolución y sus estrategias de parasitismo sean diferentes.

Kleszken et al. (2022) los árboles infestados tuvieron niveles más altos de polifenoles y flavonoides en comparación con los no infestados, lo que indica un posible papel de estos compuestos en la respuesta al estrés.

En la figura 14 se muestra el tamizaje bioquímico de las hojas del tercio superior de sauce con y sin la presencia de *P. nervosum*,

Figura 14

*Comparación del tamizaje bioquímico de las muestras hojas de sauce sin y con el ataque de *P. nervosum**



Estos incrementos podrían deberse al efecto de las plantas parásitas, pero varios factores pueden influir para su presencia de estos.

Las plantas de *Phoradendron sp.* absorben de su huésped, carbohidratos, nitrógeno y ácidos orgánicos. Los compuestos fenólicos se ven afectados por diversos factores como los compuestos fenólicos del forofito, el número de plantas parásitas, el estrés nitrogenado, el

dióxido de carbono, la temperatura, la intensidad de la luz y la fertilización. En cuanto a flavonoides estos se sintetizan en períodos de estrés contra diversos patógenos (Iloki, 2020).

El contenido de taninos puede variar según la humedad, la estación y la luminosidad. Las plantas expuestas a alta radiación solar, fríos extremos, estrés abiótico, la altitud y latitud desarrollan metabolitos secundarios como mecanismos para poder sobrevivir (Aronés-Jara et al., 2022). Los taninos son moléculas importantes en la defensa de la planta y que su biosíntesis tiende a aumentar cuando una especie se expone al estrés, los tejidos infestados presentan un contenido de taninos claramente menor que el de los tejidos sanos.

El muérdago mostró altos niveles de flavonoides que podrían ser importantes durante la formación de haustorios y su intrusión en los tejidos del huésped, lo que sugiere un mecanismo de defensa que podría promover el estrés, junto con la inhibición de la germinación de las semillas de muérdago, evitando así infestaciones secundarias (Furlan et al., 2019).

Desde una base fisiológica, esta estabilidad responde a la homeostasis metabólica del sauce, que controla la síntesis de metabolitos secundarios mediante rutas enzimáticas reguladas por señales hormonales como el ácido jasmónico y el etileno. El parasitismo del muérdago provoca un estrés localizado limitado al sitio de inserción del haustorio, lo que impide una activación sistémica de las defensas químicas en el follaje.

El sauce presenta además alta eficiencia fotosintética y fuerte capacidad antioxidante, lo que le permite contrarrestar el estrés oxidativo inducido por el muérdago sin alterar significativamente su metabolismo secundario. Este equilibrio fisiológico evita el gasto energético excesivo que implicaría aumentar la producción de saponinas y alcaloides, priorizando la estabilidad metabólica y el mantenimiento del crecimiento.

Asimismo, el muérdago extrae principalmente agua y minerales del xilema, sin afectar directamente la translocación de azúcares ni la síntesis de metabolitos en las hojas, lo que explica la ausencia de variaciones significativas en dichos compuestos.

El establecimiento del muérdago mediante sus haustorios altera el balance hídrico y nutricional del sauce, generando un estrés oxidativo caracterizado por la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) como superóxidos, peróxidos e hidroxilos libres. Estos radicales afectan la estabilidad de las membranas, proteínas y ácidos nucleicos de las células del hospedero. En respuesta, el sauce activa mecanismos antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos, aumentando la síntesis de compuestos fenólicos y flavonoides, que actúan como neutralizadores de ROS y estabilizadores de membranas. Esta respuesta es regulada por señales hormonales de defensa, principalmente el ácido jasmónico, salicílico y etileno, los cuales modulan la expresión de genes asociados a la vía del ácido fenilpropanoide, ruta precursora de la biosíntesis de compuestos fenólicos.

En términos bioquímicos, el aumento de fenoles y flavonoides responde a la inducción de la enzima fenilalanina amonio liasa (PAL), una enzima clave en la ruta fenilpropanoide, que transforma fenilalanina en ácido cinámico, precursor de una amplia gama de fenoles, ligninas y taninos. Estos metabolitos contribuyen a reforzar las paredes celulares del hospedero, formando barreras físicas que reducen la penetración del haustorio y la expansión del parásito. Además, los taninos pueden precipitar proteínas y reducir la digestibilidad del tejido, dificultando el aprovechamiento de nutrientes por parte del muérdago.

Los terpenos, por su parte, son productos del metabolismo del mevalonato (MVA) y del 2-C-metil-D-eritritol 4-fosfato (MEP), rutas que se activan durante procesos de estrés. Fisiológicamente, los terpenos actúan como moléculas señalizadoras y protectoras, capaces de estabilizar las membranas lipídicas y participar en la formación de compuestos volátiles

que pueden interferir con la fisiología del parásito. Algunos terpenos desempeñan funciones alelopáticas, reduciendo la germinación o el crecimiento de organismos invasores.

El parasitismo no solo induce cambios en la zona afectada, sino que también genera resistencia sistémica inducida (RSI). Mediante señales químicas que viajan por el xilema y el floema, el sauce puede aumentar la concentración de metabolitos secundarios incluso en hojas no parasitadas. Este mecanismo anticipa nuevos ataques y contribuye a la protección general del individuo.

El aumento de estos compuestos también se relaciona con la estrategia adaptativa del sauce. Al ser una especie con alta plasticidad fisiológica, *Salix chilensis* ajusta su metabolismo para soportar condiciones de estrés sin comprometer su capacidad fotosintética. La acumulación de compuestos antioxidantes y aleloquímicos permite amortiguar el impacto del muérdago y mantener la homeostasis interna, demostrando una resistencia inducida más que de tolerancia pasiva. Desde una perspectiva ecofisiológica, el incremento de fenoles, flavonoides, terpenos y taninos en el follaje representa una inversión metabólica defensiva, donde la planta prioriza la protección estructural y la integridad funcional de los tejidos fotosintéticos frente a la pérdida de recursos provocada por el parásito. En este contexto, el sauce actúa de forma similar a otras especies leñosas que, bajo estrés biótico, redirigen parte de sus recursos energéticos del crecimiento hacia la síntesis de metabolitos protectores. El aumento de estos compuestos evidencia una respuesta fisiológica compleja en *Salix chilensis*, mediada por la activación de vías de defensa, mecanismos antioxidantes y señales hormonales.

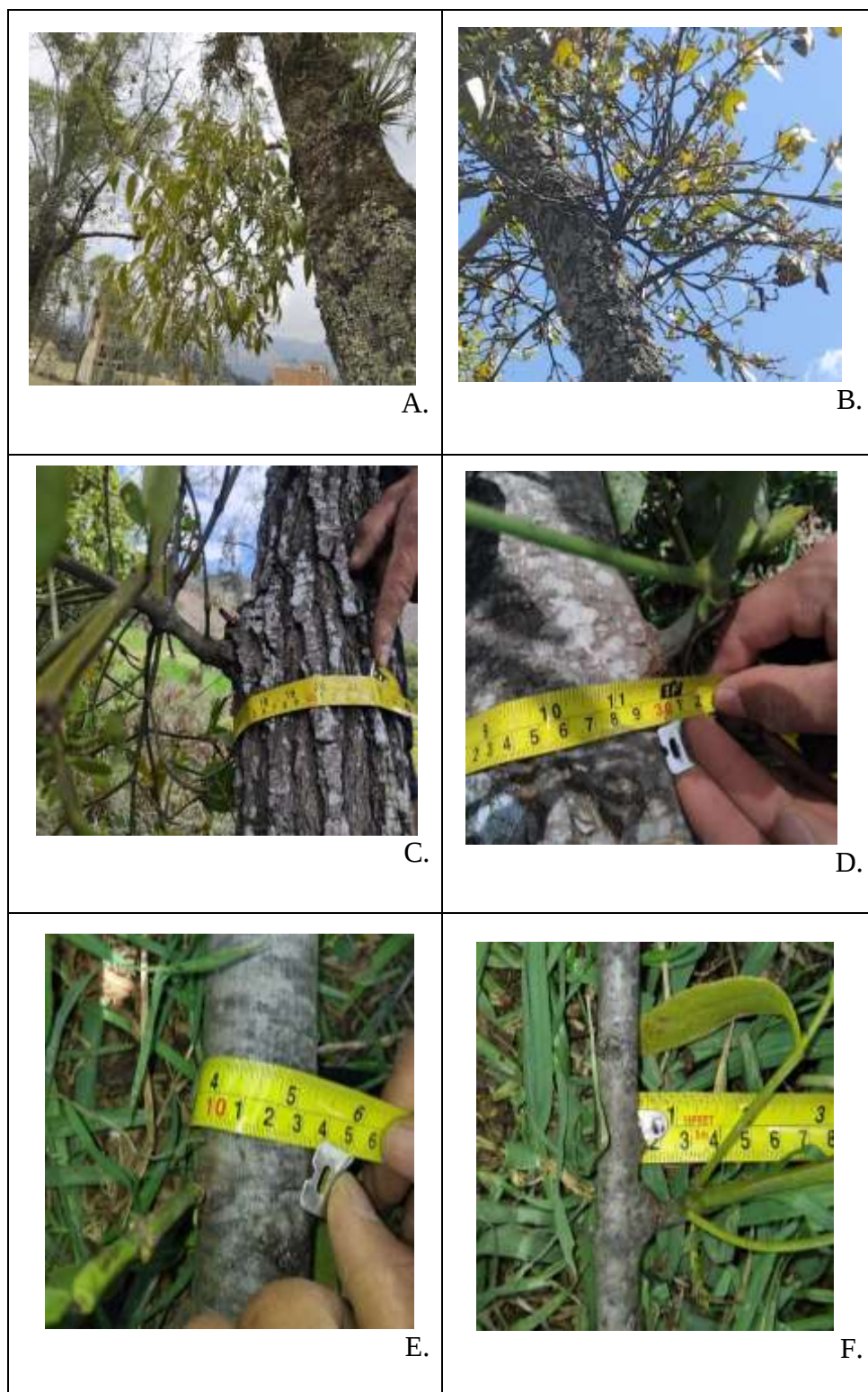
4.5.2 Patogénesis relacionada con la penetración del haustorio de acuerdo al diámetro de ramas donde crece y desarrolla la planta patógena.

La patogénesis de *Phoradendron nervosum* (muérdago) se refiere al proceso por el cual esta planta parásita causa daño a su hospedero (Sauce). La interacción entre *Phoradendron* y el árbol hospedero implica la formación de un haustorio, una estructura que penetra en el tejido vascular del árbol para extraer agua y nutrientes. Existen varios factores que influyen en la patogénesis de plantas parásitas como por ejemplo factores ambientales, factores fisiológicos del hospedante y factores del patógeno, dentro de este último existe un factor que es la invasión y colonización que es como el patógeno tiene la capacidad invadir y colonizar la planta hospedera. A continuación, se describe la capacidad de *Phoradendron* a través de los haustorios para penetrar las ramas y troncos del sauce.

4.5.2.1 Diferentes diámetros de los troncos y de las ramas de sauce con presencia de la planta patógena *P. nervosum*

Figura 15

Diferentes diámetros de las ramas y troncos atacados por P. nervosum



Nota: A. Planta de *Phoradendron* en árbol de sauce con un diámetro de 42 cm. B. Planta de *Phoradendron* en árbol de sauce con un diámetro de 31 cm. C. Planta de *Phoradendron* en árbol de sauce con un diámetro de 18 cm. D. Planta de *Phoradendron* en árbol de sauce con un diámetro de 10 cm. E. Planta de *Phoradendron* en árbol de sauce con un diámetro de 4,5 cm. F. Planta de *Phoradendron* en árbol de sauce con un diámetro de 1,5 cm.

En el estudio de Sandoval y Siqueiros (2019) manifiestan que el haustorio tiene la capacidad de penetrar hasta la médula del hospedante, cuando la rama alcanza un diámetro de 3 cm. Diferente a lo encontrado en la presente investigación donde se puede evidenciar que *P. nervosum* puede colonizar ramas de menos de 3 cm de diámetro. Thomson et al. (2020) encontraron que las plantas parásitas se pueden desarrollar en ramas de 1,3 a 2,0 cm de diámetro, ya que, si las ramas tuvieran un menor diámetro, morirían inexorablemente antes que se pueda establecer. Los resultados son diferentes a los encontrados en el presente estudio donde se halló ataques de la planta parásita en ramas menores de 1 cm. Esto probablemente se deba a que, como dice Coder (2023) las ramas con un diámetro de entre 1,2 y 1,9 cm ya son lo suficientemente grandes como para generar recursos significativos para establecer el muérdago. Otros factores que pueden influir en el éxito de penetración de los haustorios en el caso de las ramas más grandes Messias et al. (2014), deben tener corteza delgada y lenticelas accesibles para la infección.

Figura 16

Corte longitudinal de las ramas de sauce atacadas por Phoradendron nervosum



Nota: A. B. Corte transversal de una rama de sauce, para identificar el grado de penetración del haustorio de *P. nervosum* (Observación directa)

En la figura 17 se puede evidenciar la invasión del haustorio a nivel de floema y xilema. Correoso (2022) mencionan que la dureza, el grosor de la corteza, la inclinación de las ramitas podría determinar la facilidad de penetración de las plantas patógenas y Watson et al. (2022) menciona que los haustorios tienen la capacidad de penetrar ramas, troncos y va creciendo a través de los tejidos primarios y secundarios, ingresando al floema para posteriormente llegar hasta el xilema. Este resultado coincide con la presente investigación, donde se pudo evidenciar que *P. nervosum* puede penetrar en cualquier parte de la planta y de cualquier diámetro del sauce, debido probablemente a la eficiencia del haustorio.

El éxito de penetración del haustorio en ramas de mayor diámetro no depende exclusivamente del tamaño o la edad del tejido, sino también de características anatómicas específicas, como el grosor de la corteza, la presencia de lenticelas y la velocidad de crecimiento del forófito. Fisiológicamente, las lenticelas representan puntos de menor resistencia mecánica, donde la epidermis está interrumpida por espacios intercelulares que permiten el intercambio gaseoso. Estas aberturas naturales pueden ser aprovechadas por las estructuras del muérdago para iniciar la penetración, evitando el desgaste energético asociado a la degradación enzimática de una corteza más gruesa y lignificada.

El crecimiento rápido implica una redistribución hormonal (auxinas, giberelinas y citoquininas) que estimula el crecimiento apical más que el radial, alterando las señales químicas locales que el muérdago utiliza para identificar zonas propicias de infección.

En suma, aunque ramas grandes pueden ser infectadas si presentan cortezas delgadas o lenticelas abiertas, el éxito de la colonización del muérdago depende de la combinación entre propiedades anatómicas (grosor, porosidad, lenticelas), fisiológicas (flujo de savia, presión interna, cicatrización) y metabólicas (nivel de lignificación y defensa fenólica) del hospedero.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

1. En los árboles de sauce de los 60 centros poblados muestreados se encontró que la incidencia promedio fue alta de 59,04 % (Nivel 3).
2. El grado de severidad fue leve 18,65 % (Grado 2) lo que facilitaría un programa de manejo y control eficiente.
3. La relación no fue significativa entre las variables Diámetro altura de pecho, Pendiente, Temperatura y los niveles de incidencia y severidad. La correlación fue negativa media entre altitud y los niveles de incidencia ($r = - 0,49$) y severidad ($r = - 0,50$).
4. En cuanto a la patogenicidad el tamizaje fitoquímico de las hojas de sauce con presencia de *P. nervosum* presentó un alto nivel de compuestos fenólicos, flavonoides, terpenos, taninos y los niveles de saponinas y alcaloides se encontraron en la misma proporción que de las hojas sin la presencia de la planta patógena (Nivel medio). En referencia a la patogénesis los haustorios de *P. nervosum* invadieron ramas y troncos de diferentes diámetros, este invadió al floema y xilema de los árboles de sauce.

RECOMENDACIONES

1. Realizar nuevos estudios para conocer la interacción entre plantas patógenas y hospederos, así como los mecanismos de selectividad, los cambios químicos que sufren los árboles a través de la infección, las aves dispersoras de las semillas en la zona de estudio y su relación con la fenología de la planta patógena, fitoquímica, la estructura espacial y dendroecología en árboles con diferentes niveles infección por efecto de las plantas patógenas.
2. SENAMHI debería gestionar la construcción en el distrito de Chota de sub estaciones meteorológicas de monitoreo de variables climáticas, para tener datos precisos de estas variables.
3. Implementar un programa de control para evitar la expansión de *Phoradendron nervosum*, ya que el grado de severidad presente todavía es susceptible de controlar con podas y raleos.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdollahzadeh, A., Kazempour, S. & Maassoumi, A.A. (2011). Molecular phylogeny of the genus *Salix* (salicaceae) with an emphasize to its species in Iran, *Iranian Journal of Botany*, 17(2), 244-253
- Achim, F.; Dinca, L.; Chira, D.; Raducu, R.; Chirca, A.; Murariu, G. (2025) Sustainable Management of Willow Forest Landscapes: A Review of Ecosystem Functions and Conservation Strategies. *Land*, 14(8), 1593.
<https://doi.org/10.3390/land14081593>
- Adegbidi, H.G., Volk, T.A., White, E.H., Abrahamson, L.P., Briggs, R.D. & Bickelhaupt, D.H. (2021). Biomass and nutrient removal by willow clones in experimental bioenergy plantations in New York State. *Biomass y bioenergy*, 20(6), 399-411.
[https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(01\)00009-5](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(01)00009-5)
- Adema, M., Villarreal, B., Weber, C., Galarco, S. y Sharry, S. (2022). Propagación vegetativa (macro y micro) y evaluación de la capacidad de remoción de iones Cu^{+2} de *Salix humboldtiana* Willd. (Sauce criollo). *Rev. Fac. Agron. La Plata* 121 (2), 1-20.
[DOI: https://doi.org/10.24215/16699513e104](https://doi.org/10.24215/16699513e104)
- Aguirre, J.J., Heredia, R.L., Maass, S.F., Fredericksen, T.S. & Endara, A.R. (2024). Occurrence and effect of dwarf mistletoe (*Arceuthobium globosum* and *A. vaginatum*) in high-elevation forests in México. *Trees, Forests and People*, 18(1).
<https://doi.org/10.1016/j.tfp.2024.100706>
- Arriola Amoroso, M.M., Rodríguez-Catón, M., Villalba, R. & Daniels, L.D. (2017). Forest Decline in Northern Patagonia: The Role of Climatic Variability. *Dendroecology*, 231, 325–342
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-61669-8_14
- Alonso, A., Villarreal, M., Salazar, L., Gómez, M., Domínguez, F., & García, A. (2011). Mexican medicinal plants used for cancer treatment: Pharmacological, phytochemical and ethnobotanical studies. *Journal of Ethnopharmacology*, 133(3), 945–972.
<https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.11.055>
- Alonso-Castro, A.J., Juárez-Vázquez, M., Domínguez, F., González-Sánchez, I., Estrada-Castillón, E., López-Toledo, G., Chávez, M., Cerbón, M.A., García-Carranca, A. (2012). The antitumoral effect of the American mistletoe *Phoradendron serotinum* (Raf.) M.C. Johnst. (Viscaceae) is associated with the release of immunity-related cytokines. *J Ethnopharmacol.* 142(3):857-64. doi: 10.1016/j.jep.2012.06.018.
- Alvarado, D., Saavedra, L.L. y Cárdenas, E. (2009). Anatomía de la interacción de *Cladocolea loniceroides* (Van tieghem) Kuijt – *Salix bonplandiana* Kunth. *Rev. Ciencia Forestal en México. Scielo*, 34 (106).

<https://www.scielo.org.mx/pdf/cfm/v34n106/v34n106a10.pdf>

Alvarado, D. & Saavedra, L. (2021). Tree damage and mistletoe impact on urban green áreas. *Scientific Article*. 45, 1-12

<http://dx.doi.org/10.1590/1806-908820210000030>

Arif, H. & Aggarwal, S. (2023). Salicylic Acid (Aspirin), The National Center for Biotechnology.

Aronés-Jara, M.R., Cárdenas-Landeo, E., Luna-Molero, H.R., Barbarán-Vilcatoma, S.M. & Gómez-Quispe, M. (2022). Phytochemical screening, phenolic compound content and antioxidant potential of thirteen medicinal plants of the rocky outcrops of the Bosque de Piedras of Huaraca, Peru. *Rev. Soc. Quím. Perú* 88(2).

<http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v88i2.388>

Arruda, R., Lunardelli, C., Kitagawa, C., Caires, C.S., Teodoro, G.S. & Mourão, F.A. (2013). Two mistletoes are too many Interspecific occurrence of mistletoes on the same host tree. *Acta Bot Bras*, 27(1), 226–230.

<https://doi.org/10.1590/S0102-33062013000100021>

Arruda, R., Carvalho, L.N. & Del-Claro, K. (2006). Host specificity of a Brazilian mistletoe, *Struthanthus polyanthus* (Loranthaceae), in cerrado tropical savanna, *ScienceDirect*, 201(2), 127-134.

<https://doi.org/10.1016/j.flora.2005.07.001>

Autumn, K. & Gravish, N. (2008). Adhesión Gecko: nanotecnología evolutiva *Philos Trans R Soc A*. 366, 1575-1590.

[doi:10.1098/rsta.2007.2173](https://doi.org/10.1098/rsta.2007.2173)

Aukema, J.E. & Martinez Del Río, C. (2002). Variation in mistletoe seed deposition: effects of intra and interspecific host characteristics. *Ecography*. 25(2), 139-144.

Bhat, K.A., Akhtar, S., Dar, N.A., Bhat, M.I., Bhat, F.A., Rizwan, R., Horiello, O. & Krasnylenko, Y. (2022). Mistletoe Eradicator - A Novel Tool for Simultaneous Mechanical and Chemical Control of Mistletoe. *J Vis Exp*. 1(181).

[DOI: 10.3791/63455](https://doi.org/10.3791/63455)

Ball, J., Carle, J. y Del Lungo, A. (2005). Contribución de álamos y sauces a la silvicultura sostenible y al desarrollo rural. *Unasylva*, 221(56).

<https://www.fao.org/3/a0026s/a0026s03.pdf>

Barcelos, A.P. (2023). Servicio de entrega natural: el papel de álamos y sauces a la silvicultura sostenible y al desarrollo rural. *Unasylva*, 221(56).

Becerra, W.O. (2007). Etiología de la Fanerógama que induce patogénesis en sauce (*Salix* spp). [Tesis, Universidad Nacional de Cajamarca].

Bell, T.L. & Adams, M.A. (2011). Attack on all fronts: functional relationships between aerial and root parasitic plants and their woody hosts and consequences for ecosystems, *The Physiology*, 31(1), 3-15.

<https://doi.org/10.1093/treephys/tpq108>

- Bilgili, E., Coskuner, K.A., Baysal, I., Ozturk, M., Usta, Y., Eroglu, M. & Norton, D. (2020). Distribution of pine mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) in Scots pine (*Pinus sylvestris*) forests: from stand to tree level. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 35 (1–2), 20–28.
<https://doi.org/10.1080/02827581.2020.1729402>
- Bilonozhko, Y., Tokarieva, O., Heinze, B., Feichter, J. & Kodym, A. (2025). Mistletoe on urban trees in the city of Vienna, Austria. *Urban Forestry & Urban Greening* 107(1)
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2025.128740>
- Bouwmeester, H., Sinha, N. & Scholes, J. (2021). Parasitic plants: physiology, development, signaling, and ecosystem interactions. *Plant Physiol.* 185(4):1267-1269.
<https://doi.org/10.1093/plphys/kiab055>
- Bozzi, J.A, Marchelli, P. & Gallo, L.A. (2014). Sauce Criollo: Una especie nativa amenazada de la Patagonia. INTA EEA Bariloche. 62(1).
<https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/40749/selection.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Çakir, F., Çiçek, N. & Yücedağ, C. (2025). Impacts of pine mistletoe on the physiological traits and plant nutrients of Anatolian black pine, *Eur J Plant Pathol* (2025) 173:277–287
<https://doi.org/10.1007/s10658-025-03059-4>
- Camarero, J.J, González de Andrés, E., Sangüesa-Barreda, G., & Colangelo, M. (2019). Long- and short-term impacts of a defoliating moth plus mistletoe on tree growth, wood anatomy and water-use efficiency, *Dendrochronologia*, 56.
<https://doi.org/10.1016/j.dendro.2019.05.002>
- Camarero, J.J., Rubio-Cuadrado, A., González de Andrés, E. & Gazol, A. (2025). Mistletoe negatively impacts vigor, growth and reproduction of silver fir forests at regional and local scales, *Forest Ecology and Management*, 586(1),
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2025.122693>
- Cameron, D.D., Geniez, J.M., Seel, W.E. & Irving, L.J. (2008). Suppression of Host Photosynthesis by the Parasitic Plant *Rhinanthus minor*, *Annals of Botany*, 101(4), 573-578
[doi: 10.1093/aob/mcm324](https://doi.org/10.1093/aob/mcm324)
- Cameron, D.D., White, A. & Antonovics, J. (2009). Parasite–grass–forb interactions and rock–paper–scissor dynamics: predicting the effects of the parasitic plant *Rhinanthus minor* on host plant communities, *Journal of Ecology*, 97(6),1311-1319.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01568.x>
- Carrera, M., Altamirano, L. y Barragán, K. (2023). Especies hospedadoras del arbusto hemiparásito *Phoradendron nervosum* Oliv. en áreas densamente urbanas de Quito, Ecuador. *ACI*,15(2),1-9.
<https://doi.org/10.18272/aci.v15i2.3141>

- Carnegie, A., Bi, H., Arnold, S., Li, Y. & Binns, D. (2009). Distribution, host preference, and impact of parasitic mistletoes (Loranthaceae) in young eucalypt plantations in New South Wales, Australia. *Botany*, 87(1), 49-63.
<https://doi.org/10.1139/B08-127>
- Cazetta, E. & Galetti, M. (2007). Frugivoria e especificidade por hospedeiros na erva-de-passarinho *Phoradendron rubrum* (L.) Griseb. (Viscaceae), *SciELO*, 30(2).
<https://www.scielo.br/j/rbb/a/YLWdMqtxhTHgKNCpFrzngrB/?format=html&lang=pt&stop=next>
- Cervilla, L. M., Blasco, B., Ríos, J. J., Rosales, M. A., Sánchez-Rodríguez, E., Rubio-Wilhelmi, M. M., Romero, L., & Ruiz, J. M. (2012). Parameters symptomatic for boron toxicity in leaves of tomato plants. *Journal of Botany*, 2012, Article 726206.
<https://doi.org/10.1155/2012/726206>
- Chin-Koay, Y., Chong-Wong, K., Hasnah, O., Eldeen, B. & Zaini-Asmowi, M. (2013). Chemical Constituents and Biological Activities of *Strobilanthes crispus* L. *Rec. Nat. Prod.* 7(1).
<https://acgpubs.org/doc/201808071826009-RNP-1204-61.pdf>
- Crates, R., Watson, D.M., Albery, G.F., Bonnet, T., Murphy, L., Rayner, L., Stojanovic, D., Timewell, C., Meney, B., Roderick, M., Ingwersen, D. y Heinsohn, R. (2022). Mistletoes could moderate drought impacts on birds, but are themselves susceptible to drought-induced dieback. *Proc. R. Soc. B Biol*
<https://doi.org/10.1098/rspb.2022.0358>
- Coder, K. (2008). American mistletoe (*Phoradendron serotinum*) infection in trees: Warnell.
- Coder, K. (2023). American Mistletoe: Tree Infection, Damage & Assessment
- Correoso, M. (2022). Expansión y hospederos de la hemiparásita, *Phoradendron nervosum*, en el Campus de la Universidad ESPE, Quito, Ecuador. *ESPE* 24(2), 17-30.
<https://doi.org/10.24133/ciencia.v24i2.2699>
- Costea, M. & Tardif, F.J. (2004). *Cuscuta* (Convolvulaceae) The strength of weakness: A history of its name, uses and parasitism concept during ancient and medieval times. *Contra. Bot.* 21 (1), 369-378.
<https://www.jstor.org/stable/41969017>
- Clarke, C.R., Timko, M.P., Yoder, J.I., Axtell, M.J. y Westwood, J.H. (2019). Diálogo molecular entre plantas parásitas y sus hospedadores. *Annu Rev Phytopathol* 57:279–299
- Dettke, G.A. & Simões, C. (2021). *Psittacanthus* (Loranthaceae) in Brazil: new occurrences, lectotypifications, new synonyms and an illustrated key. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, *SciELO*. 72(1), 1-15
<http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860202172138>

- Diccionario Médico Merriam-Webster.com , Merriam-Webster, <https://www.merriam-webster.com/medical/pathogenicity>. Consultado el 19 de octubre de 2025.
- Dobbertin, M., Hilker, N., Rebetz, M., Zimmermann, N.E., Wohlgemuth, T. & Rigling, A. (2005). The upward shift in altitude of pine mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) in Switzerland—the result of climate warming. *IJB Biometeorology*, 50(1), 40–47.
<https://doi.org/10.1007/s00484-005-0263-5>
- Echánove, F. (2017). Interacciones nutricionales y el ciclo biogeoquímico entre *Psittacanthus calyculatus* (Loranthaceae) y *Quercus deserticola* (Fagaceae) en la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán. *Revista Interdisciplinaria en Nanociencia y Nanotecnología*, 9(17).
<https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2016.17.58151>
- Edagbo, D. E., Ajiboye, T. O., Alowonle, A. A. & Oyewole, O. B. (2024). Infestation and Prevalence of the Mistletoe, *Tapinanthus Bangwensis* on Host Plants in Moor Plantation, Ibadan, Nigeria. *Journal of Research in Forestry, Wildlife & Environment*, 16(1): 105 – 114
- Endara, A.R., Heredia, R.L., García, L.A., Luna, A.A., Maass S.F. y Cibrián, V. D. (2022). Factores asociados con la distribución espacial de muérdagos enanos en dos poblaciones de *Pinus hartwegii* del centro de México. *Rev. Mex.Biodiv.* vol. 93
<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.5008>
- Fadini, R.F. (2011). Non-overlap of hosts used by three congeneric and sympatric loranthaceous mistletoe species in an Amazonian savanna: host generalization to extreme specialization. *SciELO*, 25(2).
<https://www.scielo.br/j/abb/a/54tyCBCmdSbwGgWs8FcqgML/?lang=en>
- Fernández, A.E. (2023). Estrategias de alimentación en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas. Estación Experimental INTA Bordenave. Centro Regional Buenos Aires, Argentina. 63pp.
https://www.vetcomunicaciones.com.ar/uploadsarchivos/estrategias_de_alimentacion_en_zonas_aridas_semiaridas_y_subhumedas.pdf
- Ferreira, R. (2011). Non-overlap of hosts used by three congeneric and sympatric loranthaceous mistletoe species in an Amazonian savanna: host generalization to extreme specialization, *Acta Botanica Brasilica*, 25(2): 337-345
- Ferrenberg, S. (2020). Dwarf Mistletoe Infection Interacts with Tree Growth Rate to Produce Opposing Direct and Indirect Effects on Resin Duct Defenses in Lodgepole Pine. *Forests*, 11(2), 222. <https://doi.org/10.3390/f11020222>
- Fishman, M. & Shirasu, K. (2021). How to resist parasitic plants: pre- and post-attachment strategies. *ScienceDirect*, 62, 102004.
<https://doi.org/10.1016/j.pbi.2021.102004>
- Florida Wildflower Foundation (2022, 22 de december). Oak mistletoe
<https://www.flawildflowers.org/flower-friday-phoradendron-leucarpum/>

- Furlan, C.M., Moreira, F.A., Teixeira-Costa, L., Ceccantini, G. & Salminen, J. P. (2019). Does *Phoradendron perrottetii* (mistletoe) alter polyphenols levels of *Tapirira guianensis* (host plant). *Plant Physiology and Biochemistry*, 136, 222-229.
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.01.025>
- Galván, L.G., Cerros, R., Flores, A., Caspeta, J.M. y Flores, A. (2022). Diversidad y riqueza de plantas parásitas del estado de Morelos, México. *Botanical Sciences*, 100 (3), 729-747.
[DOI: 10.17129/botsci.296](https://doi.org/10.17129/botsci.296)
- García, J., García, P.R., Álvarez, P. y Robledo, N.R. (2020). Composición química y actividad antibacteriana de los extractos orgánicos de *Phoradendron sp. Tlamati*, 11(2).
http://tlamati.uagro.mx/images/Archivos/Tlamati_Vol_11_2020/Garcia_Vara_et_al_2020.pdf
- García, D., Martínez, D., Herrera, J. M., Morales, J. M. (2013). Functional heterogeneity in a plant-frugivore assemblage enhances seed dispersal resilience to hábitat. *Ecography*. 36, 197-208
[DOI: 10.1111/j.1600-0587.2012.07519.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07519.x)
- Geils, B. W., Tovar, J., & Moody, B. (2002). *Mistletoes of North American conifers*. Gen. Tech. Rep. RMRS–GTR–98. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. USA. 123 pp.
<https://doi.org/10.2737/RMRS-GTR-98>
- Giaccio, G., Pérez, D., Leonardo Gallo, L., Corral, R., Pomponio, F., Okada, E., Giaccio, S., Franco, M. D.R. (2022). Reintroducción y restauración de ambientes ribereños degradados por actividades agrícolas. *Medio Ambiente*, 29(144).
<https://n9.cl/immjt>
- Greg, K., Kinsman, S., & Bronstein, J. (2013). Interacciones Planta-Animal. Neotrópico, facilitada por la Organización para Estudios Tropicales (OET) y Smithsonian *Tropical Research Institute (STRI)*, 53(9), 376–470.
- Gómez, M., Sánchez, L.J. y Salazar, L.A. (2011). Anatomía de especies mexicanas de los géneros *Phoradendron* y *Psittacanthus*, endémicos del Nuevo mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Scielo, 82(1)
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532011000400015
- Gómez, L.M. & Gutiérrez, A.C. (2016). *Actividad antioxidante de flavonoides de las hojas de Chromolaena tacotana* (Klatt) RM King & H. Rob [Tesis, Universidad de ciencias Aplicadas y Ambientales de Bogotá]. Repositorio UDCA
<https://repository.udca.edu.co/handle/11158/611>
- González, E., Rivas, J. M., Sosa, C., Delgadillo, L., Valladares, B., Rosenfeld, C., Zaragoza, A. y Rivero, N. (2020). Efecto antibacteriano del extracto metanólico de *Salix babylonica* sobre bacterias de importancia en salud pública. *Abanico Veterinario*. E, 10(1), 1-11.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2020.1>

González, R.I., Marulanda, A.F. y Olascuaga, M.M. (2018). El muérdago o pajarita, espécimen que afecta los árboles de la zona norte centro histórico de la ciudad de Barranquilla. Universidad Simón Bolívar.

<http://hdl.handle.net/20.500.12442/2266>

González, I. y Cano, Z. (2019). Estudio preliminar de las comunidades de artrópodos asociadas a dos plantas parásitas y su hospedero en la Sierra Nevada, México. *Revista Xilema*, 29, 47-53.

[DOI:10.21704/X.V29I1.1349](https://doi.org/10.21704/X.V29I1.1349)

Gonzales, J. H. (2023). Diagnóstico de la infestación y repercusión del muérdago en la vegetación arbórea del área natural protegida “Bosque de Tlalpan” [Tesis, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco]. Repositorio UAMX.

chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/retrieve/27a8e218-a3ca-430c-9b90-e30d04675d48/251717.pdf

Guo, X., Liu, C., Wang, H., Zhang, G., Yan, H., Jin, L., Su, W. & Ji, Y. (2021). The complete plastomes of two flowering epiparasites (*Phacellaria glomerata* and *P. compressa*): Gene content, organization, and plastome degradation, *Genomics*, 113 (2), 447-455.

<https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2020.12.031>.

Guerra, T. J., Pizo, M. A., & Silva, W. R. (2018). Host specificity and aggregation for a widespread mistletoe in Campo Rupestre vegetation. *Flora*, 238, 148-154.

<https://doi.org/10.1016/j.flora.2016.12.011>

Griebel, A., Watson, D. & Pendall, E. (2017). Mistletoe, friend and foe: Synthesizing ecosystem implications of mistletoe infection. *Environmental Research Letters*, 12(11), 1-9.

[DOI: https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa8fff](https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa8fff)

Griebel, A., Peters, J.M.R., Metzen, D., Maier, C., Barton, C.V.M., Speckman, H.N., Boer, M.M., Nolan, R.H., Choat, B. y Pendall, E. (2022). Tapping into the physiological responses to mistletoe infection during heat and drought stress. *Tree Physiol.* 42(3), 523-536

[DOI: 10.1093/treephys/tpab113](https://doi.org/10.1093/treephys/tpab113)

Heide-Jorgensen, H. (2008). *Parasitic flowering plants*. Brill, 442 pp.

<https://doi.org/10.1163/ej.9789004167506.i-438.2>

Hernández, O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Scielo*, 37(3).

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252021000300002

Hernández, N.C. (2018). El río y su territorio. Espacio de libertad: un concepto de gestión. *Terra Nueva Etapa*, 34(56).

<https://www.redalyc.org/journal/721/72157132006/html/>

Hernández, A. (2020). Evolución de la afección del muérdago (*Viscum album*) en pinares de la provincia de Zaragoza. Departamento de agricultura, ganadería y medio ambiente, Zaragoza, España. 159 pp.

Hood, K.W., Fabbro, F. & Karp, D.S. (2025). Mistletoe trees positively influence bird feeding patterns in urban and natural environments. *Urban Ecosyst.* 28 (112).

<https://doi.org/10.1007/s11252-025-01714-6>

Horbelt, N., Eder, M., Bertinetti, L., Fratzl, P. & Harrington, M.J. (2019). Unraveling the Rapid Assembly Process of Stiff Cellulosic Fibers from Mistletoe Berries. *Biomacromoléculas*, 20(8), 3094–3103.

[DOI: 10.1021/acs.biomac.9b00648](https://doi.org/10.1021/acs.biomac.9b00648)

Horbelt, N., Fratzl, P. & Harrington, M.J. (2022). Mistletoe viscin: a hygro- and mechano-responsive cellulose-based adhesive for diverse material applications. *PNAS Nexus*, 1(1), 1-11.

[doi: 10.1093/pnasnexus/pgac026](https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgac026)

Honaas, L.A., Wafula, E.K., Yang, Z., Der, J.P., Wickett, N.J., Altman, N.S., Taylor, C.G., Yoder, J.I., Timko, M. P., Westwood, J.H., & DePamphilis, C.W. (2013). Functional genomics of a generalist parasitic plant: laser microdissection of host-parasite interface reveals host-specific patterns of parasite gene expression. *BMC Plant Biol.* 13(9), 9.

[doi: 10.1186/1471-2229-13-9](https://doi.org/10.1186/1471-2229-13-9)

Hu, B., Sakakibara, H., Takebayashi, Y., Peters, F.S., Schumacher, J., Eiblmeier, M., Arab, L., Kreuzwieser, J., Polle, A. & Rennenberg, H. (2017). Mistletoe infestation mediates alteration of the phytohormone profile and anti-oxidative metabolism in bark and wood of its host *Pinus sylvestris*. *Tree Physiol*, 37(5), 676–691.

[doi: 10.1093/treephys/tpx006](https://doi.org/10.1093/treephys/tpx006).

Inaturalist. (2024, 24 de Julio). Matapalo (*Phoradendron nervosum*)
<https://colombia.inaturalist.org/taxa/278957-Phoradendron-nervosum>

Inaturalist. (2024, 02 de Agosto). *Jasminum nervosum*.
<https://ecuador.inaturalist.org/taxa/502414-Jasminum-nervosum>

Iloki, S.B., Lidianys, Lewis, M., Gálvez, J.C., McCarty, M., Cota-Arce, J.M., Lara, C.L., Andrea Gil, A.A. & Fernández, D. (2020). Comparative analysis of phenolic content and antioxidant power between parasitic *Phoradendron californicum* (toji) and their hosts from Sonoran Desert. *Elsevier*, 2, 1-14

<https://doi.org/10.1016/j.rechem.2020.100079>

Kaneshima, T., Myoda, T., Toeda, K., Fujimori, T. & Nishizawa, M. (2017). Antimicrobial constituents of peel and seeds of camu-camu (*Myrciaria dubia*). *Biosci Biotechnol Biochem.* 81(8):1461-1465.

[doi: 10.1080/09168451.2017.1320517](https://doi.org/10.1080/09168451.2017.1320517)

- Keyes, W.J., Palmer, A.G., Erbil, W.K., Taylor, J.V., Apkarian, R.P., Weeks, E.R. y Lynn, D.G. (2007). Semiogénesis y la angiosperma parásita *Striga asiatica* . *Plant* 51:707–716
- Kirschner GK, Xiao TT, Jamil M, Al-Babili S, Lube V, Blilou I. A roadmap of haustorium morphogenesis in parasitic plants. *J Exp Bot.* 4(22), 7034-7044.
[doi: 10.1093/jxb/erad284](https://doi.org/10.1093/jxb/erad284)
- Kiyoshi, P., Mendes, C., Alves-Silva, E. & Ferreira, A. (2012). Parasites in the neighbourhood: Interactions of the mistletoe *Phoradendron affine* (Viscaceae) with its dispersers and hosts in urban areas of Brazil. *ScienceDirect*. 207(10), 768-773.
<https://doi.org/10.1016/j.flora.2012.08.004>
- Khurshid, W., Ahmad, J. & Zuber, M.S. (2020). Phytoremediation of Heavy Metals Using *Salix* (Willows). *Springer*, 2(1), 161-174.
[DOI: 10.1007/978-3-030-40333-1_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-40333-1_9)
- Krasylenko, Y., Těšitel, J., Ceccantini, G., Oliveira-da-Silva, M., Dvořák, V., Steele, D., Sosnovsky, Y., Piwowarczyk, R., Watson, D.M. & Teixeira-Costa, L. (2021). Parasites on parasites: hyper-, epi-, and autoparasitism among flowering plants. *American Journal of Botany* 108(1), 1-14.
[DOI: https://doi.org/10.1002/ajb2.1590](https://doi.org/10.1002/ajb2.1590)
- Krichevsky, A., Kozlovsky, S.V., Tian, G.W., Chen, M.H., Zaltsman, A., & Citovsky, V. (2007). How pollen tubes grow. *Dev Biol*, 303(2), 405-20.
[doi: 10.1016/j.ydbio.2006.12.003](https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2006.12.003)
- Ko, S.M., Kwon, Y.K., Kim, J.H., Song, I., Lee, H., Choi, D., Liu, J.R. y Kim, S.W. (2014). Análisis del transcriptoma del desarrollo del haustorio del muérdago (*Viscum album*). *Hortic Environ Biotechnol* 55:352–361
- Kokla, A., Charles, W. & Melnyk, C.W. (2018). Developing a thief: Haustoria formation in parasitic plants. *ScienceDirect* 442(1), 53-59.
<https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2018.06.013>
- Kokla, A., Leso, M., Šimura, J., Wärdig, C., Hayashi, M., Nishii, N., Tsuchiya, Y., Ljung, K. & Melnyk, C.W. (2025). A long-distance inhibitory system regulates haustoria numbers in parasitic plants. *Proc Natl Acad Sci* 122(8):e2424557122
[doi: 10.1073/pnas.2424557122](https://doi.org/10.1073/pnas.2424557122)
- Kuijt, J. (2015). Monograph of *Phoradendron* (Viscaceae). *American Society of Plant Taxonomists*, 66, 1–643.
<https://doi.org/10.2307/25011253>
- Kuzovkina, Y.A., Weih, M., Romero, M.A., Charles, J., Hust, S., McIvor, I., Karp, A., Trybush, S., Labrecque, M., Teodorescu, T.I., Singh, N.B., Smart, L.B. & Volk, T.A., (2008). *Salix*: botany and global horticulture. *Horticultural Reviews*, 34, 447-489.

<https://doi.org/10.1002/9780470380147.ch8>

Klamerus-Iwan, A. y John T. Van Stan II, J. (2022). Rainfall interception by common mistletoe (*Viscum album* L. ssp. *album*): An additional water loss from infected forests, *Ecohydrology*, 16(4)

<https://doi.org/10.1002/eco.2485>

Kleszken, E., Purcarea, C., Pallag, A., Ranga, F., Memete, AR, Miere, F. y Vicas, S.I. (2022). Perfil fitoquímico y capacidad antioxidante de *Viscum album* L. Subsp. *album* y efectos sobre sus árboles hospedantes. *Plants*, 11 (22), 3021.

<https://doi.org/10.3390/plants11223021>

Lázaro-González, A., Gargallo-Garriga, A., Hódar, J.H., Sardans, Michal Oravec, M., Urban, O., Peñuelas, J. & Zamora, R. (2021). Implications of mistletoe parasitism for the host metabolome: A new plant identity in the forest canopy, *PLant*, 44 (11), 3655-3666

<https://doi.org/10.1111/pce.14179>

Lebel, C. (2010). *Caracterización Dendrológica de las Especies Leñosas del Distrito de Pacarán, Perú*. [Tesis, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio UNA

<https://hdl.handle.net/20.500.12996/1653>

López, R. (2010). Alteraciones bioquímicas que ocasionan las plantas superiores parásitas en camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. Mc Vaugh), Pucallpa, Perú. [Tesis, Universidad Nacional de Ucayali].

<https://repositorio.unu.edu.pe/items/9327e8f0-ee7a-41a7-a434-6981db72df5c>

Ma, R., Miao, N., Zhang, H., Tao, W., Mao, K., & Moermond, T.C. (2020). Generalist mistletoes and their hosts and potential hosts in an urban area in southwest China, *Urban Forestry & Urban Greening*,

<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126717>.

Macbride, J.F. & Weberbauer, A. (2008). Flora of Peru. Chicago: Field Museum. *BHL*, 1(13), 13-81.

[DOI: https://doi.org/10.5962/bhl.title.7205](https://doi.org/10.5962/bhl.title.7205)

Márquez, K., Vega, D.L. y Álvarez, L.M. (2021). *Glosario de Términos Agronómicos. Unheval*. 129 pp.

<https://n9.cl/nrytd>

Martínez, N. (2019). Distribución Espacial de Muérdago Enano (*Arceuthobium globosum*) en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca en el Estado de México. [Tesis, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio digital UAEM

<http://hdl.handle.net/20.500.11799/104678>

Martínez, H. O. (2020). Impacto fitosanitario del muérdago verdadero familia Loranthaceae en arbolado de UAMX-X, CDMX. [Tesis, Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco].

- Martínez, I.A., Sandoval, M.H., Arellano, M. y Martínez, V.M. (2021). Infestación por *Cladocolea loniceroides* y sus potenciales aves dispersoras de semillas en un área verde urbana de la ciudad de Aguascalientes, México. *INECOL*, 27(1). <https://myb.ojs.inecol.mx/index.php/myb/article/view/e2712084>
- Marchal, V. (2009). El muérdago en la ciudad de México, *Albolama*, 2(1), 10-30.
- Mallams, K.M. & Mathiasen, R.L. (2010). Mistletoes on Hardwoods in the United States. *Forest Insect y Disease Leaflet*, 147(10). https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/fsbdev2_025934.pdf
- Mathiasen, R.L., Nickrent, D.L., Shaw, D.C. & Watson, D.M. (2008). Mistletoes: pathology, systematics, ecology and management. *Plant Dis*, 92(7), 988– 1006. DOI: 10.1094/PDIS-92-7-0988
- Matula, R., Svátek, M., Pálková, M., Volarík, D. & Vrška, T. (2015). Mistletoe infection in an oak forest is influenced by competition and host size. *PLoS ONE*, 10(5). <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0127055>
- Medel, R., Vergara, E., Silva, A. & Kalin-Arroyo, M. (2004). Effects of Vector Behavior and Host Resistance on Mistletoe Aggregation. *JSTOR*, 85(1). <https://www.jstor.org/stable/3450474>
- Mendez-Pfeiffer, P., Ballesteros, M.G., Monrreal, M., Leyva, M. & Valencia, D.(2024). Antioxidant, Antiproliferative and Antibacterial Activity of *Phoradendron californicum* Extracts; a Parasitic Plant from Northwestern Mexico, *BIOTecnia*, 26:401-407 DOI: 10.18633/biotecnia.v26.2286
- Mendoza, F.N. (2023). *Frugivoría por aves en Phoradendron nervosum* Oliv. (Santalaceae), un muérdago parásito de la ciudad de Loja [Tesis, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio digital UNL <https://n9.cl/khay79>
- Messias, A.P., Vidal, J., Koch, I. & Christianini, A.V. (2014). Host specificity and experimental assessment of the early establishment of the mistletoe *Phoradendron crassifolium* (Pohl ex DC.) Eichler (Santalaceae) in a fragment of Atlantic Forest in southeast Brazil, *Acta Botanica Brasilica*, 28(4): 577-582 doi: 10.1590/0102-33062014abb3523
- Mellado, A. & Zamora, R. (2017). Parasites structuring ecological communities: the mistletoe footprint in Mediterranean pine forests. *Functional Ecology*. 31(11), 2167–2176. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12907>
- Montoya-Inzunza, L.A., Moreno-Ulloa, A., Carballo-Castañeda, R.A., Xool-Tamayo, J., Contreras-Angulo, L.A., Leyva-López, N., Antunes, M., Gonzalez-Galaviz, J.R., Heredia, J.B. & Gutiérrez-Grijalva, E.P. (2023). Metabolomic Characterization of *Phoradendron brachystachyum* Mistletoe and In-Silico and In-Vitro

- Investigation of Its Therapeutic Potential in Metabolic Disorders. *Plants* (Basel). 12(14):2729.
doi: [10.3390/plants12142729](https://doi.org/10.3390/plants12142729).
- Morales, J.F. (2015). Santalaceae. Monogr. sist. Bot. *Bot de Misuri. Gard.* 131(1),13-36.
<https://www.researchgate.net/publication/279442339>
- Muche, M., Muasya, A.M. & Tsegay, B.A. (2022). Biology and resource acquisition of mistletoes, and the defense responses of host plants. *Ecological Processes*, 11(24), 1-13.
<https://doi.org/10.1186/s13717-021-00355-9>
- Mudgal, G., Kaur, J., Chand, K., Parashar, M., Dhar, S.K., Singh, G.B. & Gururani, M.A. (2022). Mitigating the Mistletoe Menace: Biotechnological and Smart Management Approaches. *Biology*, 11(11), 1645.
<https://doi.org/10.3390/biology11111645>
- Muñoz, C., Pérez, V., Cobos, P., Hernández R. y Sánchez, G. (2011). *Sanidad Forestal. Editorial Mundi Prensa, Tercera Edición México*. 575 pp.
<http://surl.li/movzra>
- Nickrent, D.L. (2002). *Parasitic plants of the world*. Parasitic plants of the Iberian Peninsula and Balearic Islands. Edit. Madrid: Mundi-Prensa Libros.
- Nickren, D.L. (2008). *Parasitic Plants*. In: McGraw-Hill, edit. Yearbook of Science & Technology. United States of America: McGraw-Hill.
- Nickrent, D.L. (2020). Parasitic angiosperms: How often and how many? Department of Plant Biology, *Southern Illinois University*, 69(1), 5-27.
DOI: <https://doi.org/10.1002/tax.12195>
- Noé, G.B. (2013). Interactions among hydrogeomorphology, vegetation, and nutrient biogeochemistry in floodplain ecosystems. In Shroder J. Treatise on Geomorphology. San Diego, California. Academic Press, *ScienceDirect*, 12, 307-321.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374739-6.00338-9>
- Núñez, L.J. (2022). Reforestación del bosque seco para la prevención de desbordes fluviales en el Perú: el caso del distrito de Illimo, provincia y región Lambayeque (2018-2019). *Rev. Kawsaypacha*, 9, 108-123.
<http://dx.doi.org/10.18800/kawsaypacha.202201.005>
- Ocaña Hernández, B. (2010). Identificación, Incidencia y Severidad en el muérdago (*Phoradendron spp*). En los cañones de los Chorros, Huachichil y La Carbonera, de la sierra de Arteaga, Coahuila [Tesis, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio UAAAN
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/3761>

- Ordóñez, L., Reyes, F., Orihuela, A., & Armijos, D. (2016). Registros inusuales de aves en la hoya de Loja, Andes sur del Ecuador. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 8(14).
<https://doi.org/10.18272/aci.v8i1.276>
- Ornelas, J.F., Licona-Vera, Y. y Vásquez-Aguilar, A.A. (2018). Genetic Differentiation and Fragmentation in Response to Climate Change of the Narrow Endemic *Psittacanthus auriculatus*. *Tropical Conservation Science*. 11.
[doi:10.1177/1940082918755513](https://doi.org/10.1177/1940082918755513)
- Ornelas, J. F. (2021). Los muérdagos y el “misterio de misterios” de Darwin. 124, 57–64.
<https://www.researchgate.net/publication/355056983>
- Ornelas, J.F. & Ramírez-Barahona, S. (2020). Transmisión y especificidad de muérdagos. Portal Comunicación Veracruzana.
<https://elportal.mx/?p=125970>.
- Ornelas, J.F. & Vásquez-Aguilar, A. A. (2023). Efectos mediados por hospedero en la variación del tamaño de frutos del muérdago hemiparásito *Psittacanthus schiedeanus* (Loranthaceae). *Act. Bot. Mex* no.130
<https://doi.org/10.21829/abm130.2023.2134>
- Osman, A., Abdulai, M., Lamini, S., & Santo, K. G. (2024). Demographic characteristics, incidence and severity of onion basal rot in the Upper East Region of Ghana. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1), 1–14.
<https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2338923>
- Okubamichael, D.Y., Griffiths, M.E. & Ward, D. (2011). Host specificity, nutrient and water dynamics of the mistletoe *Viscum rotundifolium* and its potential host species in the Kalahari of South Africa. *Arid Environments*, 75(10),989-902.
<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.04.026>
- Okubamichael, D.Y., Griffiths, M.E. & Ward, D. (2016). Host specificity in parasitic plants perspectives from mistletoes. *AOB Plants*. 8(69)
[10.1093/aobpla/plw069](https://doi.org/10.1093/aobpla/plw069)
- Padrón, S., Vélez, A., Miorelli, N., & Willmott, K. (2020). Urban areas as refuges for endemic fauna: description of the immature stages of *Catasticta flisa* duna (Eitschberger & T. Racheli, 1998) (Lepidoptera: Pieridae) and its ecological interactions. *Neotropical Biodiversity*. 6 (1), 109–116.
<https://doi.org/10.1080/23766808.2020.1769993>
- Paz, M. (2013). *Identificación y Patogenicidad de hongos en muérdago (Phoradendron bolleanum = P. saltillense Trel.) en Arteaga y Saltillo, Coahuila* [Tesis maestría, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - México]. Repositorio UAAAN
<http://surl.li/ibvyul>
- Paz, M. (2022). Control biológico del muérdago *Phoradendron spp* por hongos fitopatógenos. [Tesis Doctorado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - México]. Repositorio UAAAN

- Pérez, G. (2010). Ecología, herbivoría, contenido nutricional y defensa química del muérdago *Psittacanthus calyculatus* y su hospedero *Quercus deserticola* en fragmentos de bosque de la cuenca de Cuitzeo. [Tesis de Maestría, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo - México].
http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/DGB_UMICH/1657/1/FB-M-2010-0135.pdf
- Pinilla, J.C., Chung, P. y Navarrete, M. (2015). El sauce Chileno (*Salix chilensis* Mol.) en la Región del Biobío y su uso potencial en bosques plantados. Informe Técnico N° 202. Instituto Forestal, Chile. 40 pp.
- Plants of the World Online. (2024, 17 de enero). *Phoradendron nutt.*
<https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:329774-2>
- Plascencia, A., Magallón, C. y Rivera, O. (2016). Diagnóstico, Evaluación y Control de los muérdagos en México. Memorias del Foro Nacional “Las Plantas Parásitas de México”. Red temática en salud forestal. CONACYT, pp. 52
<http://surl.li/ikwfvv>
- Press, M.C. & Phoenix, G.K. (2005). Impacts of parasitic plants on natural communities. *New Phytologist* 166,737-751.
[DOI: https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01358.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01358.x)
- Quaglia, E., Ravetto E., Perotti, E., Probo, M., Lombardi, A. & Lonati, M. (2020). Alpine tundra species phenology is mostly driven by climate-related variables rather than by photoperiod. *Journal of Mountain Science* 17(9), 2081-2096.
<https://doi.org/10.1007/s11629-020-6079-2>
- Queijeiro, M.E y Cano, Z. (2015). Dinámica temporal de la infestación por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* y *A. vaginatum*) en Zoquiapan. Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl, México. *Scielo*, 9(2).
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582015000100006
- Queijeiro-Bolaños, M. y Cano-Santana, Z. (2016). Crecimiento del pino Hartwegii (*Pinus Hartwegii*) parasitado por dos especies de muérdago enano (*Arceuthobium spp.*). *Ciencias Botánicas* 94 (1): 51-62
<https://doi.org/10.17129/botsci.218>.
- Queijeiro-Bolaños, M. y Carrillo-Ángeles, I. (2022). Las plantas parásitas y sus hospederos: una interacción compleja y menospreciada. *Researchgate*, 2(7):58-67
- Ramsauer, J., Brotons, L., Herrando, S., Morán-Ordóñez, A. (2022). A multi-scale landscape approach to understand dispersal of the mistletoe by birds in Mediterranean pine forests, *Landscape Ecology*, 37, 511-528
[DOI: 10.1007/s10980-021-01369-6](https://doi.org/10.1007/s10980-021-01369-6)
- Randle, C.P., Cannon, B.C., Faust, A.L., Hawkins, A.K., Cabrera, Lewis, M.L. , Perez, A.A. , Sopas, J. , Verastegui, T.J. & Williams, J.K. (2018). Host Cues Mediate

Growth and Establishment of Oak Mistletoe (*Phoradendron leucarpum*, Viscaceae), an Aerial Parasitic Plant. *Castanea*, 83(2), 249-262.

<https://doi.org/10.2179/18-173>

Rezabakhsh, A., Mahmoodpoor, A. & Soleimanpour, H. (2021). Historical perspective of aspirin: A journey from discovery to clinical practice Ancient and modern history. *J Cardiovasc Thorac Res.*, 13(2):179-180

doi: 10.34172/jcvtr.2021.28

Rivero, J. G. & Román, C. E. (2024). Infestación de Jamillo (*Ligaria cuneifolia*) en árboles de Molle (*Schinus molle*) en el Valle de Cochabamba. *Acta Nova*, 11(4), 344-352.

<https://doi.org/10.35319/acta-nova.202424>

Rodríguez, R., Marticorena, C., Alarcón, D., Baeza, C., Cavieres, L., Finot, V.L., Fuentes, N., Kiessling, A., Mihoc, M., Pauchard, A., Ruíz, E., Sánchez, P. y Marticorena, A. (2018). Catálogo de las plantas vasculares de Chile. *Gayana Botánica*, 75(1).

<https://catalogoplantas.udec.cl/?q=node/5231>

Rodríguez-Cabal, M.A., Barrios-García, M.N., Amico, G.C., Aizen, M.A. & Sanders, N.J. (2013). Node-by-node disassembly of a mutualistic interaction web driven by species introductions. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 110(41), 16503–16507.

doi: 10.1073/pnas.1300131110

Rodríguez, T.S. (2014). *Estudio Ecológico de las plantas parásitas en un matorral xerófilo de la costa de Sonora* [Tesis, Universidad de Sonora]. Repositorio USON

<http://www.repositorioinstitucional.uson.mx/handle/20.500.12984/2082>

Rojas, F. (2003). Botánica Sistemática. Facultad de Agronomía UMSA. La Paz- Bolivia. 10 – 14pp.

Romero, V.E. y Figueroa, D.M. (2024). El epifitismo, un ejemplo de interacciones planta – planta, *Spinor*, 55

Roncal, M.S. (2008). Patogénesis de *Phoradendron nervosum* olv., en sauce (*Salix chilensis*). Revista científica Fiat Lux, Escuela de posgrado Universidad Nacional de Cajamarca. 57-62

Roncal, M.S. & Bazán, W.H. (2010). Morfofisiología y patogénesis de *Tripodanthus acutifolius* (Ruiz y Pavón) van Tiegh, en capulí (*Prunus serotina* Ehrh.). *Revista científica Fiat Lux*. 6(2),17-49.

DOI: 10.6084/m9.figshare.19743358

Rzedowski, J. y Calderón, G. (2011). Principales hospederos y algunos otros datos ecológicos de las especies de viscaceae en el estado de Querétaro. *Instituto de Ecología*, 26.

<http://www1.inecol.edu.mx/publicaciones/resumeness/FLOBA/ComplementarioX XVI.pdf>

Saucet, S.B. & Shirasu, K. (2016). Molecular Parasitic Plant–Host Interactions. *PLoS Patógeno*, 12(12).

[https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5158077/#:~:text=Once%20the%20host%20root%20is,and%201D\)%20%5B17%5D](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5158077/#:~:text=Once%20the%20host%20root%20is,and%201D)%20%5B17%5D).

Sanguesa, G., Linares, J.C. & Camarero, J.J. (2012). Mistletoe effects on Scots pine decline following drought events: insights from within-tree spatial patterns, growth and carbohydrates. *Thee Physiol.* 32(5),585-598.

[doi: 10.1093/treephys/tps031](https://doi.org/10.1093/treephys/tps031).

Sangüesa-Barreda, G., Linares, J. C., & Camarero, J. J. (2013). Drought and mistletoe reduce growth and water-use efficiency of Scots pine. *Forest Ecology and Management*, 296, 64-73.

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.01.028>

Sangüesa-Barreda, G., Camarero, J.J., Pironon, S., Gazol, A., Peguero-Pina, J.J. & Gil-Pelegrín, E. (2018). Delineating limits: confronting predicted climatic suitability to field performance in mistletoe populations, *J. Ecol.*, 106 (2018), 2218-2229, DOI: 10.1111/1365-2745.12968

Sandner, T.M., Schoppan, L. y Matthies, D. (2022). Seedlings of a hemiparasite recognize legumes, but do not distinguish good from poor host species, *Folia Geobotanica*, 57, 117 – 126.

<https://doi.org/10.1007/s12224-022-09414-1>

Sandoval, M. H. y Siqueiros, M. E (2019). *Cladocolea loniceroides*, un nuevo registro para la flora de Aguascalientes, México. *Investigación y Ciencia*, 27(28), 51-54.

Scalon, M.C. & Wright, I.J. (2015). A global analysis of water and nitrogen relationships between mistletoes and their hosts: broad-scale tests of old and enduring hypotheses. *Funct Ecol* 29, 1114–1124

[doi: 10.1111/1365-2435.12418](https://doi.org/10.1111/1365-2435.12418)

Stanton, S. (2007). Effects of Dwarf Mistletoe on Climate Response of Mature Ponderosa Pine Trees. *Tree-Ring Research* 63(2), 69-80.

<https://doi.org/10.3959/1536-1098-63.2.69>

Silva, K. G. (2022). *Factores determinantes de la distribución de Psittacanthus divaricatus (Kunth) G. Don “suelda con suelda” (Loranthaceae) en ecosistemas de la costa norte del Perú* [Tesis, Universidad Mayor de San Marcos].

<chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://core.ac.uk/download/534030714.pdf>

Skrypnik, L., Maslennikov, P., Feduraev, P., Pungin, A., & Belov, N. (2020). Ecological and Landscape Factors Affecting the Spread of European Mistletoe (*Viscum album* L.) in Urban Areas (A Case Study of the Kaliningrad City, Russia). *Plants (Basel)*. 9(3), 394.

[doi: 10.3390/plants9030394](https://doi.org/10.3390/plants9030394).

- Suárez-Herrera, S., Moreno-Fernández, D., Cañellas, I., Alberdi, I., Hernández Mateo, L., Oliveira, N., Montes, F. y Adame, P. (2025). Climate-driven increase in mistletoe infestation in Iberian pine forests, *Forest Ecology and Management*. 582
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2025.122566>
- Szmidla, H., Tkaczyk, M., Plewa, R., Tarwacki, G. & Sierota, Z. (2019). Impact of common mistletoe (*Viscum album* L.) on Scots pine forests A call for action. *Forests*, 10(10), 847.
[DOI: 10.3390/f10100847](https://doi.org/10.3390/f10100847)
- Tabi, O.T., Haiwe, P. & Enow, E.A. (2021) Diversity, Incidence and Severity of Mistletoe on Cocoa (*Theobroma cacao*) in Kumba, Meme Division, Southwest Region, Cameroon, 9 (4), 219-226
[doi: 10.11648/j.ajaf.20210904.18](https://doi.org/10.11648/j.ajaf.20210904.18)
- Tamudo, E.; Camarero, J.J.; Sangüesa-Barreda, G.; Anadón, J.D. (2021). Dwarf Mistletoe and Drought Contribute to Growth Decline, Dieback and Mortality of Junipers. *Forests*, 12(9), 1199.
<https://doi.org/10.3390/f12091199>
- Teodoro, G.S., Van del Berg, E., Nunes Santos, M. & De Freia Coelho, F. (2010). How does a *Psittacanthus robustus* Mart. Population structure relate to a *Vochysia thyrsoidea* Pohl. Host population. *ScienceDirect*, 205(12).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0367253010000629>
- The Plant List (TPL), (2010). Global Strategy for Plant Conservation (GSPC). World Flora Online (WFO) Disponible en: www.worldfloraonline.org.
- The Plants of the World Online portal (POWO), (2020). Bringing Kew's science data online by 2020 Disponible en: <http://powo.science.kew.org/>
- Thompson, R.L., Douglas, G.N. & Thompson, K. R. (2020). *Phoradendron leucarpum* subsp. *leucarpum* (Viscaceae) at Perryville Battlefield State Historic Site, Boyle County, Kentucky. *Phytoneuron* 2020-82: 1–10
[chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.phytoneuron.net/2020Phytoneuron/82PhytoN-MistletoeKentucky.pdf](https://www.phytoneuron.net/2020Phytoneuron/82PhytoN-MistletoeKentucky.pdf)
- Tinoco, E., Amancio, A. y Lira, A. (2024). *Phoradendron*, ladrones de árboles en América.
<https://www.cronica.com.mx/academia/phoradendron-ladrones-arboles-america.html>
- Tymińska-Czabańska, L., Janiec, P., Hawryło, P., Ślopek, J., Zielonka, A., Netzel, P., Janczyk, D., Socha, J. (2024). Modeling the effect of stand and site characteristics on the probability of mistletoe infestation in Scots pine stands using remote sensing data, *Forest Ecosystems*.
<https://doi.org/10.1016/j.fecs.2024.100191>.
- Umudi, E.Q., Umudi, O.P., Diakparomre, O., Obiagwe, J., & Nwakwanogo, B.E (2024). Analysis of the Mineral Nutritional and Phytochemical Composition of Mistletoe

Leaves (Loranthaceae). *FNAS Journal of Applied Chemical Science Research*, 2(1), 6-10.

Usta, A. & Yilmaz, M. (2021). Effects of land use and topographic variables on distribution of pine mistletoe (*Viscum album* subsp. *Austriacum* (Wiesb.) Vollm.) in northeastern Turkey. *CERNE*, 27, e-102618,

[doi: 10.1590/01047760202127012618](https://doi.org/10.1590/01047760202127012618)

Varo-Rodríguez, R., Ávila-Akerberg, V. & Gheno-Heredia, J. (2016) Caracterización de infestación por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*) en el bosque de *Pinus hartwegii* de la cara sur del Pico de Orizaba. *Teoría y Praxis*, 19 (6) 11-31

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=456146535002>

Vázquez, C. I., Villa, A., y Madrigal, R.S. (2006). Los muérdagos (Loranthaceae) en Michoacán; descripción y control, Folleto Técnico No 2 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Campo Experimental Uruapan. 93 p.

Vidal-Russell, R. & Premoli, A.C. (2015). Nothofagus trees show genotype differences that influence infection by mistletoes, Misodendraceae. *Australian Journal of Botany*. 63(6), 541–548.

[DOI:http://dx.doi.org/10.1071/BT14306](https://doi.org/10.1071/BT14306)

Wagner, M.L., Ricco, R.A., Ranea, F.G. y Gurni, A.A. (2007). Estudio comparativo de los polifenoles en diferentes poblaciones de *Phoradendron liga* (Gill.) Eichl. - Viscaceae. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas. *Redalyc*, 6(5).

<https://www.redalyc.org/pdf/856/85617508085.pdf>

Wang, Y., Xiong, D., Jiang, N., Li, X., Yang, Q. y Tian, C. (2016) High-resolution transcript profiling reveals shoot abscission process of spruce dwarf mistletoe *Arceuthobium sichuanense* in response to ethephon. *Sci Rep*.12 (6):38889.

[doi: 10.1038/srep38889](https://doi.org/10.1038/srep38889)

Walas, Ł., Kędziora, W., Ksepko, M., Rabska, M., Tomaszewski, D., Thomas, P.A., Wójcik, R., & Iszkuło, G. (2022). The future of *Viscum album* L. in Europe will be shaped by temperature and host availability. *Sci Rep*.12(1), 17072.

[doi: 10.1038/s41598-022-21532-6](https://doi.org/10.1038/s41598-022-21532-6).

War, A.R., Paulraj, M.G., Ahmad, T., Buhroo, A.A., Hussain, B., Ignacimuthu, S. & Sharma, H.C. (2012). Mechanisms of plant defense against insect herbivores. *Plant Signal Behav*, 7(10), 1306–1320.

[doi: 10.4161/psb.21663](https://doi.org/10.4161/psb.21663)

Ward, M.J. (2005). Patterns of box mistletoe *Amyema miquelii* infection and pink gun *Eucalyptus fasciculosa* condition in the Mount Lofty Ranges, South Australia. *Forest Ecology and Management*, 213, 1-14

- Watson, D.M. & Herring, M. (2012). Mistletoe as a keystone resource: an experimental test. *Proc. R. Soc. B-Bio. Ciencia*. 279(1743), 3853–3860.
doi: [10.1098/rspb.2012.0856](https://doi.org/10.1098/rspb.2012.0856)
- Watson, D. M., & Rawsthorne, J. (2019). Microclimatic variation and host–parasite interactions in mistletoes. *Tree Physiology*, 39(8), 1266 – 1278.
- Watson, D. , McLellan, R. & Fontúrbel, F. (2022). Functional Roles of Parasitic Plants in a Warming World. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 53, 25–45
<https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102320-115331>
- Watling, J.R. & Press, M.C. (2008). Impacts of Infection by Parasitic Angiosperms on Host Photosynthesis. *Plant Biology* 3(3), 244-250
<https://doi.org/10.1055/s-2001-15195>
- Whaley, O., Orellana, A., Tenorio, M., Pérez, E. & Mendosa, M. (2010). *Plantas y vegetación de Ica, Perú. Un recurso para su restauración y conservación*. Edic. Royal Botanic Gardens, Kew. 95 pp.
<http://surl.li/ozboig>
- Wilson, C.A. & Calvin, C.L. (2017). Metadata provides insights on patterns of epiparasitism in mistletoes (Santalales), an overlooked in forest biology. *Botany*, 95(3), 259-269.
DOI: <https://doi.org/10.1139/cjb-2016-0264>
- Word Plants (2024, 15 de octubre). Synonymic Checklist and Distribution of the World Flora.
<https://www.worldplants.de/world-plants-complete-list/complete-plant-list/?name=Phoradendron-talamancanum#plantUid-251837>
- Wohlfeiler, J. (2016). *Análisis evolutivo y genético de plantas parásitas del género Lophophytum* [Tesis, Universidad Nacional de Cuyo].
- Yang Z, Wafula, E.K., Honaas L.A., Zhang. H., Das, M., Fernández-Aparicio, M., Huang, K., Bandaranayake P.C.G, Wu, B., Der, J.P., Clarke, C.R., Ralph. P.E., Landherr, L., Altman, N.L., Timko, M.P., Yoder, J. I., Westwood, J.H., & DePamphilis, C.W. (2014). Comparative Transcriptome Analyses Reveal Core Parasitism Genes and Suggest Gene Duplication and Repurposing as Sources of Structural Novelty, *Molecular Biology and Evolution*, (32) 3, 67–90.
<https://doi.org/10.1093/molbev/msu343>
- Yan, C., Gessler, A., Rigling, A., Dobbertin, M., Han, X. & Li, M. (2016). Effects of mistletoe removal on growth, N and C reserves, and carbon and oxygen isotope composition in Scots pine hosts. *Tree Physiology*, 36(5), 562– 575
<https://doi.org/10.1093/treephys/tpw024>
- Zeid, A.H. (2006). Phenolics, volatiles and biological activities of *Salix babylonica* L. leaves and stem bark. *Plant Med*, 72(11).

- Yoshida, S., Cui, S., Ichihashi, Y. y Shirasu, K. (2016) El haustorio, un órgano invasor especializado en plantas parásitas. *Annu Rev Plant Biol* 67:643–667
- Zuñiga, D. L. (2016). *Identificación de diferentes especies de muérdago Phoradendron en diversos hospederos en la Sierra de Arteaga, Coahuila*. [Tesis, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México]. Repositorio institucional UAAAN
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/8406>
- Zuñiga, J.D. (2020). Incidencia de plagas y enfermedades en el bosque de *Pinus hartwegii* en el APFF Nevado de Toluca, México, y su relación con factores ambientales y ecológicos. [Tesis, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]
- Zuloaga, F.O, Morrone, O. y Belgrano, M.J. (2009). Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur, *Darwiniana*, 7(2), 208-278.
[DOI: 10.14522/darwiniana.2019.72.861](https://doi.org/10.14522/darwiniana.2019.72.861)
- Zweifel, R., Bangerter, S., Rigling, A. & Sterck, F.J. (2012). Pine and mistletoes: How to live with a leak in the water flow and storage system? *J. Exp. Bot.* 63(7), 2565–2578.
<https://doi.org/10.1093/jxb/err432>
- Zweifel, R., Haeni, M., Buchmann, N. & Eugster, W. (2016). Are trees able to grow in periods of stem shrinkage? *New phytologist*. 247 (5) , 839 – 849.
<https://doi.org/10.1111/nph.13995>

ANEXO 1

Tabla 13

Coordenadas e información complementaria de los árboles de sauce de los 60 centros poblados estudiados

N°	Sector	Coordenadas		Número de árboles muestreados	DAP (Cm)	Grado de Incidencia (%)	Porcentaje de afectación (%)				Grado de Severidad (%)	Número plantas parásitas/sauce	Número máximo de plantas parásitas/sauce
		Latitud	Longitud				25	50	75	100			
1	Agaisbamba	-78,65503	-6,564658	22	25,4	100	12	10	0	0	36,4	22	11
2	Agua Blanca	-78,64957	-6,612873	26	31,8	76,9	16	3	1	0	24	20	0
3	Atoctambo	-78,62873	-6,589449	43	38,1	55,8	24	0	0	0	14	24	2
4	Cabracancha	-78,66195	-6,599734	31	37,2	100	27	4	0	0	28,2	31	12
5	Cabracancha Alta	-78,66742	-6,605295	29	42,8	86,2	19	6	0	0	26,7	25	12
6	Cabracancha Baja	-78,66211	-6,60484	15	59,0	46,7	5	2	0	0	15	7	15
7	Cañafisto Bajo	-78,609972	-6,57326	33	20,8	60,6	20	0	0	0	15,2	20	3
8	Capillapampa	-78,591956	-6,591417	20	38,9	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Carhuamayo	-78,57253	-6,598635	55	14,1	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Centro Base Cuyumalca	-78,61039	-6,580197	45	28,3	8,9	4	0	0	0	2,2	4	3
11	Centro Cañafisto	-78,611377	-6,571266	45	28,3	24,4	11	0	0	0	6,1	11	2
12	Chim Chim	-78,64766	-6,577186	40	57,4	32,5	23	4	0	0	19,4	27	13
13	Choctapata Rojas pampa	-78,61018	-6,546984	31	60,4	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Chororco	-78,68641	-6,554253	89	36,2	66,3	0	0	0	0	0	0	0
15	Chulit Alto	-78,67038	-6,492186	21	23,3	71,4	15	0	0	0	17,9	15	3
16	Chulit Bajo	-78,66078	-6,515880	75	32,4	70,7	38	0	0	0	22,7	53	13
17	Chuyabamba	-78,699994	-6,526969	41	22,8	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Chuyabamba Alto	-78,70851	-6,517995	21	35,6	81	17	0	0	0	0	17	4
19	Chuyabamba Bajo	-78,70997	-6,518706	24	34,1	87,5	21	0	0	0	21,9	21	4

20	Cochopampa	-78,64899	-6,553072	20	20,2	70	14	0	0	0	17,5	14	3
21	Colpa Alta	-78,63379	-6,546079	29	57,6	48,3	15	0	0	0	12,9	15	3
22	Colpa Huacariz	-78,64170	-6,541590	85	24,5	75,3	35	18	9	2	31,2	0	0
23	Colpa Matara	-78,635528	-6,548192	24	22,6	83,3	20	0	0	0	20,8	20	3
24	Colpamayo	-78,64878	-6,572096	19	39,2	42,1	5	3	0	0	14,5	8	12
25	Colpapampa	-78,63831	-6,529506	22	28,8	54,5	11	1	0	0	14,8	12	7
26	Colpatuapampa	-78,63406	-6,522507	75	49,0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	Conga Blanca	-78,64421	-6,57513	100	29,1	14	13	1	0	0	3,8	14	11
28	El Campamento	-78.66055	-6,51623	75	29,7	100	32	18	0	0	50	0	28
29	El Mirador	-78,59715	-6,554391	50	25,3	20	8	0	2	0	7	0	21
30	El Paraiso	-78,57874	-6,587927	36	26,1	36,1	9	4	0	0	11,8	13	13
31	Huascarcocha	-78,60005	-6,587347	79	32,2	39,2	31	0	0	0	9,8	31	3
32	Iraca Chica	-78,667802	-6,56211	99	31,7	16,2	32	2	0	0	9,1	34	11
33	Iraca grande	-78,67141	-6,57858	98	29,1	8,2	8	0	0	0	1	8	3
34	La Pauca	-78,64423	-6,519094	16	22,7	0	0	0	0	0	0	0	0
35	Llasavilca Alto	-78,69553	-6,501088	50	25,8	0	0	0	0	0	0	0	0
36	Llasavilca Bajo	-78,68943	-6,516402	91	38,4	20,9	19	0	0	0	5,2	19	7
37	Llasavilca Centro	-78,68768	-6,509722	50	35,6	64	27	4	1	0	19	32	16
38	Nuevo Colpa	-78,66645	-6,507264	44	16,5	6,8	3	0	0	0	1,7	3	5
39	Pacchapampa	-78,6297	-6,552899	29	27,1	0	0	0	0	0	0	0	0
40	Pampa grande	-78,70934	-6,47654	17	28,9	0	0	0	0	0	0	0	0
41	Pingobamba Bajo	-78,67387	-6,546415	26	28,8	38,5	10	0	0	0	9,6	10	3
42	Pingobamba Bedoya	-78,63243	-6,548406	60	22,0	76,7	9	22	14	1	41,3	46	23
43	Pueblo Nuevo	-78,6709	-6,610113	20	35,0	80	15	1	0	0	21,3	16	8
44	Puquio	-78,61009	-6,553854	18	29,0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	Rambran	-78,6473	-6,550573	36	26,8	5,6	2	0	0	0	1,4	2	3
46	Rambranpata	-78,61910	-6,539561	22	23,3	0	0	0	0	0	0	0	0
47	Rejopampa	-78,618401	-6,601182	20	20,9	0	0	0	0	0	0	0	0
48	Rojaspampa	-78,617072	-6,549368	34	66,5	38,2	13	0	0	0	9,6	13	1

49	San Francisco	-78,64633	-6,581442	50	17,7	100	50	0	0	0	25	50	7
50	Santa Rosa Alta	-78,63165	-6,555609	72	30,3	0	0	0	0	0	0	0	0
51	Sarabamba	-78,68596	-6,495271	28	23,0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	Shawindopampa	-78,66505	-6,58690	16	24,5	87,5	14	0	0	0	21,9	14	7
53	Shitapampa	-78,6385	-6,550375	20	35,5	100	19	1	0	0	26,3	20	8
54	Shotorco	-78,61856	-6,52777	22	36,2	81,8	11	7	0	0	28,4	18	12
55	Sivingan Alto	-78,67225	-6,502908	26	48,1	0	0	0	0	0	0	0	0
56	Sivingan Bajo	-78,67225	-6,502908	21	24,9	100	6	15	0	0	42,9	21	11
57	Toril Pingobamba	-78,67213	-6,551778	20	34,0	100	15	5	0	0	31,3	20	14
58	Uchuclachulit	-78,67758	-6,490079	21	25,5	47,6	10	0	0	0	11,9	10	5
59	Vista Alegre	-78,64694	-6,617479	24	21,0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	Yuracyacu	-78,65431	-6,60383	35	26,7	74,3	15	9	1	1	28,6	26	26

Figura 17

Evaluación del DAP de árboles de sauce



Figura 18

Asesor evaluando los árboles de sauce



Figura 19

*Evaluando la severidad de plantas de *P. nervosum**



Figura 20

*Alta severidad de *P. nervosum*
en el sector El Campamento*



Figura 21

Muestreo de plantas patógenas



Figura 22

Medición del CAP con forcípula



Figura 23

Medición del DAP en árboles de sauce

