

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA**

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

**ANÁLISIS TEMPORAL DE LA MARCHITEZ DE LA
TAYA (*Caesalpinia spinosa* L.)**

Autora:

Bach. Maria Aquelina Canlla Pilco

Asesor:

Ph.D. Pedro Javier Mansilla Córdova

Coasesor:

Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Se la dedico al forjador de mi camino, Dios, que me dio la vida, salud, fortaleza y sabiduría para lograr llegar a este momento tan anhelado de cumplir un sueño hecho realidad.

A mis padres, Jabier Canlla Labajos y Josefina Pilco Culqui, por brindarme sus consejos y apoyo incondicional en todo momento.

A mi hijo, Jairo Vásquez Canlla, por ser el motor y motivo para seguir adelante a pesar de las adversidades de la vida, fuiste mi motivación más grande para lograr terminar con éxito este proyecto de tesis.

A mis hermanas (Licet y Ayde), por estar en los buenos y malos momentos siempre apoyándome.

A mis familiares y amigos, por sus consejos y aportes que me brindaron todos los días para ser realidad este sueño.

Maria A, Canlla Pilco.

AGRADECIMIENTO

A Dios, que me dio la vida, la salud y por haberme acompañado en todo momento el trayecto de mi vida para cumplir este objetivo trazado.

Al "Proyecto de Mejoramiento y Ampliación de los Servicios del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica" 8682-PE, al "Banco Mundial", y al "FONDECYT/CONCYTEC", a través del cual se ejecutó el subproyecto "Implementación de técnicas de diagnóstico de enfermedades en Pitahaya (*Hylocereus* spp.), Tara (*Caesalpinia spinosa* (Mol.) Kuntze) y Azucena (*Lilium* spp.) como parte de la creación de la Clínica Fitopatológica en la región Amazonas", también conocido como "Clínica Fitopatológica" y que hizo posible el financiamiento de la tesis, así como el incentivo recibido durante 11 meses.

Al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), por el apoyo de todos los que la conforman, incluyendo a su director, el Doc. Segundo Manuel, Oliva Cruz, así como por la infraestructura que hizo posible la ejecución de este trabajo.

A los profesores de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, de la UNTRM, por su conocimiento brindado durante los años de estudio.

Al investigador principal y co-investigadora del proyecto clínica fitopatológica, de la región Amazonas. Mag. Aline Camila Caetano y al D.Sc. Pedro Javier Mansilla Córdova, por su apoyo incondicional como asesor de la presente investigación.

A los colegas, Edwin, Eisen, Erik, y Ruddy, por su apoyo y colaboración activa en el desarrollo del presente proyecto.

Finalmente, agradecer a las familias, Picón Gómez y Oclocho Cruz, dueños de los campos de producción y a toda la comunidad del distrito de Magdalena de la región Amazonas.

Maria A, Canlla Pilco

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI
Rector

Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN
Vicerrector Académico

Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN
Vicerrectora de Investigación

Dr. ERICK ALDO AUQUÍÑIVÍN SILVA
Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS

El Ph.D. **Mansilla Córdova, Pedro Javier**, investigador principal del proyecto “Implementación de técnicas de diagnóstico de enfermedades en Pitahaya (*Hylocereus* spp.), Tara (*Caesalpinia spinosa* (Mol.) Kuntze) y Azucena (*Lilium* spp.) como parte de la creación de la Clínica Fitopatológica en la región Amazonas” (CLÍNICA FITOPATOLÓGICA), financiado por el FONDECYT, CONCYTEC Y BANCO MUNDIAL. Hace constar que ha asesorado la tesis titulada; ANALISIS TEMPORAL DE LA MARCHITEZ DE LA TAYA, (*Caesalpinia Spinosa*. L), de la tesista Bach. CANLLA PILCO, Maria Aquelina, egresada de la carrera profesional de Ingeniería Agrónoma de la UNTRM.

El docente de la UNTRM que suscribe da su visto bueno para que la tesis mencionada sea presentada al jurado evaluador, manifestando su voluntad de apoyar al tesista en el levantamiento de observaciones y en el acto de sustentación de tesis.

Chachapoyas, 15 de febrero 2021.



Ph.D. Pedro Javier Mansilla Córdova

Docente FICA-UNTRM

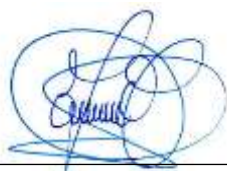
Asesor

VISTO BUENO DEL COASESOR DE LA TESIS

Ingeniero Dr. **OLIVA CRUZ, Segundo Manuel**, director del Instituto de Investigación para Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), hace constar que ha asesorado la tesis titulada: ANALISIS TEMPORAL DE LA MARCHITEZ DE LA TAYA, (*Caesalpinia Spinosa*. L) de la tesista Bach. CANLLA PILCO, Maria Aquelina, egresado de la carrera profesional de Ingeniería Agrónoma de la UNTRM.

El director del Instituto de Investigación para Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), que suscribe da su visto bueno para que la tesis mencionada sea presentada al jurado evaluador, manifestando su voluntad de apoyar al tesista en el levantamiento de observaciones y en el acto de sustentación de tesis.

Chachapoyas, 15 de febrero del 2021



Dr. Segundo Manuel OLIVA CRUZ

Coasesor

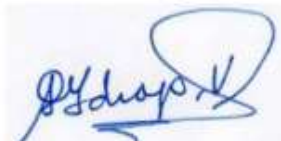
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



M.Sc. WALTER DANIEL SÁNCHEZ AGUILAR.
PRESIDENTE



Ph.D. LIGIA MAGALI GARCÍA ROSERO.
SECRETARIA



Ing. GUILLERMO IDROGO VÁSQUEZ
VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-0

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Análisis Temporal de la marchitez de la Taya (Caesalpinia Spínosa L.)

presentada por el estudiante () / egresado (X) María Aquelina Canlla Pilo de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma con correo electrónico institucional 0710262121@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 13 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 06 de Marzo del 2021


SECRETARIO


VOCAL


PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....
.....

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS	v
VISTO BUENO DEL COASESOR DE LA TESIS	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS	viii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS	ix
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
I INTRODUCCION	16
II MATERIALES Y METODOS	17
2.1. Lugar de estudio	17
2.2. Epidemiología de la marchitez de la taya en campo	18
2.2.1. Selección y delimitación de las parcelas	18
2.2.2. Evaluación en campo	19
2.2.3. Modelos matemáticos y curvas de progreso de la enfermedad	20
2.3. Prueba de patogenicidad	21
2.3.1. Producción de plántones	21
2.3.2. Preparación de medios de cultivo	21
2.3.3. Muestreo y aislamiento del patógeno	21
2.3.4. Inoculación en plantas de taya	22
2.3.5. Sintomatología	23

2.3.6.	Re-aislamiento e identificación del posible patógeno	23
2.4.	Análisis de datos	24
III	RESULTADOS	25
3.1.	Curva de progreso aparente de la marchitez de la taya	25
3.2.	Diagnóstico de la enfermedad	30
3.3.	Observaciones adicionales	32
IV	DISCUSIÓN	33
V	CONCLUSIONES	37
VI	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de las parcelas y plantas evaluadas.	19
Tabla 2. Ecuación diferencial (dy/dt), ecuación integrada y, y las formas linearizadas de las funciones de crecimiento utilizadas en las curvas de progreso de la enfermedad (Fuente: Campbell & Madden, 1990; Nutter, 1997).....	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de las parcelas donde se evaluó el progreso de la marchitez de la tara y la distancia entre ellas (obtenido de www.google.com/maps/).....	17
Figura 2. Incidencia de la marchitez de la tara en proporción durante el período de evaluación.....	25
Figura 3. Derivatización de los datos del progreso de la marchitez en tres parcelas de tara.	25
Figura 4. Incidencia de la marchitez de la tara en proporción durante el período de evaluación.....	26
Figura 5. Desvíos de los valores observados y estimados para cada modelo de la marchitez de la tara hasta el inicio de las lluvias	27
Figura 6. Incidencia de la marchitez de la tara descartando la defoliación natural por déficit hídrico.	28
Figura 8. Rebrote de plantas de tara, durante el mes de noviembre, de las parcelas 1, 2 y 3, respectivamente	29
Figura 9. Inicio de la floración de plantas de tara, durante el mes de diciembre, de las parcelas 1, 2 y 3, respectivamente.....	29
Figura 10. Datos meteorológicos del 2019 obtenidos de la estación meteorológica en Chachapoyas (www.senamhi.gob.pe).....	30
Figura 11. Planta con síntoma de marchitez de la parcela 1 que no se recuperó posterior al inicio de las lluvias y retirado por el propio propietario.	30
Figura 12. Plantas inoculadas y con síntoma de marchitez (A) en ambiente protegido, (B) Retiradas de las bolsas para evaluación y reaislamiento.....	31
Figura 13. Hongo inoculado y re-aislado de las plantas con síntomas de marchitez, (A) Colonia creciendo en placa de Petri con medio PDA, (B) Macroconidios y microconidios característicos de <i>Fusarium</i> sp.....	31

RESUMEN

Una parte significativa de la población de la región Amazonas se dedica a la recolección y comercialización de las vainas de la taya (*Caesalpinia espinosa* L.). Recientemente, muchos árboles comenzaron a presentar marchitez y muerte. Para poder implementar tácticas correctivas de forma racional es necesario entender la naturaleza de esta enfermedad. El objetivo de esta investigación fue evaluar el progreso temporal de la enfermedad y adicionalmente realizar un diagnóstico para confirmar la causa de la marchitez de la taya. Para ello, tres parcelas de taya fueron seleccionadas en el distrito de Magdalena. Los árboles de taya fueron evaluados cada 15 días entre junio de 2019 y marzo de 2020, registrando las que presentaban síntomas marchitez. Paralelamente, las raíces de las plantas enfermas del campo fueron recolectadas y se realizó un ensayo de patogenicidad. Los resultados del análisis del progreso de la enfermedad utilizando los modelos matemáticos más comúnmente usados en las epidemias en plantas, mostraron algunas inconsistencias al ser adaptados a los modelos exponencial, monomolecular, logístico y de Gompertz. Quedó evidente que las plantas de taya presentan defoliación natural durante el período sin lluvias, que se confunde con las plantas enfermas. El análisis que consideró sólo las plantas que murieron mostró una tasa de progreso aparente de 0.0007 y 0.0008 pudiendo tratarse de una enfermedad monocíclica. A nivel de laboratorio, se aisló un microorganismo con capacidad de causar marchitez, con características del género *Fusarium*. Es posible que este microorganismo sea la causa de la marchitez.

Palabras clave: Marchitez, modelo de progresión, diagnóstico, microscopía, inoculación

ABSTRACT

A significant part of the population of the Amazon region is dedicated to the collection and commercialization of the pods of the taya (*Caesalpinia espinosa* L.). Recently, many trees began to wilt and die. In order to rationally implement corrective tactics, it is necessary to understand the nature of this disease. The objective of this research was to evaluate the temporal progress of the disease and additionally make a diagnosis to confirm the cause of the wilt of the crab. For this, three plots of taya were selected in the Magdalena district. The taya trees were evaluated every 15 days between June 2019 and March 2020, registering those that showed wilting symptoms. In parallel, the roots of diseased plants from the field were collected and a pathogenicity test was carried out. The results of the analysis of the progress of the disease using the mathematical models most commonly used in plant epidemics showed some inconsistencies when adapted to the exponential, monomolecular, logistic and Gompertz models. It was evident that the taya plants show natural defoliation during the period without rain, which is confused with the diseased plants. The analysis that considered only the plants that died showed an apparent rate of progress of 0.0007 and 0.0008, which could be a monocyclic disease. At the laboratory level, a microorganism with the ability to cause wilting, with characteristics of the genus *Fusarium*, was isolated. This microorganism may be the cause of the wilt.

Keywords: Wilt, progression model, diagnosis, microscopy, inoculation

I INTRODUCCION

La taya (o tara, dependiendo de la región) es una leguminosa arbórea considerada rústica, nativa de la región andina y distribuida en toda Latinoamérica. Las vainas son la materia prima utilizada para la obtención de taninos y otros compuestos de valor alimenticio, textil, cosmético y farmacéutico (Duke, 1981). El país produce aproximadamente 50 mil t anuales y es el mayor exportador mundial, con un valor de 40 mil dólares durante el año 2018 (Andina, 2020). Aunque la producción de la región Amazonas representa el 3% del total, el cultivo de la taya ha comenzado a ser incentivado a nivel nacional, habiendo sido declarada de interés nacional en el Decreto Supremo N° 012-2014-MINAGRI.

La taya es un cultivo tolerante a diversos factores bióticos y abióticos. Existen muy pocos reportes de enfermedades y plagas que afectan a la taya, la mayoría consideradas secundarias (Duke, 1981). Sin embargo, desde el 2018 ha comenzado a llamar la atención de los agricultores una marchitez sistémica de las plantas en las provincias de Tingo y Magdalena del Departamento de Amazonas. Ya en ese año, fue realizada una investigación que incluyó el diagnóstico de la posible enfermedad que dio indicios del posible involucramiento de *Fusarium* sp. como agente causal de la enfermedad (Chuquimbalqui-Chichipe, 2019), corroborando dos reportes, uno de Cochabamba, en Bolivia, y el otro de Ayacucho, donde encontraron asociación de la marchitez de la taya y *Fusarium* sp. (Coca-Morante, 2018; Pérez & García-Godos, 2019).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el progreso aparente del síndrome de la marchitez de la taya y realizar el diagnóstico de la enfermedad.

II MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de estudio

El estudio del progreso temporal de la marchitez de la taya se realizó en el anexo Señor de Los Milagros del distrito de Magdalena, que es uno de los veintiún distritos de la Provincia de Chachapoyas, ubicado en el Departamento de Amazonas. Magdalena se encuentra a una altitud de 1980 m.s.n.m. y posee aproximadamente 852 habitantes, con una densidad poblacional de 6.29 hab/km². Al no contar la región con una estación meteorológica, se obtuvieron los datos de la estación meteorológica situada en el distrito de Chachapoyas, que se encuentra a 2442 m.s.n.m. y a una distancia 49.5 km en automóvil y 20 km en línea recta.

Entre varias plantaciones establecidas de taya, se seleccionaron 3 parcelas de dos diferentes propietarios, en las faldas de la montaña y cerca al río Utcubamba (Figura 1). Las coordenadas de las parcelas son, 6°23'11.4"S 77°53'52.2"W, 6°23'14.9"S 77°53'51.6"W y 6°23'38.9"S 77°53'47.5"W, respectivamente.

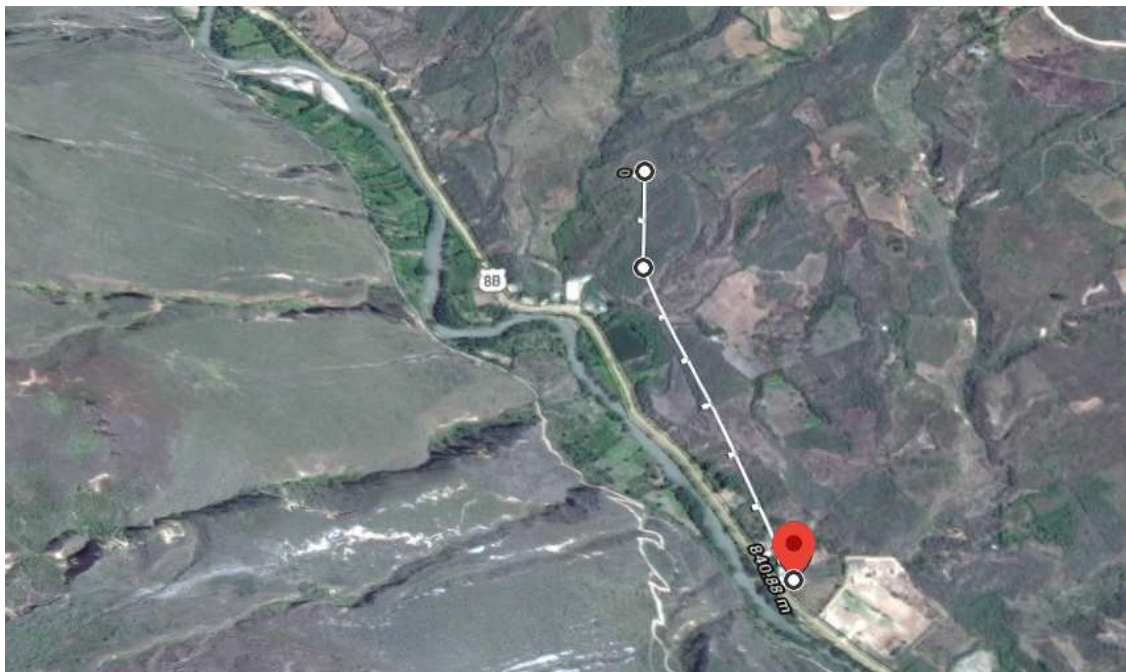


Figura 1. Localización de las parcelas donde se evaluó el progreso de la marchitez de la tara y la distancia entre ellas (obtenido de www.google.com/maps/).

En esta región, la taya constituye una fuente de renta importante para la población. El producto, constituido esencialmente por las vainas y sus semillas, son vendidas a intermediarios que recolectan toda la producción. Los productores generalmente no abonan, fertilizan, ni riegan las plantas, por lo que no constituye una producción intensiva. Las parcelas evaluadas presentaban un distanciamiento de siembra variable entre 3 x 4 m a 4 x 4 m.

El trabajo de diagnóstico fue realizado en la Clínica de Diagnóstico de Enfermedades de Plantas, ubicada en el Laboratorio de Fitopatología y Entomología del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la UNTRM-A.

2.2. Epidemiología de la marchitez de la taya en campo

2.2.1. Selección y delimitación de las parcelas

Después de explorar la región a pie, específicamente en los distritos de Magdalena y Tingo, se localizaron tres parcelas con las características deseadas para el estudio epidemiológico. Los criterios de selección fueron los siguientes:

- Tamaño uniforme de las plantas.
- Ausencia de plantas con síntomas de marchitez dentro de la parcela y cercanía de la parcela a plantas con síntomas de marchitez o, en su defecto, baja incidencia de plantas con síntomas dentro del área.
- Parcelas con pendientes contrastantes: planas e inclinadas.
- Distancia razonable entre parcelas, de forma que puedan visitarse todas durante el mismo día de evaluación.
- Cercanía a la carretera.
- Disposición del productor para colaborar.

El propósito fue evaluar el progreso de la enfermedad y, por lo tanto, se buscó delimitar parcelas cercanas a la fuente de inóculo (otras plantas enfermas), pero que, al mismo tiempo, estas no constituyesen parte importante del área a evaluar, para poder obtener una estimación razonable del progreso de la enfermedad.

Las plantas y las parcelas presentaban las características presentadas en la tabla 1.

Tabla 1. Características de las parcelas y plantas evaluadas.

Par- cela	Orientación¹	Distanciamiento entre plantas	Área (m²)	Pen- diente	Altura de plantas	DAP (cm)	Edad (años)
1	Este – Oeste	2.4 x 3.3 m	1140	20%	2–3 m	20–30	13
2	Este – Oeste	2.4 x 3.0 m	690	25%	1.5–2.5 m	15–25	10
3	Norte – Sur	3.0 x 2.5 m	1148	5%	3–4 m	25–35	8

¹ Con respecto a las hileras formadas por la mayor separación entre plantas. DAP: Diámetro a la altura del pecho.

La edad de las plantas fue obtenida de los propios propietarios de las parcelas. De acuerdo con ellos, los plantones fueron obtenidos de un vivero en la zona mantenido por una asociación de productores de taya. El cuidado de las plantaciones consiste esencialmente en el control de malezas, cuando ellos consideran que lo requiere. La práctica es realizada con machete o motoguadaña, cuando tienen disponible el equipo.

Las plantas con síntomas de marchitez fueron identificadas marcando su corteza con pintura esmalte para reconocerlas más fácilmente en cada evaluación.

2.2.2. Evaluación en campo

Cada una de las tres parcelas fue evaluada cada 14 días. A partir del décimo mes de evaluación, los registros se realizaron cada 28 días, hasta completar las 15 evaluaciones en un período de 10 meses. El registro se realizó anotando la localización de las plantas con síntomas de marchitez, desde la falta de hojas en los extremos de las ramas hasta grados severos de defoliación. Las visitas al campo tuvieron que detenerse cuando comenzó la pandemia por Covid-19 en el mes de marzo de 2020, debido a restricciones en el tránsito.

Incidencia

La incidencia se determinó por el porcentaje de plantas con síntomas de la enfermedad en relación total de las plantas evaluadas. La identificación de las plantas enfermas se

realizó de manera visual, considerando la defoliación como un posible síntoma de la enfermedad. La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$\% \text{incidencia} = \frac{\text{número de plantas enfermas} \cdot 100}{\text{total de plantas}}$$

2.2.3. Modelos matemáticos y curvas de progreso de la enfermedad

Progreso aparente de la enfermedad

Los datos de la incidencia sirvieron para poder obtener la curva de progreso de la enfermedad. Los datos originales generalmente no se presentan como curvas al graficarlos. Estos son ajustados a modelos matemáticos para poder proceder con los cálculos de parámetros como tasa de progreso de la enfermedad, inóculo inicial e inóculo final. Para reconocer cual modelo explica mejor el progreso de la enfermedad, índices como el coeficiente de determinación y la dispersión de los residuos son considerados, además de otros criterios como la forma de la derivada de la enfermedad con respecto al tiempo. En la tabla 2 se presenta un resumen de los modelos más utilizados en sanidad vegetal.

Tabla 2. Ecuación diferencial (dy/dt), ecuación integrada y, y las formas linearizadas de las funciones de crecimiento utilizadas en las curvas de progreso de la enfermedad (Fuente: Campbell & Madden, 1990; Nutter, 1997).

Función		Ecuación
Exponential	dy/dt	$r_E y$
	y	$y_0 \exp(r_E t)$
	Linear	$\ln(y) = \ln(y_0) + r_E t$
Monomolecular	dy/dt	$r_M(1-y)$
	y	$1 - [(1-y_0)\exp(-r_M t)]$
	Linear	$\ln[1/(1-y)] = \ln[1/(1-y_0)] + r_M t$
Logistic	dy/dt	$r_L y(1-y)$
	y	$1/[1 + \exp(-(\ln[y_0/(1-y_0)] + r_L t))]$
	Linear	$\ln[y/(1-y)] = \ln[y_0/(1-y_0)] + r_L t$

Gompertz	dy/dt	$r_G y[-\ln(y)]$
	y	$\exp[\ln(y_0)\exp(-r_G t)]$
	Linear	$-\ln[-\ln(y)] = -\ln[-\ln(y_0)] + r_G t$
Linear	dy/dt	$dy/dt = r_l$
	y	$y = b_0 + r_l t$
	Linear	$y = b_0 + r_l t$

y es la incidencia de la enfermedad o del patógeno; t el tiempo; *r* la tasa de infección; l representa la cantidad máxima de la enfermedad, en ese caso sería 100%. El subíndice de r, E, M, L o G, representan la tasa de progreso específico de cada modelo.

2.3. Prueba de patogenicidad

2.3.1. Producción de plantones

Cien plantones de taya, fueron obtenidos a partir de semillas colectadas de árboles de taya sin síntomas aparentes de la enfermedad, de la misma región de evaluación. Las semillas fueron escarificadas cortándolas ligeramente con un cortaúñas y sumergidas en agua caliente durante 48 horas. Seguidamente, fueron sembradas en bolsas de 4 × 8 pulgadas y mantenidas en ambiente protegido, consistente en una estructura cubierta con malla Rachel.

2.3.2. Preparación de medios de cultivo

Los medios de cultivo utilizados fueron el de papa-dextrosa-agar (PDA) y el agar-agua (AA). El primero se preparó disolviendo en agua destilada 39 g del producto comercial que contiene extracto de papa y dextrosa. El AA se preparó disolviendo 20 g de agar para microbiología. Ambos para un volumen total de 1000 ml. Los medios fueron autoclavados durante 15 minutos a 121°C y vertidos en placas de 90 mm de diámetro (Alfenas & Mafia, 2016).

2.3.3. Muestreo y aislamiento del patógeno

El muestreo se realizó extrayendo tejido radicular de plantas enfermas, esencialmente raíces secundarias, tanto de plantas jóvenes como adultas. Fue utilizado un machete

limpio y las muestras fueron colocadas en bolsas plásticas y trasladadas al laboratorio. Suponiendo que la causa de la enfermedad podría ser un microorganismo cultivable, se procedió con el aislamiento indirecto estándar de acuerdo con la metodología recomendada por Alfenas & Mafia (2016). Para eso, se lavaron las muestras recolectadas con agua corriente para desprender la tierra. Después de quitar el exceso de humedad con papel toalla, se flameó el material con ayuda de un mechero y, seguidamente, se extrajo tejido interno de las raíces con ayuda de un bisturí, buscando que estos coincidan con áreas entre el tejido aparentemente sano y enfermo. Los fragmentos fueron desinfectados en alcohol al 70% durante un periodo de 30 a 60 segundos. Luego se traspasó a una solución de hipoclorito de sodio comercial, diluido a una concentración de 0.4%, por un periodo de 1 a 2 minutos. Los fragmentos fueron colocados sobre papel toalla estéril para retirar el exceso de humedad. Tres fragmentos por placa, como máximo, fueron sembrados en medio AA de forma equidistante con ayuda de una pinza. Las placas selladas con filme de PVC (policloruro de vinilo), rotuladas con marcador indeleble para su correcta identificación, fueron incubadas a 25 °C durante 2 a 3 días y el micelio que eventualmente creció fue repicado a otras placas conteniendo medio de cultivo PDA. El cultivo puro obtenido fue mantenido mediante repicajes periódicos de micelio, del borde de la colonia, a otras placas de Petri conteniendo medio de cultivo PDA. Esto fue realizado en una cámara de flujo laminar.

Adicionalmente se colectaron algunos basidiocarpos que suelen formarse en el cuello de los árboles y que a primera vista llevan a pensar en su involucramiento con el síndrome del marchitamiento de la taya. El procedimiento de aislamiento fue semejante al descrito en el párrafo anterior.

2.3.4. Inoculación en plantas de taya

Las pruebas de patogenicidad fueron realizadas con plantones de dos a más meses de edad. El sustrato de las plantas fue cambiado por otro del mismo tipo, pero sometido a esterilización por autoclavado para facilitar la exposición de las plantas al posible patógeno. Las condiciones de autoclavado fueron 121°C durante 1 h y el procedimiento fue repetido 24 h después. El sustrato fue utilizado solamente cuando habían pasado, por lo menos, 7 días después de su esterilización. La inoculación fue realizada siempre en 3 plantones, de acuerdo con la metodología descrita por Alfenas & Mafia (2016),

incluyendo un testigo. Dos tipos de inoculación fueron ejecutados. La primera consistió en el vertido del inóculo, consistente en micelio y conidios de las colonias puras, directamente en el nuevo substrato de la planta, retirando previamente las capas más superficiales y cubriendo el inóculo con el mismo substrato. El segundo método consistió en lavar las raíces de las plantas en agua corriente y sumergirlas una solución de agua corriente mezclada con el inóculo (figura 3 del anexo). Después de períodos variables de tiempo, entre 5 y 20 minutos, las plantas fueron replantadas en un substrato nuevo de suelo autoclavado. Estos ensayos fueron realizados repetidamente.

2.3.5. Sintomatología

Los plantones fueron mantenidos durante el tiempo que fuese necesario para observar síntomas que pudiesen sugerir la infección por algún agente biótico, el que se esperaba que consistiese principalmente en pérdida de clorofila, detención del crecimiento, defoliación y marchitez.

2.3.6. Re-aislamiento e identificación del posible patógeno

Cuando las plantas inoculadas presentaron síntomas, se procedió con el re-aislamiento de estos en placas de Petri conteniendo medio de cultivo AA, seguido del repicaje de las colonias para placas de Petri conteniendo medio de cultivo PDA. La apariencia de los cultivos puros fue comparada con la que se observó en los cultivos puros utilizados como inóculo. Además, se prepararon láminas temporales para la observación del microorganismo en microscopio de luz. Para eso, una alícuota de agua destilada, ácido láctico o azul de metileno, fue depositada sobre la lámina portaobjeto. El micelio del cultivo puro de 8 días de edad fue depositado sobre el líquido y, seguidamente, se cubrió con una lámina cubre objeto. La visualización en el microscopio, así como el resto de los procedimientos fue realizada según Alfenas & Mafia (2016). Para poder identificar el microorganismo, se hicieron comparaciones de las imágenes, con las representaciones gráficas y descripciones del manual de Barnett & Hunter (1998).

Adicionalmente, se realizaron microcultivos, según la metodología descrita por Alfenas & Mafia (2016), con modificaciones. La técnica del microcultivo consistió en colocar un fragmento de 1 cm² del medio de cultivo de PDA (Agar Papa Dextrosa) colocados sobre una lámina portaobjeto dentro de una placa Petri colocados en la parte inferior agua y

seguidamente con ayuda de un estilete bien flameado y esterilizado completamente se procedió a llevar el inóculo en la punta del estilete colocando en los costados del fragmento de PDA, y se procedió a tapar de manera segura. Se esperó 10 días para poder observar en microscopio.

Para la inoculación de plantas de taya se utilizaron plántones de dos meses de edad en buenas condiciones y se esperó 45 días para observar síntomas del posible agente causal.

2.4. Análisis de datos

Los datos del progreso de la enfermedad fueron procesados utilizando el programa Excel y el complemento de análisis de regresión. Los análisis se realizaron considerando todas las plantas con síntomas de marchitez y de acuerdo con la metodología descrita por Bergamin-Filho & Amorin (1996) y Campbell & Madden (1990) y resumida a continuación.

Los datos fueron ordenados y la proporción de plantas enfermas, y un gráfico inicial con los datos observados fue obtenido. La derivada de la proporción de incidencia fue obtenida y graficada para obtener el padrón de progreso y tener una segunda evidencia del modelo más apropiado. El valor del monito, logito y gompito de los valores observados fue obtenido. Ellos corresponden al primer miembro de las ecuaciones linealizadas de la tabla 2. Valores como la fuente de inóculo inicial calculada (punto de intercepción con las ordenadas), la tasa de progreso y el coeficiente de determinación fue obtenido con el análisis de regresión. Esto permitió obtener los valores estimados de los modelos matemáticos (tabla 2). El monito, logito y gompito estimados fueron obtenidos de los datos anteriores y, finalmente, se obtuvieron los residuos, es decir, la diferencia entre los valores estimados y observados del monito, logito y gompito los cuales representan un cuarto factor que permite determinar la adecuación de un modelo matemático a la epidemia analizada.

III RESULTADOS

3.1. Curva de progreso aparente de la marchitez de la taya

Durante el periodo de evaluación se observaron síntomas de amarillamiento, defoliación generalizada y en algunos casos muerte total de la planta. La incidencia de la marchitez se confunde con la defoliación natural de las plantas durante el período sin lluvias, aunque las plantas presentan grados variados de marchitez. La marchitez de las plantas progresó hasta ser prácticamente absoluta en dos de las tres parcelas evaluadas (figura 6).

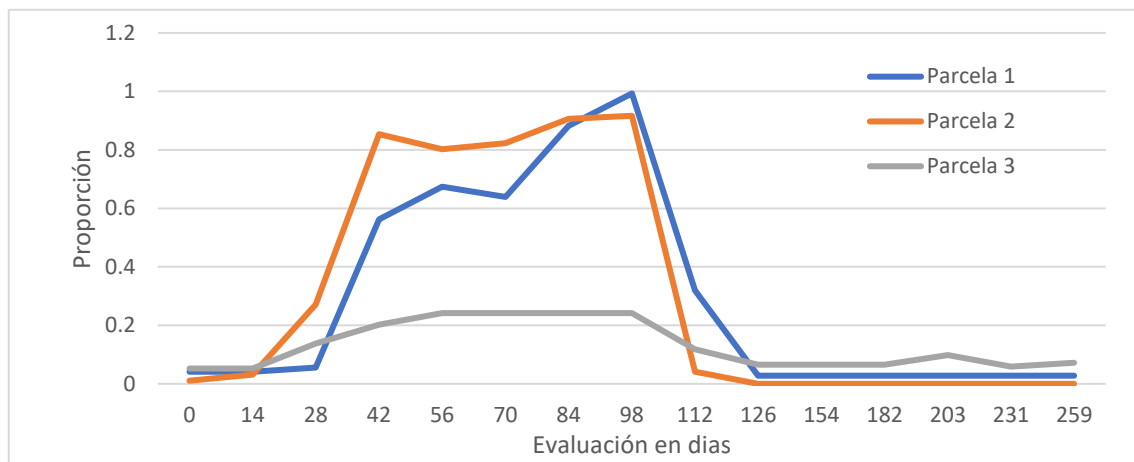


Figura 2. Incidencia de la marchitez de la taya en proporción durante el período de evaluación.

La derivada de los datos fue graficada, como parte del procedimiento básico del análisis del progreso (Figura 7).

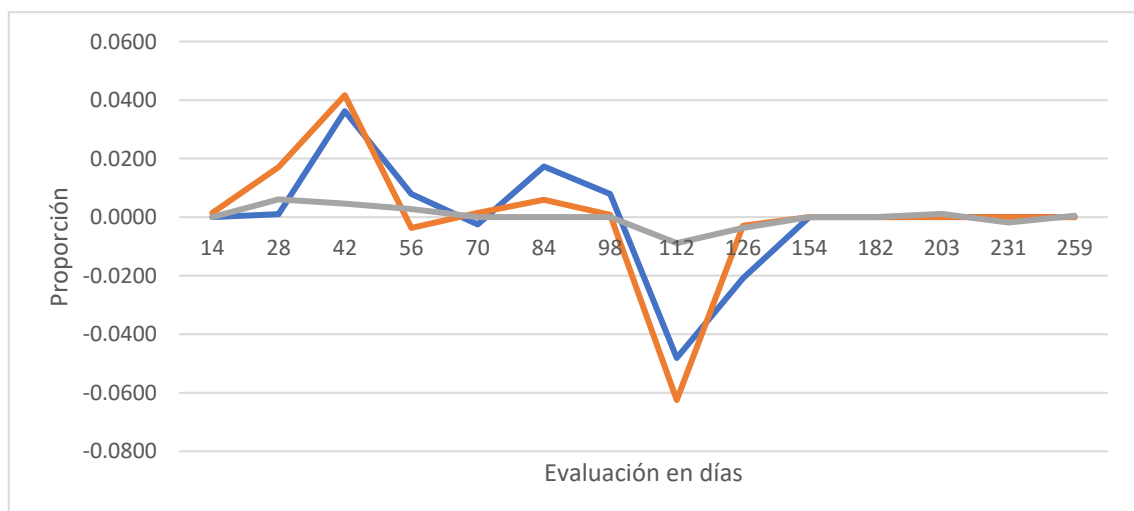


Figura 3. Derivatización de los datos del progreso de la marchitez en tres parcelas de taya.

El octavo punto de la figura 2 corresponde a la novena evaluación. Es evidente una caída en la marchitez a partir de ese momento. Esto coincidió con el inicio de las lluvias. De manera general, la derivada no mostró el padrón que caracteriza los modelos evaluados. Los residuos de los valores observados y calculados (linearizados) presentaron una desviación anormal y el coeficiente de determinación para los diferentes modelos fue inferior a 0.25 (datos no mostrados). Por ello, se procedió a realizar un análisis considerando apenas las evaluaciones hasta el momento anterior a la recuperación y rebrote de las plantas, poco después del inicio de las lluvias. Los valores estimados para cada uno de los modelos presentaron las curvas típicas, con excepción de la parcela 3 (figura 8).

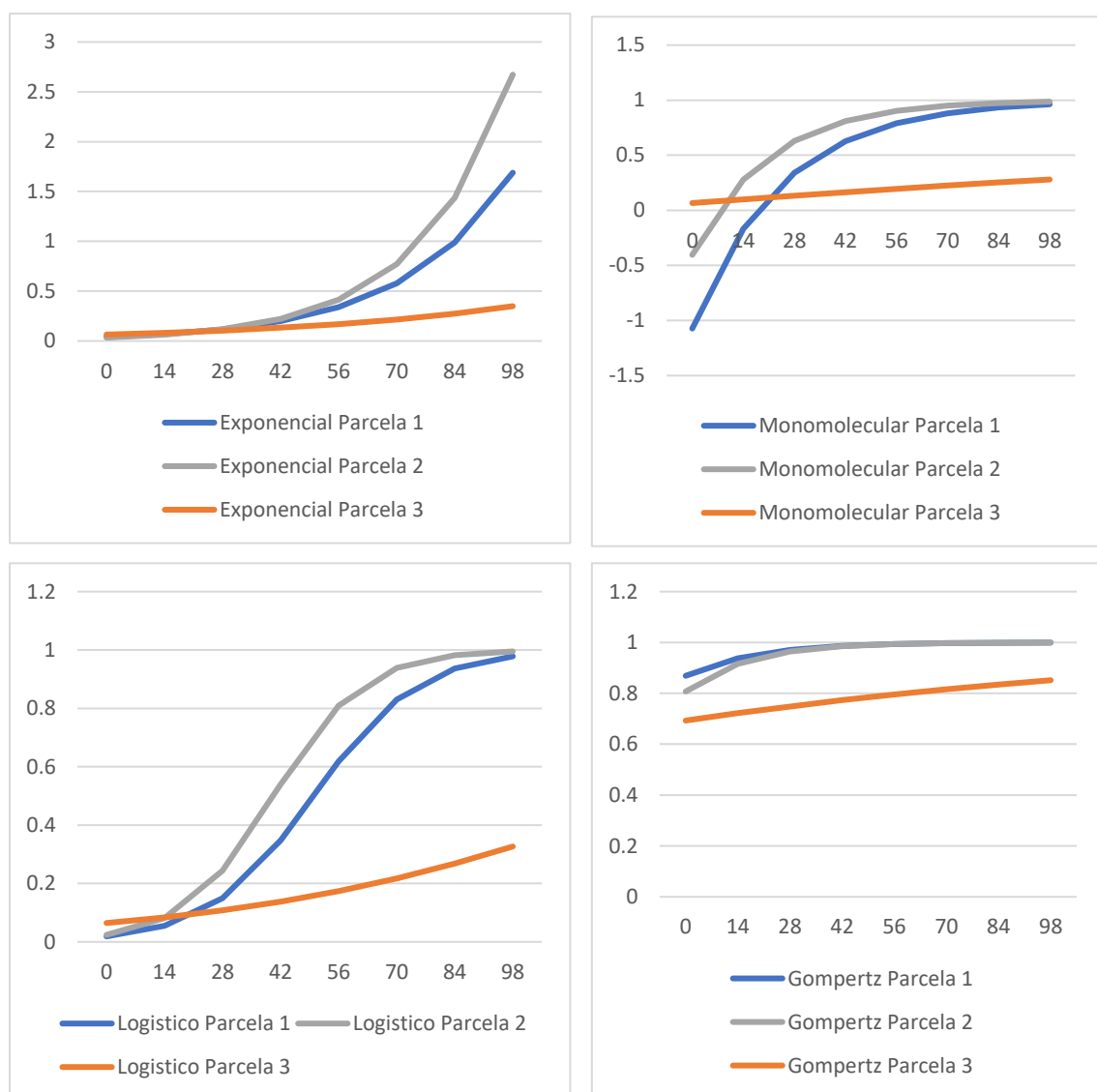


Figura 4. Incidencia de la marchitez de la taya en proporción durante el período de evaluación.

Teniendo en cuenta el coeficiente de determinación (R^2), el modelo logístico, Gompertz y monomolecular fueron los que mejor se ajustaron y explican mejor la marchitez en las parcelas 1, 2 y 3, respectivamente. Sin embargo, los residuos encontrados en la parcela 1 y 2, muestran poca diferencia entre todos los modelos, con excepción del modelo de Gompertz que se aleja mucho de la neutralidad. Al observar los residuos en la parcela 3 se confirma que el modelo monomolecular es el que menos desvíos presenta.

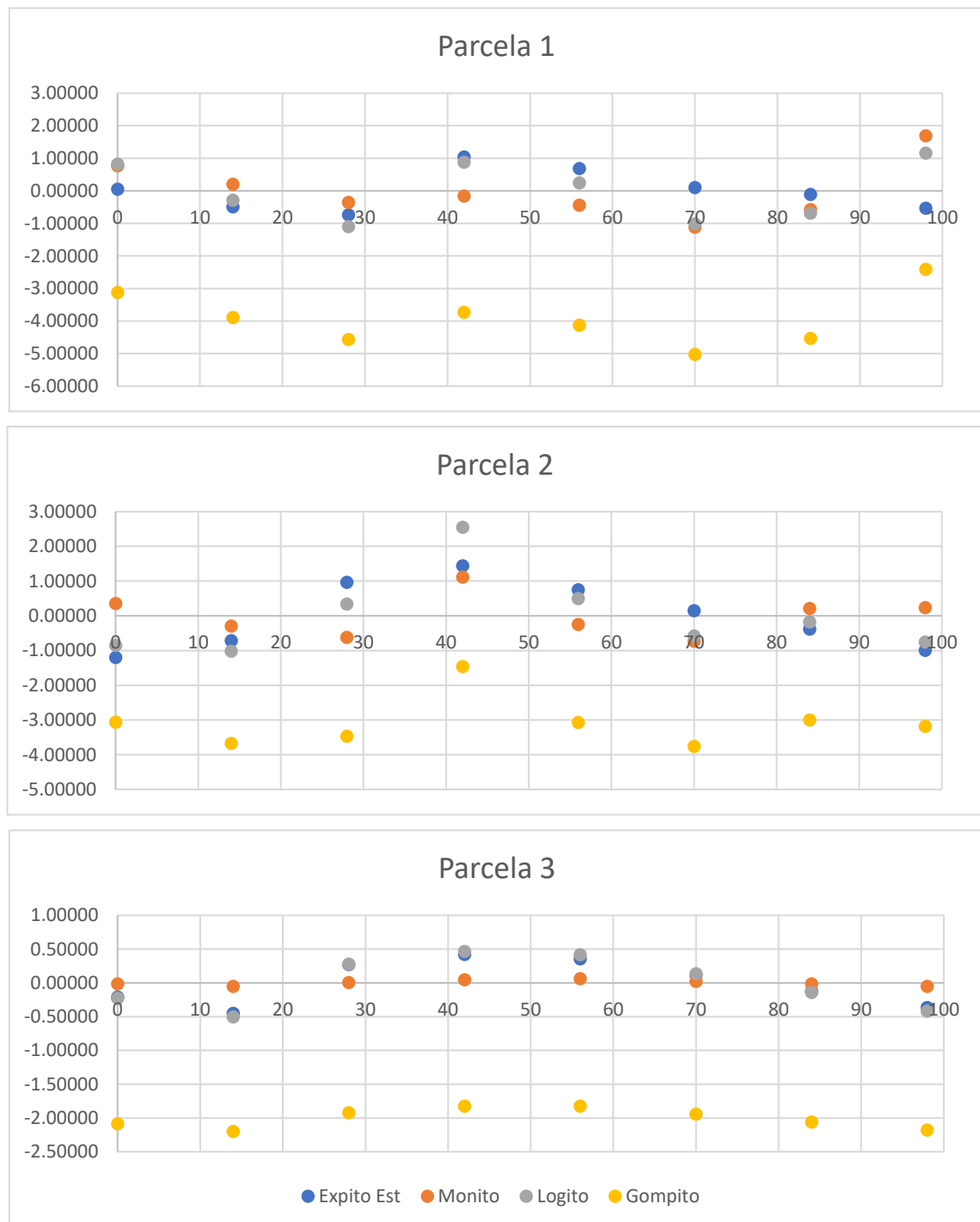


Figura 5. Desvíos de los valores observados y estimados para cada modelo de la marchitez de la taya hasta el inicio de las lluvias.

Al inicio de las evaluaciones, la parcela 1, 2 y 3 presentaban 2, 0 y 7 árboles completamente marchitos. Considerando como enfermas las plantas con severidad alta y que no se recuperaron al inicio de las lluvias, se tiene que, en algún momento, durante el período sin lluvias ocurrió un aumento en la incidencia de plantas verdaderamente enfermas y el resto de las plantas, apenas pasó por una defoliación natural causada por el déficit hídrico (figura 10). Esto con excepción de la parcela 2, donde no se observaron plantas con marchitez posterior al período de lluvias.

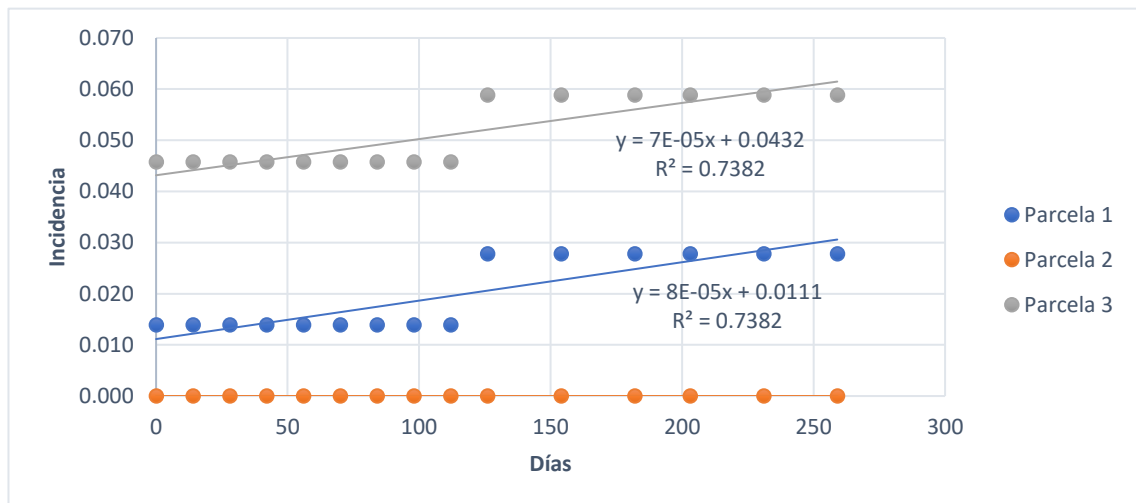


Figura 6. Incidencia de la marchitez de la taya descartando la defoliación natural por déficit hídrico.

En este caso, la adecuación de un modelo matemático no genera un mayor entendimiento de la dinámica de la enfermedad. La ecuación de regresión presenta la forma $y=8E-5x + 0.0111$, en el caso de la parcela 1, donde y representa la enfermedad en un momento dado, x el momento en cuestión, el valor que multiplica (0.00008) es la tasa de progreso de la enfermedad y 0.0111 representa el aparente inóculo inicial, considerando el día 0 (inicio de las evaluaciones) como el inicio de la enfermedad. La regresión lineal de la incidencia en la parcela 1 y 2 muestra una tasa de progreso de la enfermedad de 8×10^{-5} y 7×10^{-5} , respectivamente. El coeficiente de determinación de la regresión lineal fue de 0.74 , el cual no es un valor muy alto, considerando que coeficientes más próximos a 1 indican ajuste mayor. Esto es esperado, considerando el aumento brusco de la incidencia, la velocidad que presenta esta enfermedad y el relativamente corto período evaluado.

A continuación, se presenta un registro fotográfico de la situación de las parcelas en la transición entre el período no lluvioso y el período lluvioso (figura 11, 12 y 13).



Figura 7. Defoliación de plantas de taya, durante el mes de octubre, de las parcelas 1, 2 y 3, respectivamente.



Figura 8. Rebrote de plantas de taya, durante el mes de noviembre, de las parcelas 1, 2 y 3, respectivamente.



Figura 9. Inicio de la floración de plantas de taya, durante el mes de diciembre, de las parcelas 1, 2 y 3, respectivamente.

En la figura 14 se verifica que durante los meses de noviembre y diciembre la precipitación es superior a los 70 mm. Durante el mes de octubre la precipitación es incluso ligeramente superior, pero es previsible que tome un tiempo para que las plantas con defoliación natural (fisiológica) respondan al acceso de agua.

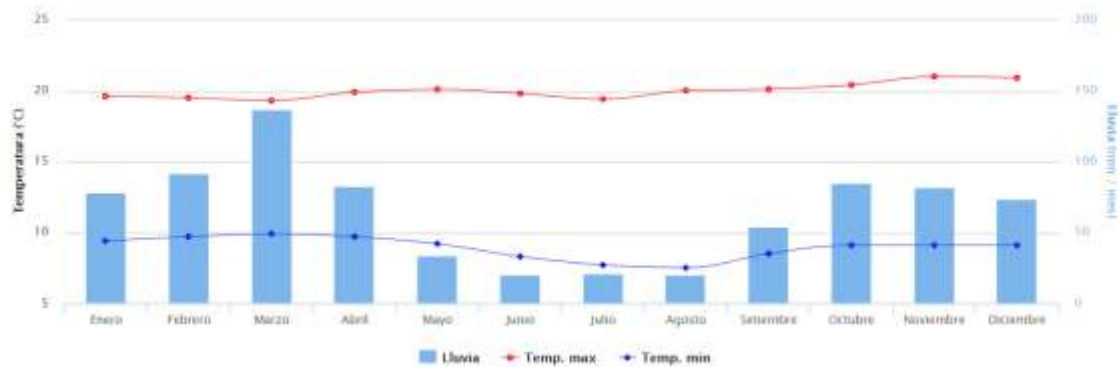


Figura 10. Datos meteorológicos del 2019 obtenidos de la estación meteorológica en Chachapoyas (www.senamhi.gob.pe).

3.2. Diagnóstico de la enfermedad

Durante las evaluaciones en campo se aprovechó para realizar el muestreo de raíces de algunas plantas afectadas por la marchitez. Generalmente se encontraron plantas con raíces aparentemente necrosadas, como el de la figura 15.

Los síntomas que aparecieron en los plantones fueron semejantes a los ya reportados por Coca-Morante (2018), como amarillamiento y enrojecimiento de las hojas, defoliación junto con un menor crecimiento de las plantas en comparación con las plantas no inoculadas y muerte.



Figura 11. Planta con síntoma de marchitez de la parcela 1 que no se recuperó posterior al inicio de las lluvias y retirado por el propio propietario.



Figura 12. Plantas inoculadas y con síntoma de marchitez (A) en ambiente protegido, (B) Retiradas de las bolsas para evaluación y reaislamiento.

El microorganismo inoculado en esas plantas fue un hongo que presenta un color blanco algodonoso y un color púrpura en la parte central de la base de la placa. Bajo el microscopio, los montajes presentaban macroconidios de dos a tres celdas, ligeramente curvados en forma de canoa y conidióforos. También fue posible observar células menores, probablemente microconidios (figura 17).

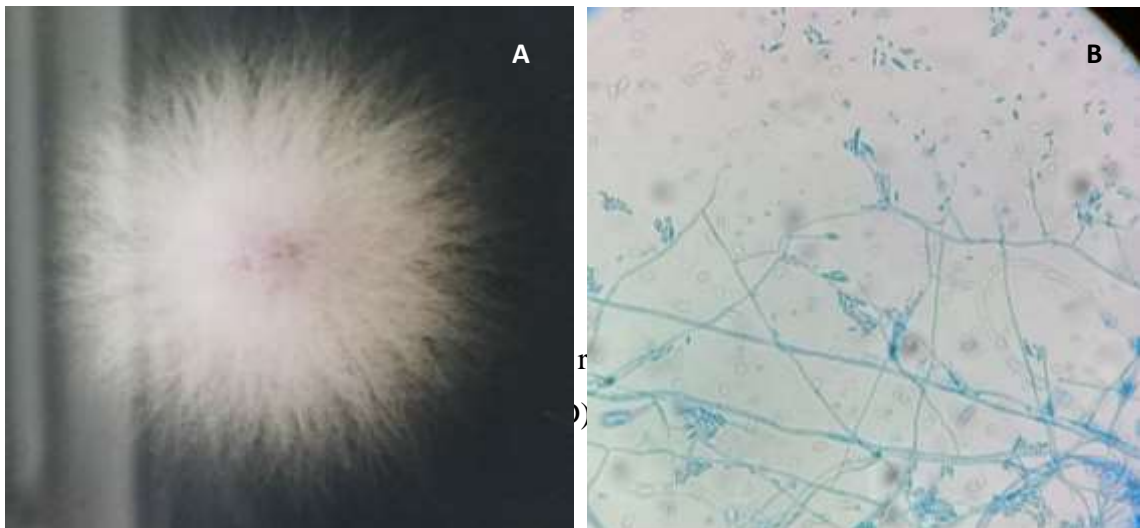


Figura 13. Hongo inoculado y re-aislado de las plantas con síntomas de marchitez, (A) Colonia creciendo en placa de Petri con medio PDA, (B) Macroconidios y microconidios característicos de *Fusarium* sp.

Toda las características observadas, corresponde de manera similar con la descripción de *Fusarium*, encontrada en Barnett & Hunter (1998)

3.3. Observaciones adicionales

A partir del mes de diciembre de 2019, cuando comenzó la floración de los árboles, comenzaron a aparecer coleópteros conocidos en la zona como úricos, los cuales se alimentaban de las flores (Figura 1 en anexo). Aproximadamente, un tercio de las flores fueron afectadas por estos insectos, cuya población aumentó considerablemente. Aunque son considerados una amenaza por los productores, se desconoce el impacto que pueda tener este insecto en la producción.

IV DISCUSIÓN

La ciencia, entre otros aspectos, estudia los padrones. En el caso de la epidemiología, se enfoca en los padrones temporales y espaciales. Hay un interés en el todo, más que en las partes. Por lo tanto, en el presente trabajo de tesis, se ha abordado un problema desde dos enfoques, aquel que se importa con el todo, más que en las partes, y aquel de la fitopatología, cuyo interés primario es el individuo.

Cuando las enfermedades tienen causa desconocida o es difícil determinar su causa, la epidemiología se presenta como una alternativa para discernir su naturaleza biótica o abiótica, que es el primer paso en cualquier diagnóstico de enfermedades de plantas (Bergamin-Filho & Amorin, 1996). Por ejemplo, en el caso del amarillamiento fatal de la palma aceitera se ha intentado entender su etiología analizando los registros de plantas sintomáticas a lo largo de dos años. Aunque el propio autor de ese trabajo afirma que el análisis temporal por sí sólo no confirma si el origen de la enfermedad es biótico o abiótico, también indica, con propiedad, que cuando estos análisis se basan en datos confiables y colectados durante un buen período de tiempo, sí pueden dar indicios de la causa. De ser así, el estudio puede permitir definir las mejores estrategias de control (Bergamin Filho et al., 1998). La idea general es que, si el progreso de la enfermedad se ajusta al modelo exponencial, logístico, monomolecular o de Gompertz, la enfermedad sería muy probablemente biótica, y abiótica si no se ajusta a ninguno de ellos.

En el presente trabajo, al inicio de las evaluaciones, la parcela 1, 2 y 3 presentaban 2, 0 y 7 árboles completamente defoliados. El procedimiento de ajuste de todos los datos de acuerdo con los modelos exponencial, monomolecular, logístico y de Gompertz se presentó difícil debido a la inclusión de las evaluaciones posterior al inicio de las lluvias. El coeficiente de determinación (R^2) no es suficiente para determinar que un modelo explica una epidemia. Los residuos del error deben ser considerados en el análisis de regresión. Por ejemplo, (Bergamin Filho et al., 1998) encontraron que el progreso temporal del amarelecimiento fatal se ajusta bien a los modelos comúnmente utilizados en epidemias de plantas, pero sus residuos son inaceptables. Un nuevo análisis de la marchitez de la taya fue realizado considerando solamente las primeras 8 evaluaciones. Aunque se encontraron resultados más satisfactorios y los análisis de regresión de los

modelos utilizados mostró un buen ajuste con las observaciones, fue quedando evidente que la marchitez podía deberse a un fenómeno fisiológico, más que fitosanitario.

Desde el punto de vista fitopatológico y agronómico, se sabe que conforme el cultivo de una especie va creciendo, va aumentando también la incidencia de las enfermedades que la afectan, y este es un fenómeno reconocido (Coca-Morante, 2018; Pérez & García-Godos, 2019; Roux et al., 2000). Entre los factores que influyen la aparición de nuevas enfermedades en el mundo se han mencionado los cambios de hospedero, la hibridización del patógeno y el cambio climático. En otros casos, los brotes se deben a la introducción de patógenos exóticos (Ploetz et al., 2017).

En la última evaluación, cuando la defoliación natural por falta de lluvias había quedado atrás y los árboles reiniciaron el rebrote, el número de plantas aparentemente muertas pasó para 4, 0 y 9 en las parcelas 1, 2 y 3, respectivamente. Este comportamiento llevó a pensar en la posibilidad de que esta enfermedad podría tener un origen abiótico o no infeccioso. En otras palabras, la causa no sería un patógeno de naturaleza fúngica, bacteriana, viral o nemátodos y protozoarios, sino una causa compleja donde podrían estar interviniendo factores ambientales y genéticos. La relación de los períodos de acceso al agua con la enfermedad es posible. Vale destacar las hipótesis de la causa del amarillamiento de la palma aceitera mencionados por Bergamin Filho et al. (1998), como la participación de más de un factor abiótico, uno de esos factores podría estar relacionado al exceso de agua en algunos períodos y lugares, y el efecto del agua en exceso depende de la edad de la planta. Justamente, ellos encontraron un cambio en el progreso de la enfermedad poco después de un período de alta precipitación.

La otra posibilidad es que la enfermedad sea monocíclica, es decir, los propágulos generados por el patógeno son infectivos sólo en una estación de crecimiento posterior. Este tipo de enfermedades se caracteriza por presentar tasas de progreso de la enfermedad bajas, como los encontrados en el presente trabajo.

En el caso del amarillamiento fatal de la palma aceitera mencionado anteriormente, el modelo monomolecular fue descartado y, dependiendo del período evaluado, el modelo que mejor se ajustó fue el lineal, llevando a Bergamin Filho et al. (1998) a concluir que la causa de la enfermedad de la palma aceitera debía ser de naturaleza abiótica. Sin embargo, es importante considerar que el presente trabajo de investigación de la taya, aún

habiendo sido realizado durante casi un año, podría ser insuficiente, teniendo en cuenta que podría tratarse de una epidemia poliética, que son aquellas que requieren años para que la intensidad sea evidente. Este tipo de epidemia es típico de plantas perennes o patógenos del suelo (Bergamin-Filho & Amorin, 1996).

Con respecto a la intensidad de la marchitez de la taya, Coca-Morante (2018) encontró incidencias menores al 4% en un período de aproximadamente 3 meses y después de la erradicación de las plantas enfermas. Las tasas aparentes de infección fueron de $0.0003 \text{ plantas.día}^{-1}$, sugiriendo tratarse de una enfermedad monocíclica, típica del patógeno identificado. Eso corresponde a una tasa aproximadamente 4 veces mayor que lo encontrado en el presente trabajo.

Es importante mencionar que durante las evaluaciones se encontraron plantas claramente afectadas por la marchitez, pero que todavía presentaban ramas con hojas verdes. Esto podría deberse a que no todos los haces vasculares – como el xilema – fueron afectados.

Poco tiempo después del inicio de las lluvias, parte de los árboles presentaron floración. Esto coincidió con la aparición de coleópteros conocidos en la zona como úricos. Estos aparentemente estaban pasando por la fase de reproducción y se alimentaban de las flores pero al parecer no están asociados con la síndrome de la marchitez.

A diferencia de la mayoría de los cultivos de importancia económica, la literatura científica relacionada con enfermedades en taya es escasa. Coca-Morante (2018) reportó la marchitez en Bolivia. Los síntomas reportados incluyen la descoloración de los haces vasculares y problemas en el sistema radicular. El diagnóstico mostró a *Fusarium oxysporum* como el posible agente causal. Curiosamente, el hongo pudo ser aislado tanto de plantas enfermas como de las aparentemente sanas. Lamentablemente, al haberse realizado las inoculaciones en suelo no estéril, la investigación acabó siendo un poco comprometida. Esto se puede deducir por la recuperación de aislamientos de *Cylindrocarpon* sp., además de *F. oxysporum* en los ensayos de patogenicidad. De cualquier forma, el reporte de Morante (2018) da pistas de los posibles agentes causales de la marchitez de la taya. Poco después en Ayacucho, Pérez & García-Godos (2019), corroboraron la asociación entre *Fusarium* spp. y la marchitez, denominado por ellos como seca seca. También realizaron ensayos de control biológico in vitro, verificando la eficiencia del antagonismo de aislados de *Trichoderma* y *Bacillus*. *F. oxysporum* es un

microorganismo con características fácilmente identificables por microscopía y a nivel de género, por la forma, tamaño y disposición de sus conidios. Presenta un amplio rango de hospederos y la marchitez es uno de los variados síntomas que puede causar. Más recientemente, se realizó un trabajo a nivel de tesis de pregrado en la UNTRM que, aunque no concluyente, también dio pistas del posible involucramiento de *Fusarium* con la marchitez de la taya (Chuquimbalqui-Chichipe, 2019).

Durante las visitas uno o más productores encontrados en el camino relataron su creencia de que en el huarango, especie relacionada a la taya y mantenida juntamente con la taya en muchas de las áreas, podría ser un hospedero del posible patógeno de la taya y que podría actuar como una planta trampa. Estos relatos pueden parecer apenas curiosos a primera vista y sin relación con la realidad. sin embargo, es importante prestar atención a la función que podrían estar cumpliendo otras especies en el sistema en el que se desarrolla nuestro objeto de estudio, la taya y el síndrome que la afecta.

Todavía falta mucho por explorar en el patosistema de la taya. Por ejemplo, la relación entre la intensidad de los síntomas de marchitez, específicamente la incidencia y severidad, y el daño, definido como la pérdida en calidad o cantidad (reducción de la producción (Lopes et al., 1994).

V CONCLUSIONES

El hongo del género *Fusarium* fue aislado e identificado como tal, de acuerdo con sus características morfológicas.

La marchitez de la taya es aparentemente causada por *Fusarium* sp., confirmando reportes anteriores de Ayacucho y Bolivia.

La marchitez de la taya se confunde con la defoliación natural durante el período del año sin lluvias.

La marchitez de la taya presenta una tasa de progreso aparente de la enfermedad bastante reducida, de 0.00008 y 0.00007, pudiéndose tratar de una enfermedad monocíclica y poliética.

Las inoculaciones realizadas con el hongo basidiocarpo no mostraron ningún síntoma en los plántones de taya.

VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfenas, A. C., & Mafia, R. G. (Eds.). (2016). *Métodos em fitopatologia* (2nd ed.). UFV.
- Andina. (2020, February). Autoridades promoverán competitividad y uso de la tara en el mercado nacional. *Andina*. <https://andina.pe/agencia/noticia-autoridades-promoveran-competitividad-y-uso-de-tara-el-mercado-nacional-783600.aspx>
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* (H. L. Barnett & B. B. Hunter (Eds.); 4th ed.).
- Bergamin-Filho, A., & Amorin, L. (1996). *Doenças de Plantas Tropicais: epidemiologia e controle economico* (1st ed.). Agronomica Ceres.
- Bergamin Filho, A., Amorim, L., Laranjeira, F. F., Berger, R. D., & Hau, B. (1998). Análise Temporal do Amarelecimento Fatal do Dendezeiro como Ferramenta para Elucidar sua Etiologia. *Fitopatologia Brasileira*, 23, 391–296.
- Campbell, C. L., & Madden, L. V. (1990). Nonlinear Disease Progress Curves. In J. Kranz (Ed.), *Epidemics of Plant Diseases: Mathematical Analysis and Modeling* (2nd ed., pp. 181–229). Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-75398-5>
- Chuquimbalqui-Chichipe, E. (2019). *Determinación de factores que favorecen la marchitez de la tara (Caesalpinia spinosa) en el distrito de Magdalena – Chachapoyas – Amazonas* [Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1732>
- Coca-Morante, M. (2018). Wilt Disease of Tara (*Caesalpinia spinosa* Molina Kuntz) in Nursery in the Inter Andean Valley of Cochabamba, Bolivia. *American Journal of Plant Sciences*, 09(09), 1963–1973. <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.99142>
- Duke, J. A. (1981). *Caesalpinia spinosa*. *Handbook of Legumes of World Economic Importance*. Plenum Press, New York, 32–33.
- Nutter, F. W. (1997). Quantifying the temporal dynamics of plant virus epidemics: A review. *Crop Protection*, 16(7), 603–618. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(97\)00055-0](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(97)00055-0)
- Pérez, D., & García-Godos, P. (2019). Identificación del agente causal del marchitamiento en *Caesalpinia spinosa* “tara” y el efecto antagónico de aislados de

- Bacillus spp. y Trichoderma sp. *Ecología Aplicada*, 18(1), 51.
<https://doi.org/10.21704/rea.v18i1.1306>
- Ploetz, R., Kendra, P., Choudhury, R., Rollins, J., Campbell, A., Garrett, K., Hughes, M., & Dreaden, T. (2017). Laurel Wilt in Natural and Agricultural Ecosystems: Understanding the Drivers and Scales of Complex Pathosystems. *Forests*, 8(2), 48.
<https://doi.org/10.3390/f8020048>
- Roux, J., Coutinho, T. A., Wingfield, M. J., & Bouillet, J. P. (2000). Diseases of plantation Eucalyptus in the Republic of Congo. *South African Journal of Science*, 96(8), 454–456.
- VanderPlank, J. E. (1963). *Plant diseases: epidemics and control*. Academic Press.

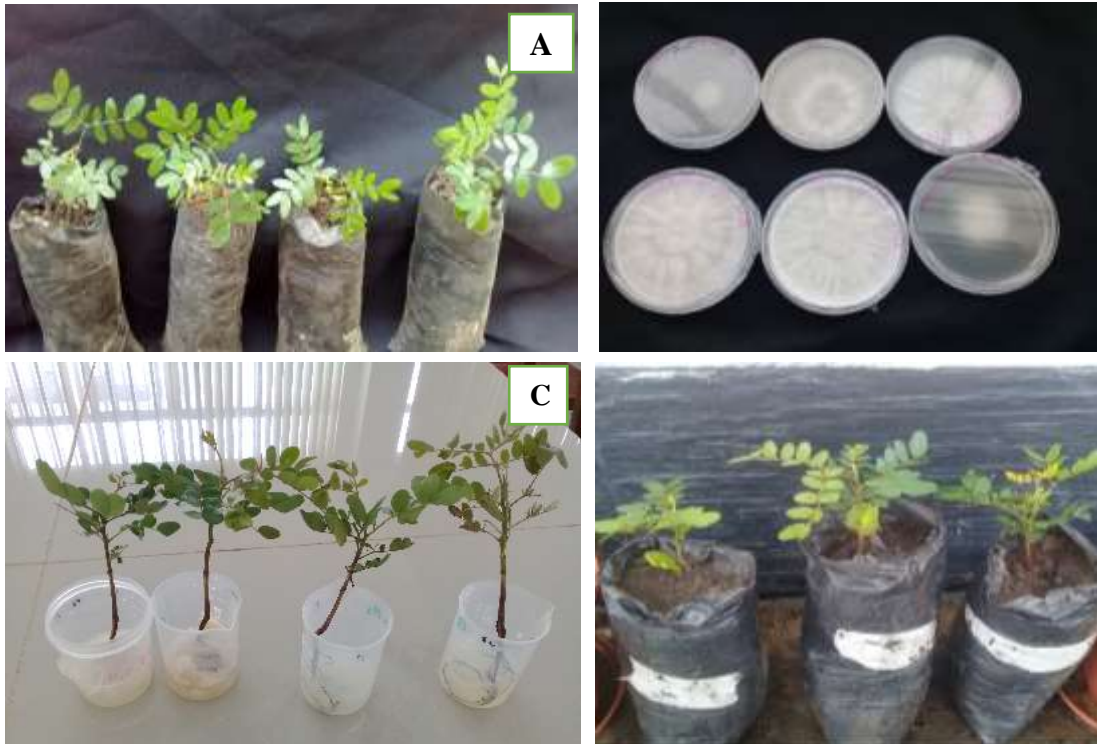
ANEXOS



Fotografía 1. Coleópteros en plantas de taya época de floración



Fotografía 2. recolección de muestras de raíz de plantas de taya recolectadas de campo



Fotografía 3. Plantones de apariencia sana y proceso de inoculación por inmersión. A: plantones de taya producidos en los invernaderos de la UNTRM; B: plantones de taya durante la inoculación por inmersión en ambiente de laboratorio.



Fotografía 4. Basidiocarpos encontrados en campo, que fueron recolectados y que no mostraron síntoma alguno al momento de ser inoculados en plantones de taya.