

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



**“CONTROL DE LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES DEL
CACAO (*Theobroma cacao* L.) CON TRES ESPECIES DE
Trichoderma Y ÓXIDO CUPROSO”**

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

René Ríos Ríos

PROMOCIÓN 2001 - II

“Excelencia Profesional para un Desarrollo Sostenible”

TINGO MARÍA- PERÚ

2003

DEDICATORIA

A mis queridos padres: **RENÉ** y **ERNESTINA**, con eterna gratitud, quienes con mucho amor, cariño y tanto sacrificio hicieron realidad mi más grande anhelo, y por un ejemplo de humildad y honestidad.

A mis hermanos: **Riter, Rosa, Rosario, Reidelinda, Raquel, Rode, Robinson, Reiger, Bedith y Cecilia**, que con su sacrificio me llenaron de aliento y constancia para culminar mi carrera.

A mis cuñados: **Norith, Jorge, Jaime, Moisés, Marleni y Esteban**, por el constante apoyo que me dieron.

A mis sobrinos con el cariño de siempre, porque significan en cada instante de mi vida una motivación muy especial.

A la memoria de mi hermano **Cristóbal**, mi tía **Milena**, mi abuelita **Cecilia** y la señora **Zoila Shapiama Sandoval**, con eterna gratitud y devoción (Q.E.P.D.).

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Agronomía y su plana docente que contribuyeron en mi formación profesional
- A mi asesor y coasesor: Ings. Oscar Cabezas Huayllas y Jaime Chávez Matías, por sus valiosos aportes científicos, orientaciones y por encaminarme en la rama de la Patología Vegetal.
- A los miembros del Jurado de Tesis: Ings. Luis García Carrión, Demetrio Lama Domínguez y Luis Reymundo Meneses, por la colaboración al presente trabajo de investigación.
- Al Instituto de Cultivos Tropicales (ICT) por la ayuda económica en la ejecución del presente trabajo.
- Al señor Lamberto Cometivos Amasifuén, propietario del fundo donde se realizó el presente experimento.
- A mis padrinos: Luis Torres Del Castillo, su esposa Maruja Blácido Tello, sus hijos Harmon y Homero, por el apoyo moral y sobre todo por el afecto familiar, su espiritualidad y los sabios consejos que siempre me dieron.
- A las familias: Jara Tuesta y Estrada Ruiz, por el valioso apoyo incondicional que en todo momento me dieron para poder culminar mi carrera.
- A mis amigos: Martín y Luis Marroquin Shapiama, William y Daniel Vásquez Saldaña, Erick Ushiñahua Espinoza, Juan Carlos Panduro Saldaña, César Mendoza Villanueva, Richar Paul Rojas Ruiz, Juan Carlos Vásquez Gonzáles, Fredy Mendoza Reap, Aldo López Rodríguez, Erick Pérez Mogollón; por el apoyo en la ejecución del presente trabajo.
- Al Ing. Rolando Reyes Salazar, por su apoyo en la redacción del presente trabajo.

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	10
II. REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1 Generalidades del cultivo de cacao	12
2.2 Enfermedades de los frutos del cacao	12
2.3 Manejo integrado	22
2.4 Control biológico usando <i>Trichoderma</i> sp	28
III. MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1 Ubicación del experimento	33
3.2 Registros meteorológicos	33
3.3 Componentes en estudio	34
3.4 Tratamientos en estudio	36
3.5 Diseño experimental	36
3.6 Características del campo experimental	38
3.7 Metodología utilizada	39
3.8 Evaluaciones realizadas	41
IV. RESULTADOS	48
4.1 Formación de frutos sanos y enfermos de cacao	48

4.2	Incidencia y comportamiento de las enfermedades en frutos de cacao	51
4.3	Producción de almendra húmeda y seca de cacao	61
4.4	Análisis de la tasa de infección y el área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ACPE) de cacao	65
4.5	Costo de producción de <i>Trichoderma</i> sp. y análisis económico de los tratamientos en estudio	73
V.	DISCUSIÓN	75
5.1	De la incidencia de enfermedades en frutos	75
5.2	De la incidencia de las enfermedades en estudio	78
5.3	Del peso de almendras en estado húmedo y seco	83
5.4	De la tasa de infección y área debajo de la curva de progreso de las enfermedades de cacao (ADCPET)	84
5.5	Análisis económicos de los tratamientos en estudio	86
VI.	CONCLUSIONES	88
VII.	RECOMENDACIONES	90
VIII.	RESUMEN	91
IX.	BIBLIOGRAFÍA	93
X.	ANEXOS	100

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Datos meteorológicos registrados en la estación meteorológica José Abelardo Quiñónez (Enero - Diciembre 2001)	34
2. Tratamientos en estudio del presente experimento	36
3. Esquema del análisis de variancia	37
4. Resumen del análisis de variancia para el número de frutos totales, frutos sanos, frutos enfermos totales, con monilia, escoba de bruja y pudrición parda (Dic. 2000 – Dic. 2001).....	49
5. Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el número de frutos cosechados totales, frutos sanos, frutos enfermos totales, con monilia, escoba de bruja y pudrición parda por parcela neta (Dic. 2000 - Dic. 2001)	50
6. Resumen del análisis de variancia para el porcentaje de incidencia de frutos enfermos con moniliasis y otras enfermedades del cacao (Dic. 2000 – Dic. 2001)	52
7. Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el porcentaje de incidencia de frutos enfermos con moniliasis y otras enfermedades del cacao	53
8. Peso promedio de almendras de cacao en estado húmedo y seco por efecto de la aplicación de los tratamientos en Tingo María (Diciembre 2000 - Diciembre 2001).	62

9.	Resumen del análisis de variancia para el inóculo inicial, tasa de infección y área debajo de la curva de progreso de enfermedad total (ADCPET)	67
10.	Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la tasa de infección y área debajo de la curva de progreso de la enfermedad total (ADCPET)	68
11.	Resumen del análisis de variancia para la tasa de infección y área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) de <i>Moniliophthora roreri</i>	69
12.	Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la tasa de infección y área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) de <i>Moniliophthora roreri</i>	70
13.	Análisis económico de los tratamientos en estudio	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Porcentaje de frutos cosechados totales sanos y enfermos de cacao en Tingo María	54
2. Porcentaje de frutos cosechados afectados con moniliasis, escoba de bruja y pudrición parda en frutos de cacao	56
3. Comportamiento de progreso de la enfermedad en frutos cosechados de cacao causados por <i>Moniliophthora roreri</i> y su relación con parámetros meteorológicos	58
4. Comportamiento de progreso de la enfermedad en frutos cosechados de cacao causados por <i>Phytophthora palmivora</i> y su relación con parámetros meteorológicos	59
5. Comportamiento de progreso de la enfermedad en frutos cosechados de cacao causados por <i>Crinipellis perniciosa</i> y su relación con parámetros meteorológicos	60
6. Peso promedio de almendra húmeda sana y enferma de cacao por parcela por efecto de los tratamientos en estudio en Tingo María	63
7. Almendra seca de cacao por efecto de los tratamientos en estudio en Tingo María	64

8.	Curva de progreso de la enfermedad moniliasis (<i>Moniliophthora roreri</i>) sobre frutos de cacao y linearización de las curvas por transformación Gompit	71
9.	Curva de progreso de la enfermedad pudrición parda (<i>Phytophthora palmivora</i>) sobre frutos de cacao y linearización de las curvas por transformación Gompit	72

I. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.), es originario de la cuenca amazónica, propiamente de las áreas comprendidos entre Colombia, Ecuador, Perú y Brasil, donde se ha encontrado una mayor diversidad genética.

La producción nacional en 1998 alcanzó un total de 12000 t/año, siendo los departamentos de mayor producción el Cuzco (40%) y Ayacucho (24.8%). En la región Andrés Bello alcanza el 24% de la producción nacional.

Las enfermedades de mayor importancia del cultivo de cacao son la “moniliasis”, “escoba de bruja” y “pudrición parda de la mazorca”. La “moniliasis” es la más grave y limitante para la producción del cacao en América Latina (Ecuador, Colombia, Venezuela, Panamá, Costa Rica, Nicaragua); en el Perú fue detectada por primera vez en Septiembre de 1988, en Bagua Grande, provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.

En el Alto Huallaga las enfermedades más frecuentes son la moniliasis y escoba de bruja y se encuentran distribuidas en todas las zonas donde se cultiva cacao, y su control sólo se basa en prácticas culturales; otras formas de control han sido poco estudiadas. El presente trabajo de investigación basado en la remoción de tejidos enfermos y la aplicación de 3 especies de *Trichoderma* que tiene efecto antagonista, tuvo los siguientes objetivos:

1. Evaluar el efecto del control de 3 especies de *Trichoderma* y óxido cuproso de las principales enfermedades del cacao, en condiciones de campo.
2. Determinar el costo económico y beneficio de la aplicación de los tratamientos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DEL CACAO

El cacao pertenece al orden Malvales, a la familia Sterculacea, al género *Theobroma*, especie *Theobroma cacao* L. Se estima que el cacao tiene 95% de alogamia y la mayor polinización es entomófila y bastante especializada, presentando 20 cromosomas (9).

Referente a los requerimientos climáticos del cacao, para un óptimo crecimiento y producción requiere de temperaturas entre 24 a 29°C; cuando son jóvenes son sensibles a temperaturas superiores a 32°C, ocasionando quemado en las hojas, lo que explica la necesidad de sombreamiento en el establecimiento del cacao y la temperatura del mes más frío no debe ser menor de 15°C. El crecimiento óptimo demanda una precipitación mínima mensual de 100 mm, y no debe exceder los 200 mm mensuales porque las raíces son sensibles a la poca aireación. Se desarrolla en terrenos no inundables, preferentemente en suelos fértiles, ricos en materia orgánica, profundos, con buen drenaje y pH entre 4.5 a 6.5. Se adapta a suelos oxisoles con pH 3.9 que puede manejarse con fertilización adecuada (19).

2.2 ENFERMEDADES DE LOS FRUTOS DEL CACAO

Son varias las enfermedades que atacan al cacao, su importancia varía entre regiones, países y continentes y, según la intensidad con que ella se presenta. Dentro de las principales enfermedades en el Perú y en el Alto Huallaga tenemos:

La “moniliasis” causada por el hongo *Moniliophthora roreri* (Cif. & Par.) Evans *et al.*; “escoba de bruja” causada por el hongo *Crinipellis pernicioso*, y “podredumbre parda” causada por *Phytophthora palmivora* y *P. capsici* (27).

2.2.1 Moniliasis

a) Sinonimia de la enfermedad

La “moniliasis” del cacao también es conocida como: “enfermedad aguanosa”, “enfermedad de Quevedo”, “pudrición acuosa” y otras citadas por Evans en 1985. En el Perú el nombre con que comúnmente se conoce a esta enfermedad es “moniliasis” y “pudrición acuosa del cacao” (25).

b) Origen de la enfermedad

Las primeras observaciones de la enfermedad fueron realizadas en la provincia de los Ríos, Ciudad de Quevedo, Ecuador en 1917, sin embargo la información de los síntomas y el patógeno fueron efectuados recién por J. B. Rorer en 1925 (37). Otros autores indican que la enfermedad fue observada en Colombia en 1851 (40).

c) Identificación del agente causal

En 1925, Rorer (37) hace una identificación provisional del agente causal de la moniliasis del cacao, citándolo como una especie de *Monilia*. Sin embargo, recién en 1933 Ciferri y Parodi (13) confirman las identificaciones provisionales que se venían realizando, describen las características fisiológicas y

morfológicas del hongo y lo denominan *Monilia roreri*. La clasificación taxonómica propuesta fue la siguiente: Clase Deuteromycetes, Género *Monilia*, Orden Moniliales, Especie *M. roreri* Cif y Par.

En 1978, EVANS *et al*, redescubren e ilustran al hongo *M. roreri*, luego de observaciones al microscopio electrónico, determinan la presencia de septa doliporo en el micelio vegetativo, indicando afinidad con la clase Basidiomycetes, y describen el desarrollo de las conidias en forma basipétala, por lo que proponen ubicar al agente causal de la moniliasis en el género *Moniliophthora*. De allí que actualmente el hongo se denomina *Moniliophthora roreri* (Cif. y Par) Evans *et al*. La conidiogénesis de la conidia señala similitud con los géneros *Basipetospora* y *Erisyphe* (18).

d) Rango de hospedantes

En 1981, en un estudio de rango de hospedante hecho en una colección de especies de *Theobroma* y *Herrania* en la Estación Experimental de Pichilingue, observó susceptibilidad en *T. angustifolium*; *T. bicolor*; *T. mammosum*; *T. simiatum*; *T. silvestre*; *Herrania balaensis*; *H. nitida*; *H. pulcherrima* y cuatro a cinco especies de *Herrania* (16).

e) Etiología de la enfermedad

La “moniliasis” del cacao es causada por el hongo *Moniliophthora roreri*. El inóculo está constituido por conidias que se producen abundantemente dentro y sobre la superficie de los frutos, aproximadamente a los dos meses de ser

infectadas. Las conidias son globosas cuando están maduras y cuando jóvenes son oblongas y hialinas, y se agrupan en cadenas simples; ligeramente contraídas en las septas (18).

La germinación se inicia a las dos horas, a las 36 horas el porcentaje de germinación varía entre 10% y 30%. La temperatura óptima para la germinación es 24°C, conidias secas conservados a 4.5°C por espacio de 10 meses han presentado niveles de viabilidad de 50% (26).

f) Síntomas y signos de la enfermedad

El fruto es el único órgano de la planta de cacao, que es afectado por *M. roreri*. Los síntomas se resumen en deformaciones, necrosis: mancha de frutos, pudrición interna de granos y momificación. Los signos se presentan inicialmente como una capa algodonosa sin esporas de color cremoso, fácilmente desprendible por acción del viento, lluvia, insectos, animales y el hombre cuando realizan las labores agrícolas. Un fruto esporulado es capaz de producir 7 billones de esporas, si este no es removido es capaz de permanecer colgado en el árbol por mas de 2 años, constituyendo la fuente de inóculo primaria para varios ciclos productivos (16).

g) Ciclo de vida y epidemiología de la enfermedad

Dentro de los factores que favorecen el desarrollo del agente causal de la moniliasis del cacao está la humedad relativa mayor de 80% y temperaturas

comprendidas entre 25°C - 30°C, como las más importantes, determinando altas infecciones con carácter de epidemia durante las fases de floración y fructificación del árbol. Desde la infección hasta completarse la esporulación, transcurren entre 54 y 79 días, según la edad del fruto (33).

La conidia necesita de la presencia de agua para germinar por lo cual la incidencia de la moniliasis se incrementa en épocas de lluvia. Al cabo de dos o seis horas el conidio puede lograr penetrar al interior de los frutos. A mayor presión de inóculo, ocurre una mayor incidencia y mayor severidad del daño. Puede suceder un incremento del inóculo en el ambiente, cuando habiendo frutos esporulados en sus árboles se efectúan labores de cosecha, especialmente la cosecha de frutos sanos, pues con esta labor mecánica favorece la liberación de los conidios (16).

La penetración se realiza a través de la epidermis y ocasionalmente por los estomas, avanzando intercelularmente lo que facilita una esporulación interna de la mazorca. La presencia de los primeros síntomas coinciden con la penetración del hongo al interior de las células; en adelante el hongo avanza intercelularmente o intracelularmente produciendo conidias entre las últimas fases de la infección, los tejidos y las células se desintegran y se observan formación de esporas de pared gruesa como clamidosporas. Estas germinan fácil y posiblemente dan origen al micelio estromático superficial. En este caso las células y tejidos

van perdiendo su contenido de agua u otros líquidos y se momifican progresivamente (41). La mayor ocurrencia de conidios en el aire se observa durante el día, siendo mínimas durante las horas de madrugada (33).

Las infecciones son producidas por las conidias, nunca por el micelio (16, 33). El patógeno infecta frutos de cacao en cualquier estado de desarrollo; para la germinación e infección exitosa, las conidias requieren de agua y ambiente saturado, mínimo 5 a 6 horas (7, 16). La penetración del tubo germinativo se realiza por cualquier parte del fruto y avanza en forma intercelular. La dispersión y liberación natural de las conidias, se efectúa libremente en las horas del día, especialmente cuando disminuye la humedad dentro de la plantación, la cual es accionada por el viento, insectos, lluvias, aves y especialmente el hombre. Para la formación de abundante estroma o micelio externo, y la esporulación sobre la superficie de los frutos, es indispensable una humedad apropiada dentro de la plantación, este proceso se realiza en menos de 8 días: cuando se presentan condiciones ambientales secas, *Moniliophthora* no esporula o lo hace muy pobremente sobre la mancha formada, el fruto comienza una momificación acelerada (16, 22).

Otros autores indican que la penetración se realiza directamente a través de la epidermis y ocasionalmente por los estomas, avanzando intercelularmente lo que facilita una esporulación interna de la mazorca (39).

Encontró que la mayor ocurrencia de la moniliasis en frutos en Tingo María se presentó entre los meses de Enero - Marzo, Mayo - Junio y Setiembre -Octubre, se debe a que existe una relación directa entre la precipitación, la formación de frutos y la incidencia de frutos enfermos con moniliasis (39).

2.2.2 Escoba de bruja

a) Agente causal

El agente causal de la escoba de bruja es el hongo *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer, clase Basidiomycetes, orden Agaricales, familia Agaricaceae (5). En 1978, se determinó tres variedades del patógeno, la variedad Perniciosa, donde el píleo es blanquecino por lo menos en los márgenes; la variedad *Ecuadoriensis*, donde el píleo es uniformemente profundo y rojo y la variedad *Citriniceps*, donde el píleo es amarillo limón (2, 8, 29).

b) Origen y distribución

Crinipellis perniciosa es un patógeno que ha coevolucionado con el cacao siendo una enfermedad endémica en la Amazonía; actualmente está circunscrita a Sudamérica. Se registra por primera vez en Surinam en 1895, posteriormente se diseminó por Ecuador (1918), Bolivia (1920-1922), Colombia (1921), Venezuela (1927), Trinidad (1928), Perú (1920) y Brasil – Región Amazónica. En el Perú se conoce que está diseminada en todos los valles donde se cultiva cacao (5).

c) Importancia económica

Esta enfermedad es considerada una de las más importantes del cultivo de cacao en los países en donde existe. Después de su aparición ha causado serios perjuicios económicos en los países productores, siendo los más afectados Surinam, Trinidad, Colombia, Brasil y Venezuela, en los cuales ha ocasionado pérdidas superiores a 50% en la producción (17).

En el Brasil, en la Región Amazónica (Amazonas, Purús y Rondonia), la enfermedad ocurre normalmente, calculándose que las pérdidas de los frutos son del orden del 40%, siendo realmente difícil evaluar las pérdidas potenciales debido a la incidencia de ataque a los cojines florales y ramas jóvenes, en este último caso disminuyendo la capacidad fotosintética de la planta. Entre tanto en el Estado de Rondonia - Brasil, fueron registradas en algunos fundos pérdidas hasta del 90% de la reducción en los meses de Junio y Julio, constituyéndose la enfermedad un factor limitante para la expansión del cultivo de cacao en esa región (3, 4).

d) Sintomatología

El hongo ataca a diferentes partes de la planta, como brotes, cojines florales, frutos y ramas. Los síntomas en su mayoría son hipertróficos, es decir caracterizados por el incremento de tejidos en la zona afectada. En los brotes se producen hinchamientos, que posteriormente se secan; y si el ataque es severo al nivel de brotes en la copa, la planta sufre un fuerte estrés; que afecta la producción.

En los cojines florales afectados se observa la transformación de los pedúnculos florales en los brotes y la formación de frutos partenocárpicos en forma de chirimoya, que se necrosan y momifican (3, 17).

Los síntomas en frutos, son similares a los de la moniliasis en sus primeros meses de desarrollo: deformaciones y puntos necróticos; en frutos formados el daño mayor es interno. En el exterior se observa una joroba que va acompañada de una mancha negra de forma regular. En el interior los granos se observan completamente necrosados o podridos y en algunos casos también se puede observar pudrición acuosa. En la corteza de las ramas o cerca del ápice del brote, de algunos árboles, se observa la presencia de chancros, que van acompañados de la caída y secamiento de las hojas, éstas quedan colgadas del pedúnculo, sin que se produzcan la caída normal de la hoja (6, 17).

En los tejidos afectados luego de secarse aparecen las estructuras de propagación o basidiocarpos bajo condiciones de humedad relativa y precipitación elevada. Los basidiocarpos tienen color rosado, capaces de producir cada uno un millón de basidiosporas, los que ayudados por la lluvia se diseminan e infectan otros órganos sanos. Las esporas son viables hasta 3 horas (6, 17).

La mayor incidencia de 'escoba de bruja' en frutos en Tingo María tuvo un comportamiento que se dio entre Agosto - Setiembre y Abril - Mayo, mientras que las escobas vegetativas verdes ocurren entre Julio - Agosto, y los cojines en Marzo - Abril, Agosto - Setiembre (39).

2.2.3 Pudrición parda de los frutos (*Phytophthora palmivora* y *P. capsici*)

a) Importancia económica

La pudrición parda del cacao es la enfermedad más antigua. Es responsable de la pérdida de más del 30% en promedio de la cosecha, variando de un país a otro. En Brasil se citan pérdidas de 20 a 25% y en Costa Rica y México en 50%.

b) Epidemiología

El hongo es considerado como saprófito, por su capacidad de conservación en la época seca y como parásito porque ataca los órganos de las plantas hospederas. Las fuentes de inóculo son amplias, suelo, mazorcas momificadas, cojines florales infectados, la corteza del árbol de cacao. Se ha observado que de 3 a 4 días después de una lluvia se producen brotes intensos de la enfermedad a nivel de la mazorca (35).

P. palmivora ataca varios órganos de la planta. Los frutos enfermos que permanecen en el árbol son la principal fuente de inóculo. Así mismo sobrevive en el suelo húmedo por varios períodos prolongados (35).

c) Control

Uno de los objetivos de la poda sanitaria es reducir la cantidad de inóculo de *Phytophthora* sp. que al ser dejado en la plantación puede conducir al desarrollo de la epidemia. Para lograr que la remoción de frutos enfermos sea

efectiva debe estar combinada con otras prácticas de manejo de la enfermedad tales como podas, destrucción de otras fuentes de inóculo, disposición de los frutos enfermos lejos de los árboles de cacao para evitar incremento de inóculo en el suelo y salpique, uso de cultivares resistentes y aplicación de fungicidas para destruir el inóculo. Este efecto combinado tiene como resultado final un nivel adecuado de control, que no se puede lograr con ninguna práctica aislada (24).

2.3 MANEJO INTEGRADO

El manejo integrado es un conjunto de actividades que involucra la realización de prácticas culturales, fitosanitarias, químicas, genéticas y biológicas; con el objeto de reducir la incidencia de enfermedades y plagas, aumentar la producción y productividad, a través de la recuperación y rehabilitación de la plantación de cacao, considerando su eficiencia técnica, práctica y económica en términos de costo-beneficio (6).

2.3.1 Labores culturales mediante prácticas fitosanitarias

Las prácticas fitosanitarias buscan disminuir la fuente de inóculo de las enfermedades y el ataque de plagas se consideran las siguientes prácticas:

- Remoción de tejidos enfermos y tratamiento de frutos enfermos y restos de cosecha

En Brasil las prácticas recomendadas para el control cultural de escoba de bruja es fundamental para los cacaotales infectados. Las remociones deben realizarse cada 3 meses calendáricamente sujeto a variaciones climáticas, los largos

periodos de estiaje desfavorecen la formación de basidiocarpos, dificultando de este modo la expansión de escoba de bruja (34).

La frecuencia de remoción de frutos con moniliasis una y dos vez por semana ejercen un control satisfactorio de la enfermedad, determinando un incremento de la producción (14).

En Tingo María, se encontró que con remociones de frutos cada 7 y 14 días durante un año demostró ser eficiente en el control de 'moniliasis'. La frecuencia de remoción semanal de frutos enfermos incrementó el rendimiento de 48 a 66.6% de la producción y redujo la incidencia de las enfermedades de 51.97% a 33.4% respecto a la remoción cada 2 semanas durante el año (39).

2.3.2 Control químico

Este tipo de control es totalmente preventivo para evitar la presencia de moniliasis, escoba de bruja y pudrición parda en frutos. Las prácticas culturales antes mencionadas y aplicadas eficientemente estimulan una mayor producción en frutos, sin embargo éstos no están protegidos contra las infecciones de los diferentes patógenos que lo afectan, por lo que es necesario utilizar el complemento químico a fin de proteger el desarrollo de los frutos hasta la maduración (6).

En base a la experiencia obtenida indica que el clorotalonil es eficaz para el control de las enfermedades de la mazorca, especialmente moniliasis y

escoba de bruja, pero debido a su elevado costo, su uso se restringe a fincas de alto potencial de producción (42).

Indica que el clorotalonil, hidróxido de cobre y óxido cuproso superaron en rendimiento al testigo, pero lograron menores porcentajes de incidencia de las enfermedades, con valores de 28.44, 28.35% y 28.11% respectivamente con respecto al testigo que alcanzó un 35 a 70% (32).

2.3.3 Control biológico

El control biológico (CB) de los organismos que causan enfermedades en las plantas está mucho menos desarrollado que el CB de plagas de insectos, ya que desde la más remota antigüedad se realizaba prácticas agrícolas no explicadas por la ciencia, algunas de las cuales constituyen hoy medidas de CB de los patógenos vegetales (30).

La crisis de los sistemas agrícolas convencionales hace que sea un impeditivo del momento el desarrollo y aplicación de nuevos métodos y técnicas de manejo de enfermedades. El CB da respuesta a muchos de los problemas de la agricultura moderna y es uno de los componentes esenciales en el desarrollo de la agricultura sostenible. El interés en el CB como métodos de control ha ido aumentando en los últimos años y aunque su desarrollo ha sido relativamente lento el potencial que representa para el manejo de plagas y enfermedades es enorme y tiene un futuro promisorio (30).

En la actualidad la definición de CB es bastante controvertida, Cook y Baker (1983) lo definen como la reducción de la densidad de inóculo de un patógeno o de su capacidad para producir la enfermedad mediante la acción de uno o más organismos excluyendo al hombre (30).

El CB incluye, la rotación de cultivos y algunos sistemas de laboreo de suelo, prácticas de fertilización que afectan a los microorganismos, la adición directa de microorganismos antagonistas a los patógenos o favorables a la planta, el uso de productos que cambian la microflora y la mejora de plantas conocida ésta como los cambios en el genoma de la planta que pueden afectar la resistencia a la enfermedad y también la microflora (30).

Entre los organismos que interactúan para el CB tenemos al patógeno, el hospedante y el antagonista. En términos biológicos un antagonista es un miembro de una interacción que interfiere con otro miembro. El CB de patógenos se denomina así a los agentes con potencial para interferir en patógenos de plantas; dentro de estos se consideran: hongos, bacteria, nemátodos, protozoos, virus, viroides y plantas (plantas trampa) (10).

a) Mecanismos de control biológico

Entre los principales mecanismos de la acción antagónica se encuentran competencia, antibiosis y micoparasitismo. La competencia ocurre cuando dos o más organismos requieren el mismo recurso y el uso de éste por uno de ellos reduce la cantidad disponible para el otro, los microorganismos compiten

fundamentalmente por recursos esenciales carbono, nitrógeno, hierro; si estos están en exceso no hay competencia. La competencia por el oxígeno, el espacio y la luz (autótrofos) también puede tener lugar (30).

Una forma de competencia muy especial que ha sido estudiada en detalle es la competencia por el hierro, considerada como un importante mecanismo de CB. Los microorganismos pueden competir por el Hierro en los ambientes en que éste se encuentra limitado, mediante la producción de compuestos quelantes de Hierro denominados sideróforos. Los diferentes sideróforos defieren en su afinidad por el hierro, los que poseen la más alta afinidad pueden secuestrar todo el hierro o la mayor parte, si un antagonista puede producir mejor sideróforo que un patógeno, puede privarlo de éste e impedir que se desarrolle, ejemplo de esto son las bacterias del género *Pseudomonas* (30).

La antibiosis es un proceso donde los productos metabólicos de un organismo (toxinas) inhiben directamente o matan a otros, estas toxinas son con mucha frecuencia antibióticos que funcionan como mecanismo de CB, tiene escasa importancia en el ambiente del suelo. Un antagonista puede actuar utilizando al patógeno como fuente de alimento pero no se le llama parásito, pues en fitopatología se considera a los patógenos como parásitos, entonces el antagonista vendría a ser un hiperparásito. Si el antagonista es un hongo se denomina micoparásito, y a la acción micoparasitismo. Los micoparásitos pueden ser biotróficos o necrotróficos, en el CB estos últimos son los que tienen mayor importancia (30).

Cuando atacan se produce una típica exólisis, destrucción de las paredes celulares del hospedante por acción de quitinasas (Basidiomycetes, Ascomycetes, celulosas (Oomycetes) y por consecuencia la muerte de la célula atacada. Entre los micoparásitos más conocidos y mejor estudiados se encuentran los hongos del género *Trichoderma*, que han sido recomendados para el control de hongos del suelo (30).

Un antagonista puede expresar su acción de más de una forma lo que quiere decir que ésta ocurre bajo más de un mecanismo, por ejemplo *Gliocladium* spp. es un micoparásito necrotrófico, algunas especies de este causan la muerte a su hospedante por secreción de antibióticos y además se enrollan alrededor de las hifas y crece sobre las células muertas. El conocimiento del modo de acción de un antagonista es un factor decisivo para obtener éxito cuanto se pretende introducirlo en un programa de manejo de enfermedades en el que se quieren hacer aplicaciones masivas (30).

Un aislamiento de *Trichoderma viride*, parásito en hifas de *Crinipellis pernicioso*, en un intento de apareamiento de cultivos el antagonista creció más rápido que *Crinipellis pernicioso*, paralizando su crecimiento. Las hifas del antagonista comúnmente se enroscan en las hifas del hospedante, no existiendo formación de zonas de inhibición en la producción de metabolitos volátiles (8).

Estudiando la actividad lítica de *Trichoderma viride* se notó que el micelio del patógeno perdió su viabilidad después del tratamiento de cultivos y de

escobas secas del cacao con la suspensión de conidias del antagonista. En medio de cultivos sólidos, el antagonista produce enzimas extra celulares tales como celulosa, amilasa y proteasa (8).

El control biológico consta de microorganismos antagónicos capaces de suprimir la formación y causar destrucción del basidiocarpo. Algunos trabajos que se han realizado han encontrado hongos como *Clodobotryum amazonense*, *Verticillium lamellicola* y bacterias de género *Bacillus*, ejerciendo hiperparasitismo y antagonismo sobre *Crinipellis perniciosa*. Recientemente se ha constatado la presencia de *Trichoderma viride* en escoba de bruja seca impidiendo efectivamente la formación de basidiocarpos. A partir de los experimentos realizados en campo una suspensión de *Trichoderma viride* aplicada en escoba de bruja seca en estado de formación de basidiocarpos provocó una paralización de su producción (8).

2.4 CONTROL BIOLÓGICO USANDO *Trichoderma* sp.

2.4.1 Biología

El género *Trichoderma* se encuentra presente en forma natural en casi todos los suelos y otros hábitats del planeta. Su desarrollo se ve favorecido por la presencia de altas densidades de raíces, las cuales, son colonizadas rápidamente por estos microorganismos. Algunas cepas son componentes importantes de la rizósfera (15).

2.4.2 Mecanismos de acción

A parte de su facilidad para colonizar las raíces de las plantas, *Trichoderma* ha desarrollado mecanismos para parasitar a otros hongos, siendo esta una fuente nutricional adicional. Recientemente, se ha demostrado que *Trichoderma* actúa por mecanismos como: Micoparasitismo, antibiosis, competencia por nutrientes y espacio, tolerancia al estrés por parte de la planta, al ayudar al desarrollo del sistema radicular, solubilización y absorción de nutrientes inorgánicos, resistencia inducida (SIR) y desactivación de las enzimas de los patógenos (43).

Fueron usadas en diversas actividades humanas, aplicaciones comerciales, producción de enzimas y para el control biológico de enfermedades de plantas. Causan enfermedades en champiñones para uso comercial, en humanos sin defensas inmunitarias. En la actualidad se está ampliando el número de aplicaciones de *Trichoderma* (8).

Las especies de *Trichoderma*, generalmente no se encuentran en plantas vivas y no se han encontrado como endófitos de plantas vivas; encontrándose una estacionalidad en la distribución de las especies lo que puede ser el resultado de la competencia entre las especies del *Trichoderma*. Aparentemente *Trichoderma viride* no se adapta a climas fríos, las especies de *Trichoderma* pueden ser sensibles a la contaminación ambiental como lo indica el muy bajo nivel de sobre vivencia de *Trichoderma viride* en bosques coníferos contaminados por más de 25 años, se supone que es debido al pH 6.6 considerado muy alto (10, 43).

2.4.3 Morfología del hongo

Trichoderma spp. presenta colonias de crecimiento rápido, a ras del medio de cultivo, llegando a ser algodonosas y densos o copetudas con penachos verdes oscuro; las áreas conidiales son de color verde, con anillos concéntricos; presenta conidióforos solitarios o en penachos compactos, erecto, generalmente presenta ángulos amplios que se forma de las hifas vegetativas. Las fialides son estructuras en forma frasco, hinchado en la porción central, con ahusamiento hacia el ápice, solitario o en racimos, claros, y se forma de los ángulos amplios de los conidióforos. Las conidias son unicelulares, sub globosa a oblongo, liso o equinulado, de color claro a verde siendo el más común, y se forman en los ápices de los fialides y son agrupadas de forma globosa (31).

El organismo crece y se ramifica desarrollando típicas hifas fungales de 5 a 10 μm de diámetro. La esporulación asexual ocurre en conidios unicelulares (3 a 5 μm de diámetro), usualmente de color verde liberados en grandes cantidades. También se forman clamidosporas de descanso, también son unicelulares, pero pueden fusionarse entre dos o más (10).

2.4.4 Rango de hospederos

Diferentes cepas de *Trichoderma* pueden controlar a cada hongo patógeno para el cual se ha diseñado un programa de biocontrol. Sin embargo, la mayoría de cepas de *Trichoderma* son más eficientes para controlar a ciertos patógenos, pudiendo ser ineficaces contra algunos hongos. Se ha descubierto recientemente que algunas cepas pueden inducir a las planta para que "inicien" su

mecanismo nativo de defensa, esto hace pensar que se podrían controlar a otros patógenos a parte de los hongos. Generalmente, *Trichoderma* controla a los hongos del suelo, como por ejemplo, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Alternaria*, *Phytophthora*, etc. (21).

2.4.5 Susceptibilidad a los pesticidas

Trichoderma posee resistencia innata a la mayoría de los agroquímicos, incluyendo a los fungicidas. Sin embargo, el nivel de resistencia difiere entre cepas. Algunas líneas han sido seleccionadas o modificadas para ser resistentes a agroquímicos específicos. La mayoría de productores de cepas de *Trichoderma* destinadas al control biológico poseen información relacionada con la susceptibilidad o resistencia a un amplio rango de agroquímicos (15).

2.4.6 Usos de *Trichoderma*

Estos hongos tan versátiles se emplean comercialmente en una variedad de formas, incluyendo las siguientes: Alimentos y textiles, agentes de biocontrol, promotores de crecimiento de las plantas y como fuente de transgenes (15).

Trichoderma es un productor eficiente de muchas enzimas extracelulares. Se emplea comercialmente para la producción de celulasas y otras enzimas que degradan polisacáridos complejos. Son usadas con frecuencia en la industria textil y alimenticia para estos propósitos. Por ejemplo, las celulasas se utilizan en el proceso de prelavado de las telas de jean para conferir con mayor

facilidad el color blanco. También forman parte del alimento para aves con el fin de incrementar la digestión de las hemicelulosas de la cebada y otros cereales (43).

Como agentes de biocontrol, estos hongos son empleados con o sin registro legal, para el control de enfermedades de las plantas. Existen varias compañías que producen cepas de este organismo.

Durante muchos años ha sido conocida la habilidad de estos hongos para incrementar la tasa de crecimiento y desarrollo de las plantas, en especial de su sistema radicular. Todavía no se conocen con certeza estos mecanismos. Recientemente, se encontró que una cepa de *Trichoderma* contribuye al crecimiento en cuanto a profundidad de las raíces del maíz y algunos pastos, haciendo que estos cultivos sean más resistentes a la sequía (43).

Como fuentes de transgenes, los organismos biocontroladores, casi por definición, deben contener un considerable número de genes que codifican sustancias que pueden utilizarse para el control de plagas y enfermedades. Varios genes de *Trichoderma* están siendo clonados con el fin de producir cultivos resistentes. No se los pueden encontrar comercialmente, ya que esta tecnología todavía se encuentra en desarrollo. Algunos genes biocontroladores de *T. harzianum* han sido insertados en plantas, con el fin de proveer resistencia a varias enfermedades. Plantas de tabaco y papa han sido transformadas para expresar el gen fungal de la endoquitinasa, el cual confiere alta resistencia a *Alternaria alternata* (tabaco) y *Rhizoctonia solani* (papa) (15).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente experimento se llevó a cabo en el Fundo Lamberto, que tiene un área de 3.0 ha de cacao. El fundo se encuentra ubicado en el sector de las Brisas, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, cuyas coordenadas geográficas son:

Longitud Oeste	:	75°57'00''
Latitud Sur	:	09°09'00''
Altitud	:	660 m.s.n.m.

Según la clasificación de Holdridge, el campo experimental está ubicado dentro de la formación vegetal de Bosques Muy Húmedo Sub - tropical (28).

3.2 REGISTROS METEOROLÓGICOS

Los datos meteorológicos durante el período de ejecución del experimento fueron obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), cuyos resultados nos indica una temperatura media mensual de 24.8°C, precipitación dental de 3317.1 mm, humedad relativa media mensual de 83.6% y heliofanía media mensual de 150.7 horas (Cuadro 1); condiciones meteorológicas favorables para la producción de cacao.

CUADRO 1. Datos meteorológicos registrados en la estación meteorológica “José Abelardo Quiñónez” (Enero - Diciembre 2001).

Mes	Temperatura media (°C)	Precipitación (mm)	H.R° (%)	Horas Sol
Enero	24.2	443.2	84.7	109.2
Febrero	24.3	310.7	84.7	86.3
Marzo	24.5	657.3	85.9	107.3
Abril	25.3	175.9	82.2	170.8
Mayo	25.1	218.0	86.3	168.7
Junio	24.1	129.4	86.1	166.4
Julio	24.5	187.0	85.0	182.3
Agosto	24.5	41.6	79.2	213.0
Setiembre	25.3	180.2	79.4	175.4
Octubre	25.9	202.2	80.9	173.2
Noviembre	25.0	456.7	85.5	100.6
Diciembre	25.5	314.9	83.3	155.6
Total	298.0	3317.1	1003.2	1808.8
Promedio	24.8	276.4	83.6	150.7

Fuente : SENAMHI

3.3 COMPONENTES EN ESTUDIO

3.3.1 Factor planta

El experimento fue conducido en una plantación de 18 años de edad, sembrado a un distanciamientos de 4 x 4 m (625 plantas/ha). La plantación está compuesta por una mezcla de híbridos, de polinización libre, cuyos progenitores no se conocen.

Para la elección de las plantas se consideró la uniformidad arquitectónica en altura, diámetro de copa y diámetro de tallo.

3.3.2 Factor patógeno

Se evaluó la incidencia y su efecto en el rendimiento de almendra de cacao, a consecuencia de enfermedades como:

- *Miniliophthora roreri*: Agente causal de la “moniliasis” del cacao.
- *Crinipellis pernicioso*: Agente causal de la “escoba de bruja”.
- *Phytophthora* spp.: Agente causal de la “pudrición parda”.

Cabe indicar que no se hizo evaluación (diagnóstico) de la incidencia de “escoba de brujas” en ramas y cojines florales.

3.3.3 Factor antagonista y/o micoparásito

Se estudió su efecto en el control de las enfermedades en cacao (moniliasis, escoba de bruja y pudrición parda), para lo cual se utilizaron 3 especies de *Trichoderma*: *Trichoderma* sp. (T₆), *Trichoderma stromaticum* y *Trichoderma harzianum*

3.3.4 Factor pesticida

Para comparar el efecto de control de los antagonistas se empleó el fungicida Akuprox PM 50, cuyo ingrediente activo es el óxido cuproso. Este fungicida se utilizó a una dosis de 0.3% de I.A/planta, con una frecuencia de aplicación de 30 días, al igual que los otros tratamientos.

3.4 TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Antes de aplicar los respectivos tratamientos a las parcelas experimentales se realizó podas de formación y podas fitosanitarias en el mes de Octubre del 2000. Además en cada tratamiento se realizó remoción de tejidos enfermos cada 14 días durante la ejecución del trabajo.

CUADRO 2. Tratamientos en estudio del presente experimento.

Clave ^{1/}	Descripción	Frecuencia	Nº aplicación	Dosis (Nº conidias)
T ₁	<i>Trichoderma stromaticum</i>	Cada 30 días	8	1.362 x 10 ⁶
T ₂	<i>T. sp.</i> (T ₆)	Cada 30 días	8	1.344 x 10 ⁶
T ₃	<i>T. harzianum</i>	Cada 30 días	8	1.420 x 10 ⁶
T ₄	Óxido cuproso	Cada 30 días	8	0.3% I.A.
T ₅	Testigo	----	----	----

^{1/} En todos los tratamientos se cosecharon cada 15 días y a la vez se removió todo tejido enfermo.

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Los datos determinados de incidencia, peso de almendra húmeda y seca, número de frutos sanos y enfermos, tasa de progreso y área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE), se procesaron utilizando el análisis de variancia bajo el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 5 tratamientos, 4 bloques y 16 plantas evaluadas. El comportamiento de los tratamientos en respuesta fueron determinadas mediante el uso de la prueba de significación estadística de Duncan ($\alpha = 0.05$).

La tasa de progreso, representa el comportamiento o el crecimiento de la enfermedad durante la evaluación; es decir nos indica el comportamiento de la enfermedad en cada uno de los tratamientos en estudio.

CUADRO 3. Esquema del análisis de variancia.

Fuentes de variabilidad	Grados de libertad
Tratamientos	4
Bloques	3
Error Experimental	12
Total	19

Modelo aditivo lineal.

$$Y_{ij} = \mu + \sigma_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Respuesta del i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque.

μ = Efecto de la media general.

σ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

β_j = Efecto del j -ésimo bloque.

ε_{ij} = Efecto aleatorio del error experimental asociado a dicha observación.

Para:

$i = 1, 2, \dots, 5$ tratamientos.

$j = 1, 2, 3, 4$ bloques

3.6 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Bloques

Número de bloques	4
Largo de bloques	120.00 m
Ancho de bloques	24.00 m
Área de cada bloque	2880.00 m ²

Parcelas

Número de parcelas (tratamientos) por bloque	5
Largo de cada parcela	24.00 m
Ancho de cada parcela	24.00 m
Área de cada parcela	576.00 m ²
Número de cada parcela	36
Área neta de parcela	256.00 m ²
Número de plantas por parcela neta	16

Dimensiones del campo

Largo	120.00 m
Ancho	96.00 m
Área total del experimento	11520.00 m ²
Área neta del experimento	5120.00 m ²

3.7 METODOLOGÍA UTILIZADA

3.7.1 Podas fitosanitarias

Las podas se realizaron en el mes de Octubre del 2000, en función a la arquitectura de la planta, teniendo en cuenta la formación de la copa de cada cacaotero, eliminando ramas innecesarias, plantas parásitas y rebajando las ramas más altas para que la copa del árbol quede a una altura promedio de 4 metros, lo cual facilitó la remoción de material enfermo, cosecha de frutos y la aplicación de los tratamiento en estudio.

Mediante las podas fitosanitarias se eliminaron todo tejido y fruto enfermo, el cual permitió disminuir la fuente de inóculo de las enfermedades. Los tejidos y frutos enfermos se eliminaron conjuntamente con las ramas indeseables al momento de la poda.

3.7.2 Incremento masivo de antagonistas

a) Obtención de los antagonistas

Los antagonistas empleados fueron proporcionados por el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

b) Incremento de antagonistas

Se realizó mediante la fermentación sólida de arroz, empleando bolsas de polipropileno, que contenía 200 gramos de arroz y 60 ml de agua destilada. Las bolsas fueron selladas con grapas. La esterilización se realizó en autoclave a una temperatura de 120°C durante 20 a 30 minutos.

La transferencia de antagonistas al sustrato arroz estéril se hizo en cámara de siembra colocándose en cada bolsas 3 discos de medio PDA conteniendo micelio y conidias del antagonista. La siembra se incubó por 10 días a temperatura ambiente (26°C) bajo luz artificial.

3.7.3 Determinación de la concentración de conidias de los antagonistas

La concentración de conidias de los antagonistas se contabilizó utilizando la cámara de contaje Levi, que tiene un rayado Neubaver. La metodología seguida fue la descrita por FRENCH *et al.* en 1981.

3.7.4 Determinación del gasto de agua por parcela

Para calcular el gasto de agua, se utilizó una mochila con agua con una capacidad de 20 litros, y se aplicó uniformemente a todas las plantas de una parcela; dividiendo el gasto entre el número de plantas aplicadas.

3.7.5 Aplicación de antagonistas

La aplicación de los antagonistas se realizó cada 30 días haciendo un total de 8 aplicaciones por campaña. La aplicación se realizó haciendo uso de un adherente (Citowett) a la dosis de 0.03%. La secuencia de aplicación fue la siguiente:

- Primera aplicación 15 - 12 - 00
- Segunda aplicación 14 - 01 - 01
- Tercera aplicación 13 - 02 - 01

- | | |
|----------------------|--------------|
| - Cuarta aplicación | 15 - 03 - 01 |
| - Quinta aplicación | 14 - 04 - 01 |
| - Sexta aplicación | 15 - 10 - 01 |
| - Séptima aplicación | 14 -11 - 01 |
| - Octava aplicación | 14 - 12 - 01 |

3.8 EVALUACIONES REALIZADAS

3.8.1 Incidencia y comportamiento de enfermedades en frutos de cacao

La cuantificación de la incidencia de las diferentes enfermedades se realizó en cada árbol, procediéndose de la siguiente manera:

- Se cosechó todos los frutos maduros (sanos y enfermos), donde cada fruto se discriminó en base a la presencia o ausencia de síntomas en sanos y enfermos; así mismo los enfermos se agruparon en base a la sintomatología en frutos enfermos, con ‘moniliasis’, ‘escoba de bruja’, ‘pudrición parda’.
- Los frutos no cosechables y enfermos también fueron removidos, cuantificándose el número de frutos enfermos con cada enfermedad.
- Se cuantificó el número de frutos sanos que quedan en el árbol, considerándose como fruto evaluable aquel que presentaba mayor de 1 mes de edad.

La cuantificación de la incidencia de cada enfermedad se realizó con número de frutos evaluados y cosechados, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ incidencia} = \frac{\text{Frutos totales enfermos}}{\text{Frutos totales evaluados (S + E)}} \times 100$$

Los datos de incidencia expresados en porcentaje acumulativo de frutos con moniliasis, escoba e bruja y podredumbre parda fueron graficadas en función del tiempo originando la curva de comportamiento de cada enfermedad por tratamiento en estudio.

La proporción de frutos enfermos (X_t), en las diferentes evaluaciones, expresada en forma acumulativa fue calculada mediante la formula:

$$X_t = \frac{X_{ct}}{Y_{ct}} = \frac{X_{at} + X_{qct}}{Y_{at} + Y_{qct}}$$

Donde:

X_{ct} = Proporción de frutos enfermos

X_{at} = Número actual de frutos enfermos

Y_{ct} = Número actual de frutos

q = Caído

t = Tiempo

En las plantas marcadas, para cada evaluación, un fruto fue considerado caído, cuando el fruto ausente (cosecha), estuvo presente en la fecha anterior. La proporción de frutos enfermos por evaluación, fue graficada en función al tiempo (cada 14 días), con la finalidad de esquematizar el comportamiento de la curva de progreso de la enfermedad.

A partir de la cuantificación periódica mensual se estimó la tasa de progreso de la enfermedad (k) y el área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) conforme se describe a continuación:

a) Tasa de progreso de la enfermedad

Fue obtenida a partir de los datos de incidencia de la enfermedad, las cuales plotados en función al tiempo, originaron la curva de progreso de la enfermedad por cada tratamiento en estudio.

Los datos de proporción de la enfermedad, fueron sometidos al ajuste de tres modelos matemáticos de crecimiento, por medio del análisis de regresión, a fin de identificar el modelo que de mejor manera explicase el progreso de la enfermedad en función del tiempo.

$$\text{Logit} \quad : \quad Y = \text{Ln} \left(\frac{Y}{1-Y} \right) \quad \text{Modelo Logístico}$$

$$\text{Monit} \quad : \quad Y = \text{Ln} \left(\frac{1}{1-Y} \right) \quad \text{Modelo Monomolecular}$$

$$\text{Gompit} \quad : \quad Y = -\text{Ln} [-\text{Ln}(Y)] \quad \text{Modelo Gompertz}$$

Se comparó la adecuación de cada modelo en función al coeficiente de determinación (R^2). Para el presente estudio se utilizó el modelo Gompertz, por presentarse los más altos valores de R^2 , indicándonos un mayor ajuste de datos.

El modelo logístico, como población acerca su límite más alto, el crecimiento es lento por el límite de información realimentado en el sistema, la curva de logística integrada es sigmoideo y simétrico con respecto a su punto central de inflexión. Las curvas de progreso de la enfermedad logísticamente transformadas son caracterizadas frecuentemente por pendientes abruptas. El modelo de crecimiento de Gompertz frecuentemente ha sido usado por ecologistas para explicar el fenómeno biológico. La curva integrada es sigmoidea pero esta es asimétrica a su punto de inflexión y se utilización se basa a enfermedades policíclicas (24).

b) Área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE)

Esta fue calculada por la ecuación propuesta por SHANNER y FINNEY (38):

$$ADCPE = \sum_{x=1}^n \frac{[Y_{(i+1)} + Y_i]}{2} [X_{(i+1)} + X_i]$$

Donde:

Y_i = Proporción de la enfermedad en enésima observación.

X_i = Tiempo (días) e la enésima observación.

n = Número total de observación.

Además de los números de frutos contabilizados en la cosecha, discriminados en cada enfermedad fueron analizados en base al porcentaje promedio de frutos infectados por monilia, escoba de bruja y podredumbre parda.

3.8.2 Producción

Para determinar esta variable, se cosecharon los frutos maduros sanos y enfermos dentro de las parcelas experimentales correspondientes a cada tratamiento en estudio (16 plantas) de cada bloque cada 14 días; mientras que los frutos verdes enfermos fueron removidos en cada evaluación. Los frutos evaluados fueron separados en sanos y enfermos con “moniliasis”, “escoba de bruja” y “pudrición parda”, contabilizándose cada uno de ellos por separado; así mismo fueron contabilizados el número de frutos totales y frutos sanos.

Los frutos maduros sanos y enfermos fueron partidos para extraer sus almendras, para posteriormente ser pesadas por separado haciendo uso de baldes y una balanza, considerándose estos pesos como peso de almendra húmeda para cada tratamiento en estudio y por repetición. La determinación de almendra húmeda (kg/ha) se realizó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Almendra húmeda (kg / ha)} = \frac{\text{Almendra húmeda (kg / parcela)}}{16} \times 625$$

Para la determinación del rendimiento promedio de cacao (almendra seca), se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento (kg/ha)} = \text{Almendra húmeda (kg/ha)} \times 0.40$$

Donde:

0.40 : Proporción de humedad en almendras frescas de cacao.

Las evaluaciones fueron realizadas del 15 de Diciembre 2000 al 15 de Diciembre del 2001, haciendo un total de 26 evaluaciones durante todo el experimento a intervalos de 14 días entre evaluaciones.

3.8.3 Determinación de la viabilidad de los antagonistas a nivel de frutos

Con la finalidad de determinar la viabilidad de las conidias sobre la superficie de los frutos de cacao días después de la aplicación, se sacó discos superficiales del fruto que fueron transferidos a placas petri conteniendo PDA, incubándose a 25 °C. El muestreo se realizó diariamente hasta observar que las conidias no presentaban viabilidad a nivel de frutos.

3.8.4 Análisis de rentabilidad

Con la finalidad de conocer la rentabilidad de cada uno de los tratamientos se procedió inicialmente a determinar el costo de producción de 1 kg de *Trichoderma* en sustrato arroz; para posteriormente en función a la aplicación de cada uno de los tratamientos y según las necesidades de costos por insumos, mano de obra por aplicación, poda y deshierbo, cosecha y remoción de frutos se procedió a calcular el costo de producción para 1 ha de cacao de cada uno de los tratamientos.

Para la determinación del ingreso bruto (S/.), utilidad (S/.) y relación beneficio costo (B/C), se utilizaron las siguientes relaciones:

$$\text{Ingreso bruto (S/.)} = \text{Almendra sana seca (kg/ha)} \times \text{S/. 3.00}$$

$$\text{Utilidad (S/.)} = \text{Ingreso bruto (S/.)} - \text{Costo de producción (S/.)}$$

$$\text{Relación B / C} = \frac{\text{Ingreso bruto (S /.)}}{\text{Costo de producción (S /.)}}$$

IV. RESULTADOS

4.1 FORMACIÓN DE FRUTOS SANOS Y ENFERMOS DE CACAO

En el Cuadro 4, se muestra el resumen del análisis de variancia para los parámetros número de frutos totales, frutos sanos, frutos enfermos con monilia, escoba de bruja y pudrición parda; observándose diferencias no significativas tanto para el efecto de bloques y tratamientos en todos los parámetros en estudio, a excepción del número de frutos con monilia. Los coeficientes de variación nos indican estimados dentro del rango de buenos y regulares de los resultados experimentales.

En el Cuadro 5, se muestra la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el número promedio de frutos totales, frutos sanos, frutos enfermos con monilia, escoba de bruja y pudrición parda dentro de la parcela experimental; observándose que para el número de frutos totales, frutos sanos, frutos con escoba de bruja y frutos con pudrición parda los tratamientos en estudio tuvieron comportamientos estadísticamente similares. En relación al número total de frutos enfermos y frutos con monilia, se puede observar, que el tratamiento testigo (T_5), alcanzó los más altos valores, no diferenciándose estadísticamente de los tratamiento a base de controladores biológicos (T_1 , T_2 y T_3), pero sí del tratamiento T_4 (Control químico) que mostró los menores valores de frutos totales enfermos (157) y frutos con monilia (136).

CUADRO 4. Resumen del análisis de variancia para el número de frutos totales, frutos sanos, frutos enfermos totales, con monilia, escoba de bruja y pudrición parda (Dic. 2000 – Dic. 2001).

Fuentes de variación	G.L	Cuadrados medios ¹					
		Frutos totales (S+E)	Totales sanos (S)	Totales enfermos (E)	Frutos con monilia	Frutos con escoba	Frutos con pudrición
Tratamientos	4	5.95046 NS	1.85450 NS	15.37110 NS	16.47777 NS	0.03655 NS	0.34635 NS
Bloques	3	25.21552 NS	12.49921 NS	26.61019 NS	31.23523 S	0.34187 NS	1.98205 NS
Error	12						
Total	19						
c.v. (%)		16.93%	17.53%	19.30%	20.62%	26.24%	19.95%

^{1/} Datos transformados a $\sqrt{x + 0.5}$

NS Diferencias no significativas

S Diferencias significativas al 5% de probabilidad

CUADRO 5. Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el número de frutos cosechados totales, frutos sanos, frutos enfermos totales, con monilia, escoba de bruja y pudrición parda por parcela neta (Dic. 2000 – Dic. 2001).

Clave	Tratamiento	Frutos totales (S+E)	Totales sanos (S)	Totales enfermos (E)	Frutos con monilia	Frutos con escoba	Frutos con pudrición
T ₁	<i>T. stromaticum</i>	560 a	310 a	250 a b	229 a b	1 a	20 a
T ₂	<i>Trichoderma</i> T ₆	502 a	253 a	249 a b	233 a b	1 a	15 a
T ₃	<i>T. harzianum</i>	490 a	291 a	199 a b	181 a b	2 a	16 a
T ₄	Control químico	447 a	290 a	157 b	136 b	2 a	19 a
T ₅	Testigo (sin aplicación)	576 a	265 a	311 a	287 a	2 a	22 a

Tratamiento unidos en columna con la misma letra, no difieren estadísticamente entre sí.

4.2 INCIDENCIA Y COMPORTAMIENTO DE LAS ENFERMEDADES EN FRUTOS DE CACAO

En el Cuadro 6, se observa el resumen del análisis de variancia para el porcentaje de frutos sanos y enfermos con “moniliasis”, “escoba de bruja” y “pudrición parda”; encontrándose diferencias no significativas en el porcentaje de frutos enfermos con “escoba de bruja” y “pudrición parda” para el efecto de tratamientos y bloques, diferencias significativas al 5% de probabilidad en el porcentaje de frutos totales sanos y enfermos para el efecto de tratamientos y bloques, y diferencias significativas al 1% de probabilidad para el efecto de tratamientos y bloques en el porcentaje de frutos afectados con monilia. Los coeficientes de variación, nos indican estimados muy buenos para el porcentaje de frutos sanos (13.83%), estimados buenos para el porcentaje de frutos totales enfermos (17.37%), porcentaje de frutos con monilia (16.21%) y porcentaje de frutos con escoba de bruja (17.09%), y estimado regular para el porcentaje de frutos con pudrición parda (23.63%) de los resultados experimentales.

Realizada la prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$), tal como se muestra en el Cuadro 7, se observa un mayor porcentaje de frutos totales sanos en el tratamiento T_4 (Control químico) con 65.082%, no diferenciándose estadísticamente de los tratamientos T_3 (*Trichoderma harzianum*) y T_1 (*Trichoderma stromaticum*) con 58.228 y 57.875%, respectivamente; pero sí, de los tratamientos T_2 (*Trichoderma* T_6) y T_1 (Testigo), que obtuvieron los menores porcentajes de frutos sanos con 50.633 y 46.503%, respectivamente (Figura 1).

CUADRO 6. Resumen del análisis de variancia para el porcentaje de incidencia de frutos enfermos con moniliasis y otras enfermedades del cacao (Dic. 2000 – Dic. 2001).

Fuentes de variación	G.L	Cuadrados medios				
		Total Sanos	Total enfermos	Monilia	Escoba de Bruja ^{1/}	Pudrición parda ^{1/}
Tratamientos	4	209.417 S	209.417 S	228.044 AS	0.0091 NS	0.0578 NS
Bloques	3	212.474 S	212.474 S	274.171 AS	0.0211 NS	0.7407 NS
Error experimental	12	59.285	59.285	42.025	0.0232	0.2383
Total	19					
c.v. (%)		13.83%	17.37%	16.21%	17.09%	23.63%

^{1/} Datos transformados a $\sqrt{x + 0.5}$

NS Diferencias no significativas

S Diferencias significativas al 5% de probabilidad

AS Diferencias significativas al 1% de probabilidad

CUADRO 7. Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el porcentaje de incidencia de frutos enfermos con moniliasis y otras enfermedades del cacao.

Clave	Tratamiento	Porcentaje de incidencia de frutos por parcela ^{1/}				
		Total Sanos	Total enfermos	Monilia	Escoba de Bruja	Pudrición parda
T ₁	<i>T. stromaticum</i>	57.875 a b	42.125 a b	38.315 b c	0.252 (0.867) a	3.472 (1.993) a
T ₂	<i>Trichoderma</i> T ₆	50.633 b	49.368 a	45.302 a b	0.192 (0.832) a	3.512 (2.003) a
T ₃	<i>T. harzianum</i>	58.228 a b	41.773 a b	37.710 b c	0.378 (0.937) a	3.440 (1.985) a
T ₄	Control químico	65.082 a	34.918 b	29.545 c	0.387 (0.942) a	4.653 (2.270) a
T ₅	Testigo	46.503 b	53.498 a	49.085 a	0.260 (0.872) a	3.826 (2.080) a

^{1/} Incluye a frutos cosechados y no cosechados

(Valor) Datos transformados a $\sqrt{x+0.5}$

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

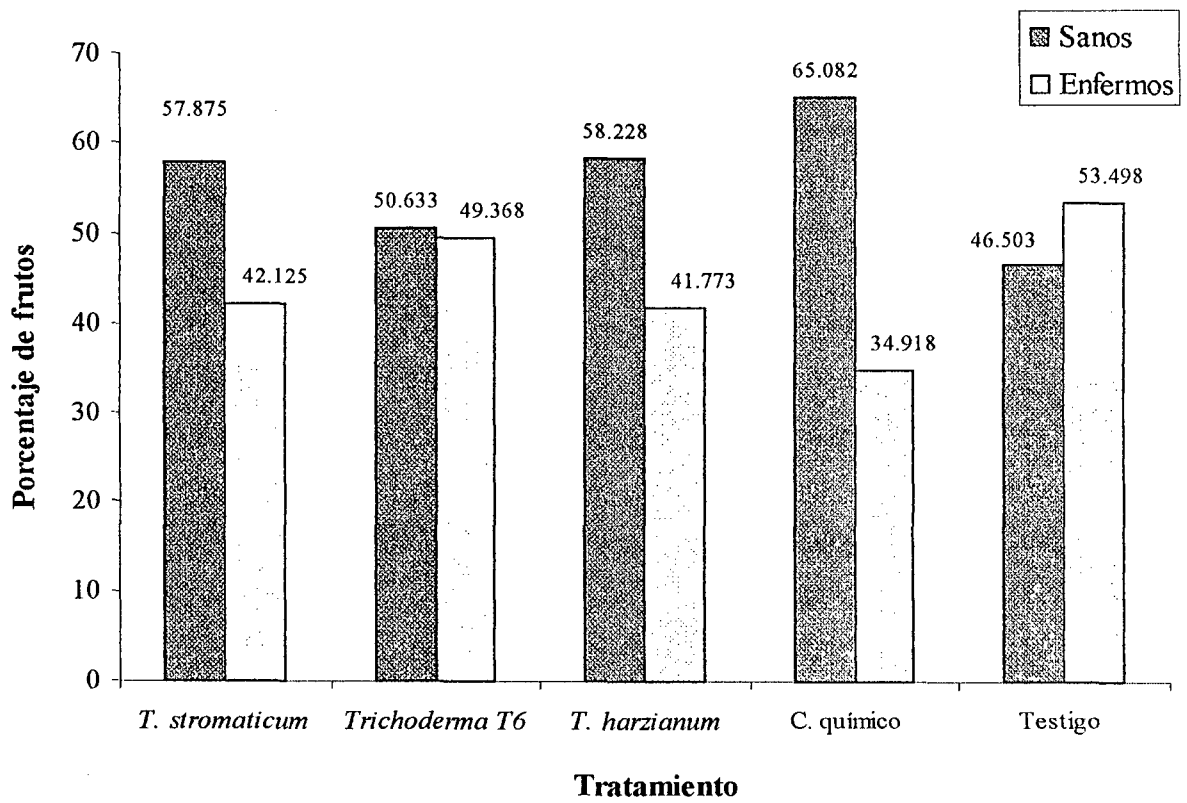


FIGURA 1. Porcentaje de frutos cosechados totales sanos y enfermos de cacao en Tingo María.

En lo que respecta al porcentaje de frutos enfermos (Cuadro 7 y Figura 1), se observa un efecto contrario del porcentaje de frutos sanos; donde los tratamientos T₅ (Testigo) y T₂ (*Trichoderma* T₆) muestran los menores efectos de control, con 53.498 y 49.368% de frutos enfermos, respectivamente.; diferenciándose estadísticamente del tratamiento T₄ (Control químico) que obtuvo solamente 34.918% de frutos enfermos.

En el mismo Cuadro 7 y Figura 2, se muestra los valores promedios de frutos con “monilia”, “escoba de bruja” y “pudrición parda” para cada tratamiento en estudio, notándose mayores porcentajes de frutos afectados con monilia, en relación al porcentaje de frutos afectados con “escoba de bruja” (menor de 0.5%) y “pudrición parda” (menor de 5.0%).

En relación al porcentaje de frutos afectados con “monilia”, el tratamiento T₅ (testigo), muestra la mayor infección con 49.085%, no diferenciándose estadísticamente solamente del tratamiento T₂ (*Trichoderma* T₆). El tratamiento T₄ (Control químico), muestra el menor porcentaje de infección con 29.545%. Con respecto al porcentaje de frutos afectados con “escoba de bruja” y “pudrición parda” no se observa diferencias significativas entre tratamiento.

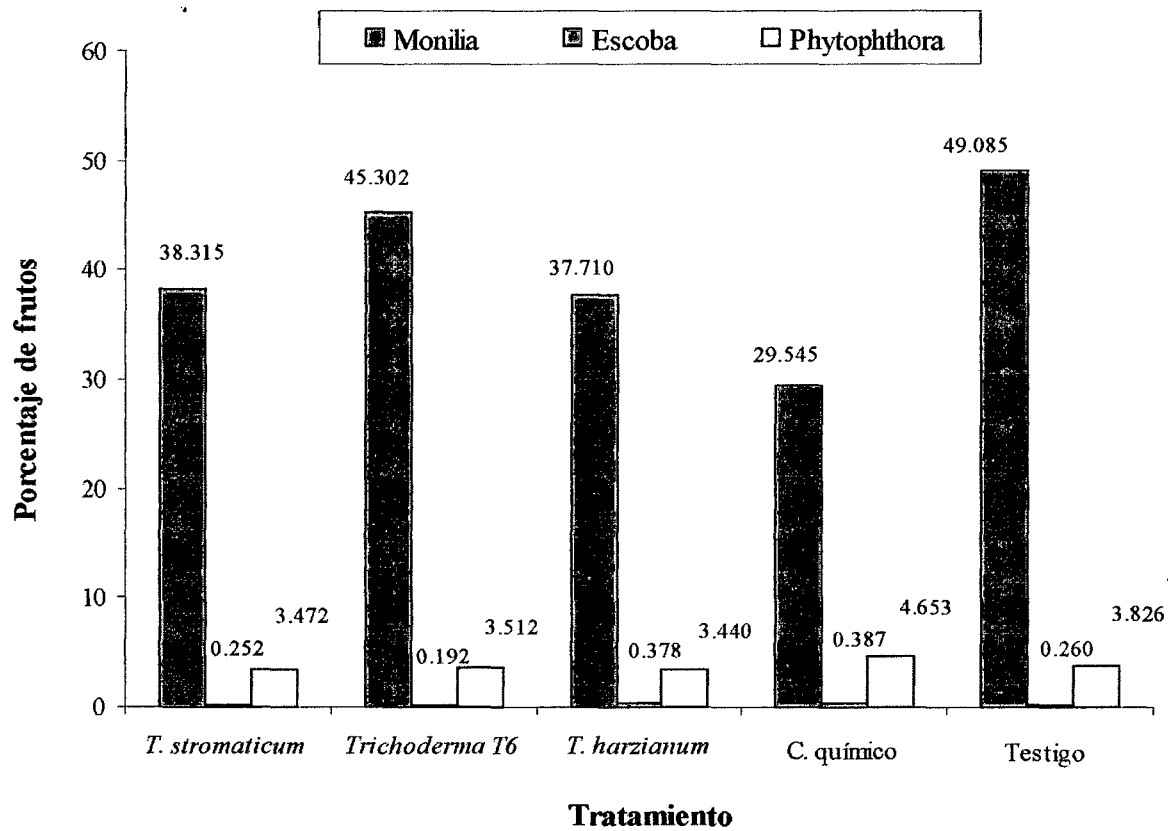


FIGURA 2. Porcentaje de frutos cosechados afectados con moniliasis, escoba de bruja y pudrición parda en frutos de cacao.

En las Figuras 3, 4 y 5, se muestra el comportamiento mensual de frutos infectados con “moniliasis”, “pudrición parda” y “escoba de bruja” de los cinco tratamientos en estudio en relación a la temperatura (°C), precipitación (mm), humedad relativa (%) y heliofanía (Horas sol).

En relación a la proporción de frutos con moniliasis, se observa dos picos diferenciables; el primero entre los meses de Mayo - Junio y, el segundo entre Agosto - Octubre, meses con las menores precipitaciones pero a la vez con las temperaturas más altas. También se puede observar en la Figura 3, que durante estos meses correspondientes a los meses de mayor infección, se observa valores altos de heliofanía; indicándonos posiblemente un efecto positivo de las horas sol en la infección de frutos con moniliasis.

Tendencias similares, se observa para la curva de comportamiento de frutos infectados con pudrición parda, siendo posiblemente favorecido su infección con el incremento de la heliofanía (horas sol) durante estos meses de mayor infección (Figura 4).

Con respecto a la proporción de frutos infectados con escoba de bruja (Figura 5), se observa proporciones de infección relativamente bajas y casi constantes de todos los tratamientos en estudio, a excepción de Diciembre 2000 y Enero - Febrero 2001, que mostraron las proporciones más elevadas.

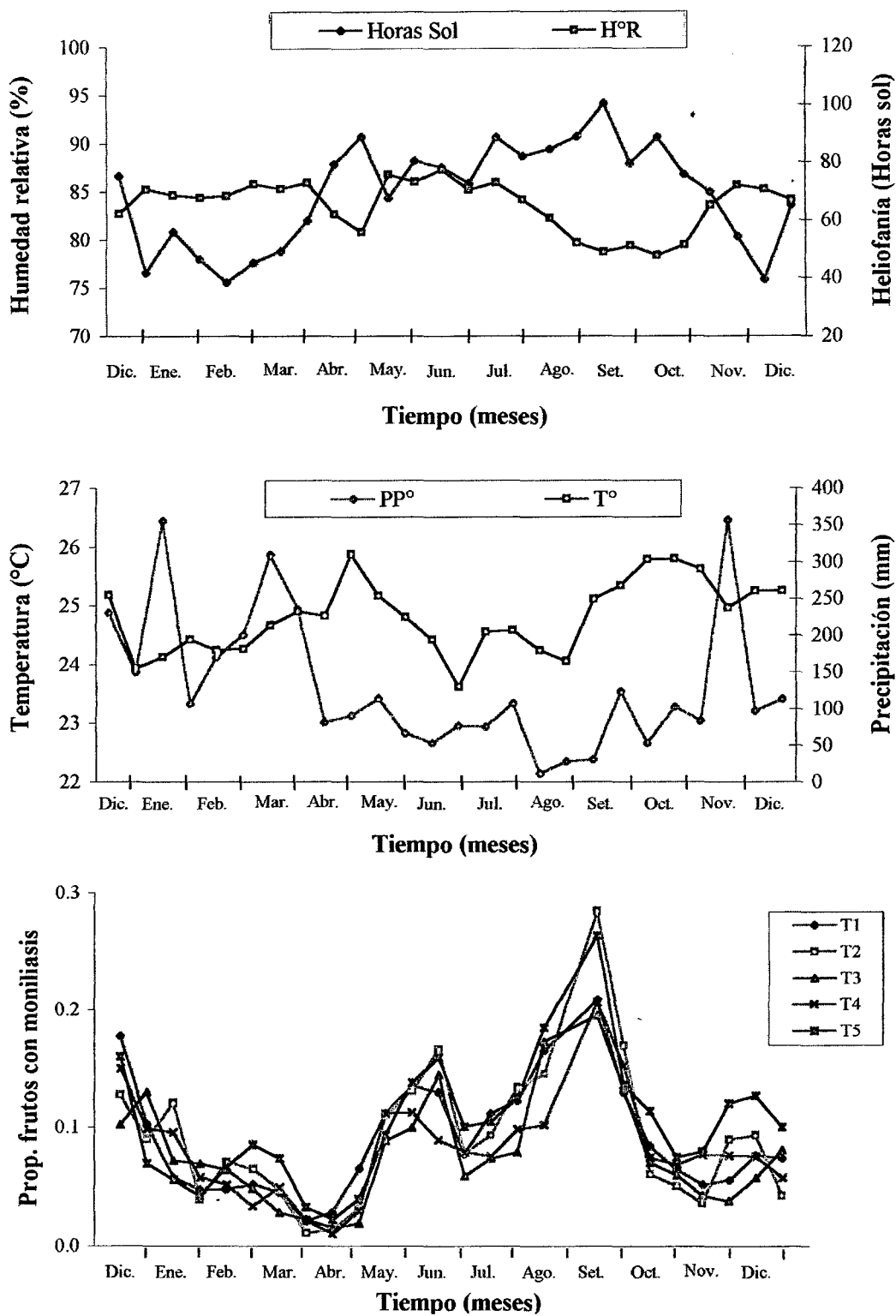


FIGURA 3. Comportamiento de progreso de la enfermedad en frutos cosechados de cacao causados por *Moniliophthora roreri* y su relación con parámetros meteorológicos.

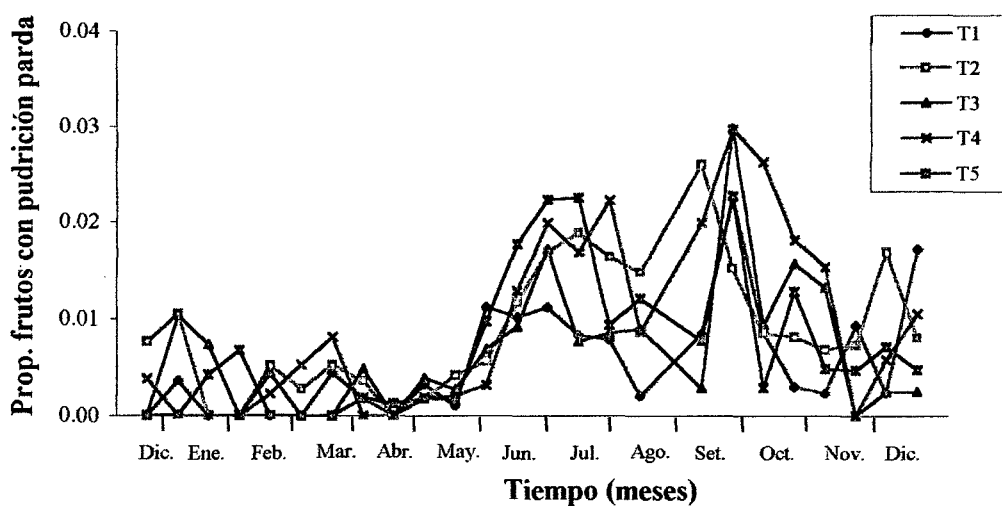
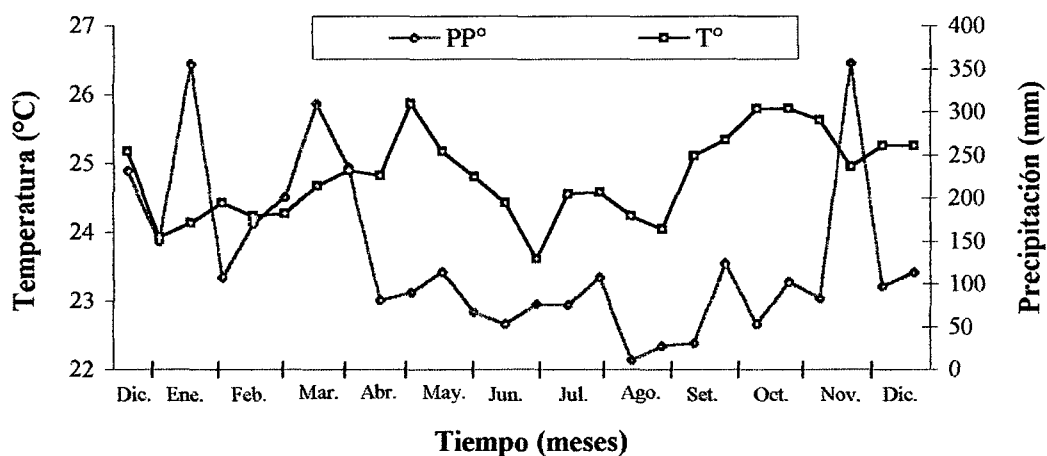
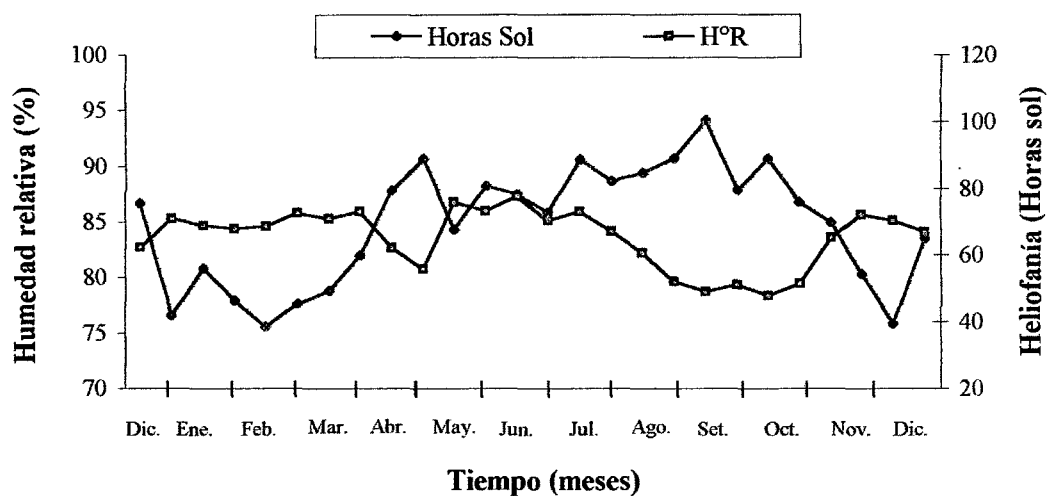


FIGURA 4. Comportamiento de progreso de la enfermedad en frutos cosechados de cacao causados por *Phytophthora palmivora* y su relación con parámetros meteorológicos.

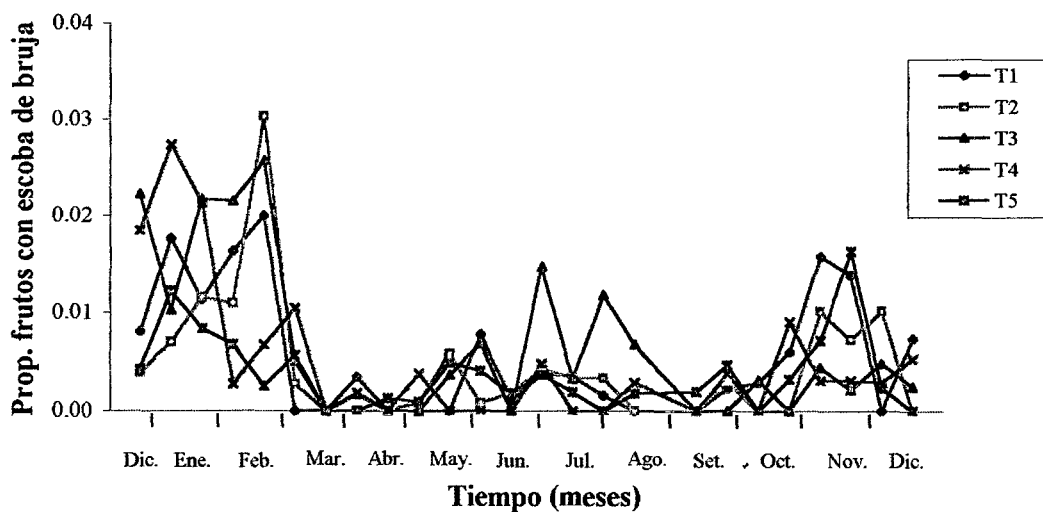
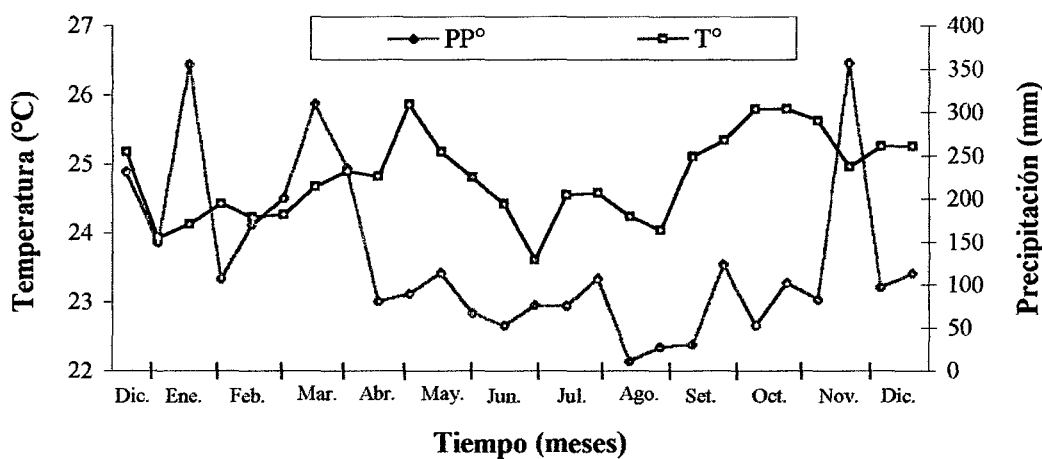
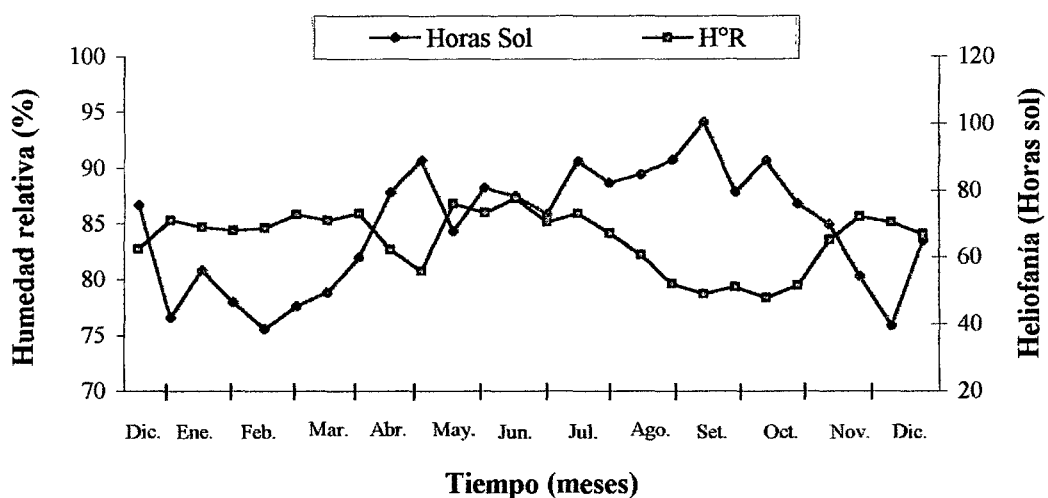


FIGURA 5. Comportamiento de progreso de la enfermedad en frutos cosechados de cacao causados por *Crinipellis pernicioso* y su relación con parámetros meteorológicos.

4.3 PRODUCCIÓN DE ALMENDRA SECA DE CACAO

En el Cuadro 8, se muestra los valores promedios expresados en peso de almendra húmeda (kg/parcela) y seca (kg/parcela y kg/ha) obtenidos de frutos sanos y enfermos en la cosecha.

En relación al peso de almendra húmeda y enferma expresado en kg/parcela (Figura 6), se observa que el tratamiento T₁ (*T. stromaticum*) obtuvo el mayor peso de almendra húmeda sana con 34.441 kg; mientras que el tratamiento T₄ (Control químico) presentó el mejor efecto de control expresado en almendra húmeda enferma con 16.303 kg/parcela.

Con respecto a la cantidad de almendra seca sana, el Tratamiento T₁ (*T. stromaticum*) presentó el más alto rendimiento con 538.14 kg/ha, no existiendo diferencias significativas con los demás tratamientos en estudio, pero sí diferencias numéricas, donde el tratamiento T₅ (testigo) logró el menor rendimiento con 430.55 kg/ha de almendra seca sana.

CUADRO 8. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el peso promedio de almendras de cacao en estado seco por efecto de la aplicación de los tratamientos en Tingo María (Diciembre 2000 - Diciembre 2001).

Clave	Tratamiento	Almendra húmeda (kg/parcela)			Almendra sana seca	
		Total (S + E)	Total Sanos	Total enfermos	kg/parcela	kg/ha
T ₁	<i>T. stromaticum</i>	60.709 a	34.441 a	26.268 a	13.777 a	538.14 a
T ₂	<i>Trichoderma</i> T ₆	60.809 a	31.873 a	28.936 a	12.749 a	498.01 a
T ₃	<i>T. harzianum</i>	52.542 a	31.962 a	20.580 a	12.785 a	499.41 a
T ₄	Control químico	48.621 a	32.319 a	16.303 a	12.927 a	504.98 a
T ₅	Testigo	58.792 a	27.555 a	31.236 a	11.022 a	430.55 a

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

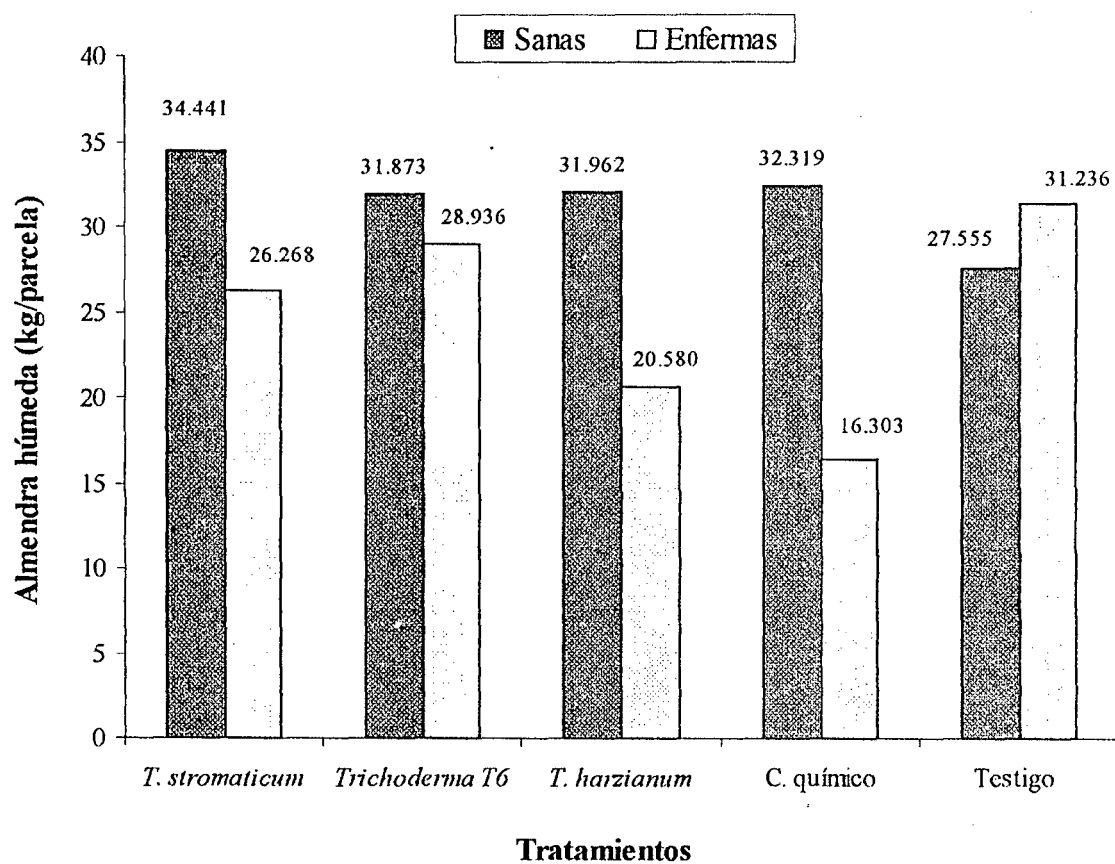


FIGURA 6. Peso promedio de almendra húmeda sana y enferma de cacao por parcela por efecto de los tratamientos en estudio en Tingo María.

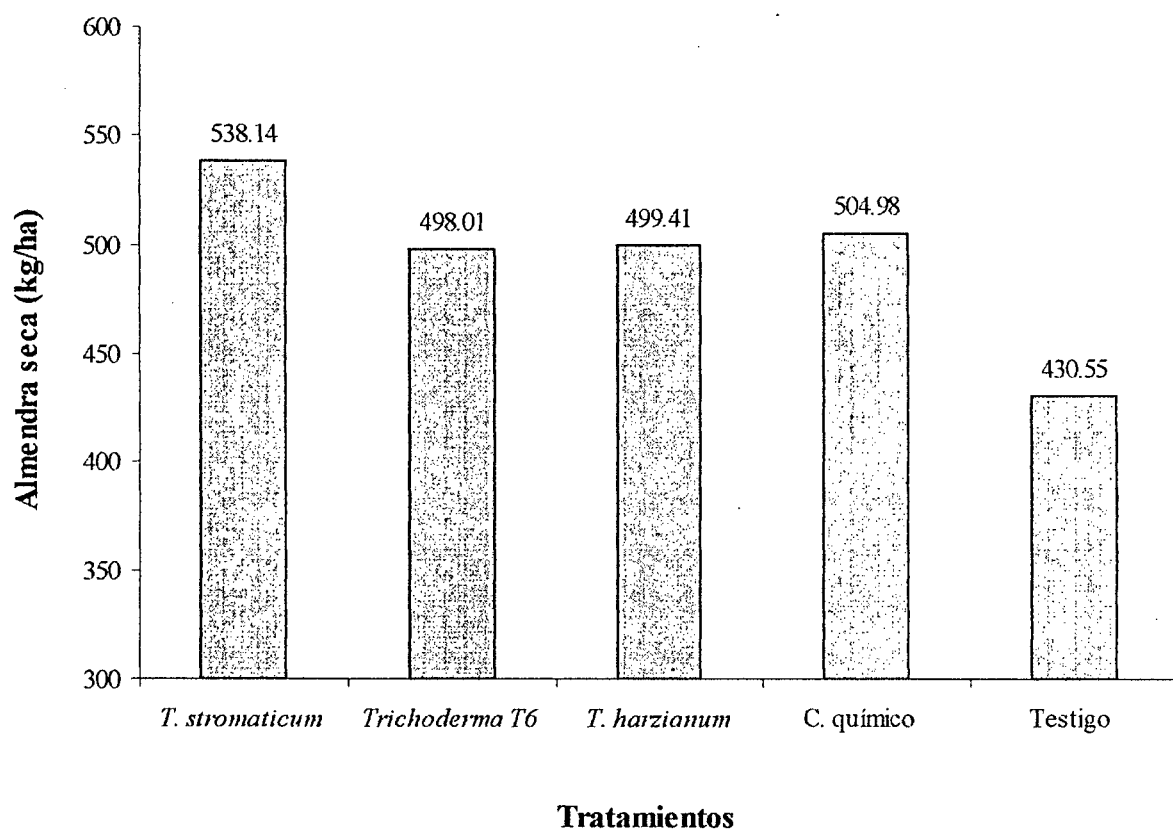


FIGURA 7. Almendra seca de cacao por efecto de los tratamientos en estudio en Tingo María.

4.4 ANÁLISIS DE LA TASA DE INFECCIÓN Y EL ÁREA DEBAJO DE LA CURVA DE PROGRESO DE LA ENFERMEDAD (ADCPE) DE CACAO

En el Cuadro 11, se muestra el resumen del análisis de variancia para la tasa de infección y el área debajo de la curva de progreso de la enfermedad total (ADCPET); observándose que no existe diferencias significativas para tratamientos y bloques en las dos variables en estudio. Los coeficientes de variación nos indican rangos entre excelentes a muy buenos para los resultados experimentales.

La prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la tasa de infección y área debajo de la curva de progreso de la enfermedad total (ADCPET) de los tratamientos en estudio se muestra en el Cuadro 10. En relación a la tasa de infección, el tratamiento T₅ (Testigo) ocupa el primer lugar presentando el más alto valor (0.0022), no mostrando diferencias estadísticas significativas con los tratamientos biológicos (T₁, T₂ y T₃), pero sí del tratamiento T₄ (Control químico), que fue el que obtuvo la menor tasa de infección. Estos valores de tasa de infección van a repercutir en el tiempo en el área debajo de la curva de progreso de la enfermedad total (ADCPET), que a su vez presentaron las mismas tendencias.

En lo que respecta a *Moniliophthora roreri*, en el Cuadro 11, se muestra la tasa de infección y ADCPE de esta enfermedad; encontrando diferencias significativas al 5% de probabilidad para la tasa de infección para tratamientos y

bloques. Para el efecto de bloques en el ADCPE existen diferencias significativas al 5% de probabilidad. Los coeficientes de variación nos indica estimado excelente para la tasa de infección (0.04%), y estimado muy bueno para el ADCPE (12.02%).

De la prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$), Cuadro 12, en relación a la tasa de infección, el tratamiento T₅ (testigo) obtuvo el mayor valor con 0.00194, comportándose estadísticamente en forma similar a los tratamientos biológicos (T₁, T₂ y T₃), y a la vez mostrando diferencias estadísticas con el tratamiento T₄ (control químico) que fue el que presentó la menor tasa de infección.

Como resultado de la menor tasa de infección mostrado por el tratamiento T₄ (control químico), se muestra una menor ADCPE (42.99), no diferenciándose estadísticamente de los tratamientos biológicos (T₁, T₂ y T₃), pero sí del tratamiento testigo (T₅) que alcanzo el mayor valor de ADCPE (70.48); indicándonos un efecto positivo los tratamientos T₄ (control químico), T₃ (*T. harzianum*), T₁ (*T. stromaticum*) y T₂ (*Trichoderma* T₆), observándose dicha evolución de la enfermedad y su curva linearizada en la Figura 8; mientras que para la pudrición parda (*Phytophthora palmivora*) se muestra en la Figura 9.

CUADRO 9. Resumen del análisis de variancia para el inóculo inicial, tasa de infección y área debajo de la curva de progreso de enfermedad total (ADCPET)

Fuentes de variación	G.L.	Cuadrados medios	
		Tasa de infección ^{1/}	ADCPET ^{1/}
Tratamientos	4	0.00000029 NS	1.75418250 NS
Bloques	3	0.00000033 NS	2.59392500 NS
Error	12	0.00000010	1.00059580
Total	19		
	c.v. (%)	0.05 %	12.43 %

^{1/} Datos transformados a $\sqrt{x + 0.5}$

NS : Diferencias no significativas.

CUADRO 10. Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la tasa de infección y área debajo de la curva de progreso de la enfermedad total (ADCPET).

Clave	Tratamiento	Tasa de infección ^{1/}	ADCPET ^{1/}
T ₁	<i>T. stromaticum</i>	0.7084 (0.0018) a b	8.163 (66.1346) a b
T ₂	<i>Trichoderma</i> T ₆	0.7085 (0.0020) a b	8.418 (70.3627) a b
T ₃	<i>T. harzianum</i>	0.7082 (0.0016) a b	7.745 (59.4850) a b
T ₄	Control químico	0.7080 (0.0012) b	7.082 (49.6547) b
T ₅	Testigo (sin aplicación)	0.7087 (0.0022) a	8.810 (77.1161) a

^{1/} Datos transformados a $\sqrt{x + 0.5}$

(Valor) Datos originales.

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

CUADRO 11. Resumen del análisis de variancia para la tasa de infección y área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) de *Moniliophthora roreri*.

Fuentes de variación	G.L.	Cuadrados medios	
		Tasa de infección ^{1/}	ADCPE ^{1/}
Tratamientos	4	0.00000026 S	1.9876075 NS
Bloques	3	0.00000038 S	3.3113650 S
Error experimental	12	0.00000007	0.8452608
Total	19		
	c.v. (%)	0.04 %	12.02 %

^{1/} Datos transformados a $\sqrt{x + 0.5}$

NS : Diferencias no significativas

S : Diferencias significativas al 5% de probabilidad.

CUADRO 12. Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la tasa de infección y área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) de *Moniliophthora roreri*.

Clave	Tratamiento	Tasa de infección ^{1/}	ADCPE ^{1/}
T ₁	<i>T. stromaticum</i>	0.70825 (0.00162) a	7.763 (59.76) a b
T ₂	<i>Trichoderma</i> T ₆	0.70835 (0.00176) a	8.083 (64.83) a b
T ₃	<i>T. harzianum</i>	0.70808 (0.00137) a b	7.378 (53.93) a b
T ₄	Control químico	0.70783 (0.00102) b	6.595 (42.99) b
T ₅	Testigo (sin aplicación)	0.70848 (0.00194) a	8.425 (70.48) a

(Valor) Datos originales.

^{1/} Datos transformados a $\sqrt{x + 0.5}$

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

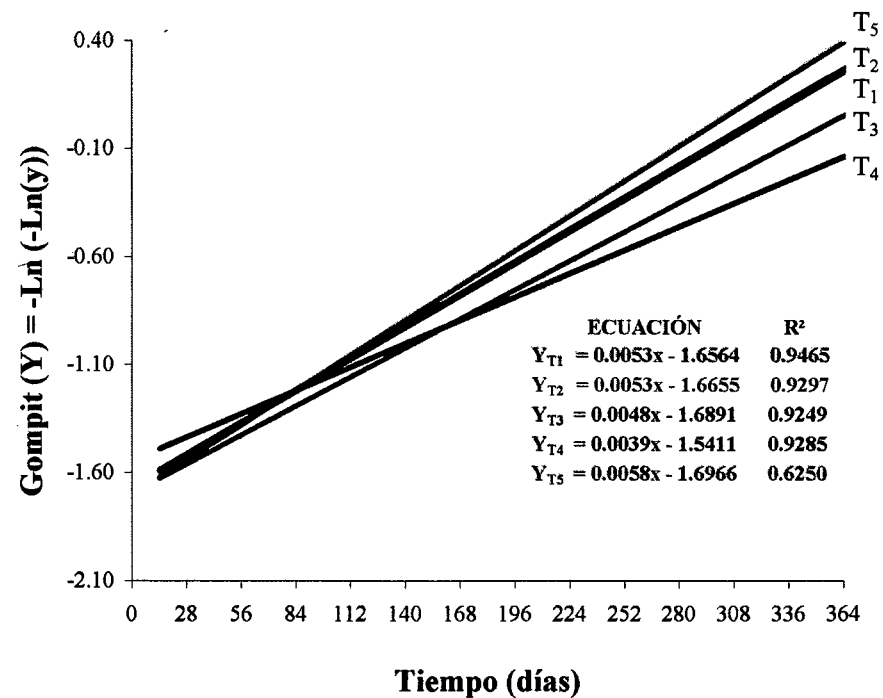
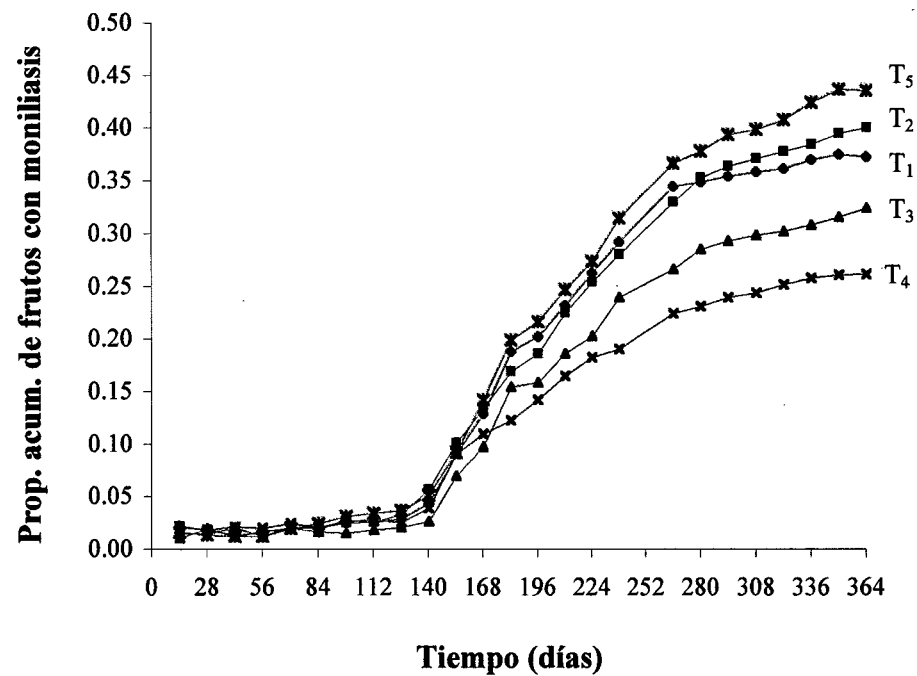


FIGURA 8. Curva de progreso de la enfermedad moniliasis (*Moniliophthora roreri*) sobre frutos de cacao y linearización de las curvas por transformación Gompit.

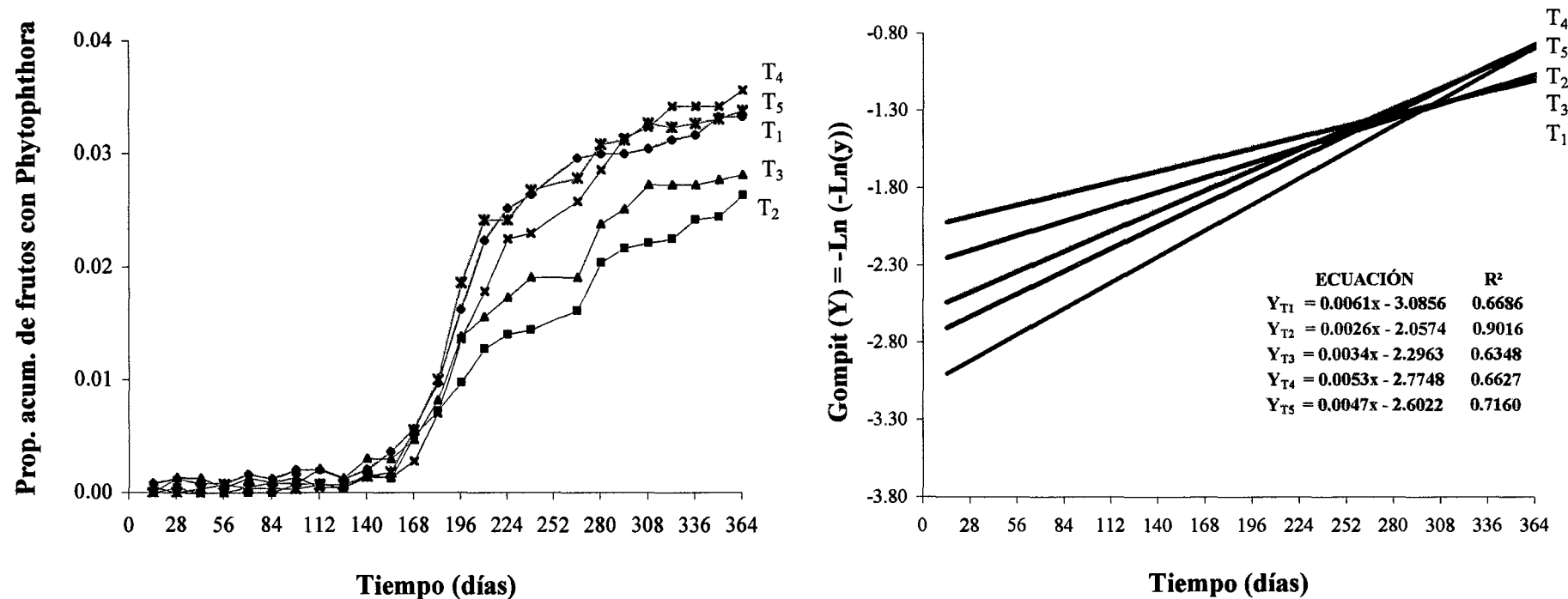


FIGURA 9. Curva de progreso de la enfermedad pudrición parda (*Phytophthora palmivora*) sobre frutos de cacao y linearización de las curvas por transformación Gompit.

4.5 COSTO DE PRODUCCIÓN DE *Trichoderma* sp. Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

En el Cuadro 13, se muestra el análisis económico de los tratamientos en estudio realizado en el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, notándose que los costos por concepto de insumos correspondientes a los antagonistas (T_1 , T_2 y T_3) son significativamente inferiores al del control químico, que aunado al efecto de control de estos productos constituye una fuente potencial de control de las principales enfermedades de cacao. Además, se puede observar que estos tratamientos alcanzaron los mayores índices de relación Beneficio/Costo en comparación del tratamiento T_4 (Control químico), que a pesar de mostrar un mejor efecto de control de las principales enfermedades de cacao, muestra el más bajo índice de relación Beneficio/Costo (1.18).

CUADRO 13. Análisis económico de los tratamientos en estudio.

Clave	Tratamiento	Insumos ¹	Mano de obra ²	Costo adicional (S/.)		Costo de producción (S/.)	Rdto. (kg/ha)	Ingreso bruto ³ (S/.)	Utilidad (S/.)	B/C
				Poda y deshierbo	Cosecha y remoción frutos					
T ₁	<i>T. stromaticum</i>	204.84	160.00	210.00	526.10	1100.94	538.14	1614.42	513.48	1.47
T ₂	<i>Trichoderma</i> T ₆	204.84	160.00	210.00	471.60	1046.44	498.01	1494.03	447.59	1.43
T ₃	<i>T. harzianum</i>	204.84	160.00	210.00	459.70	1034.54	499.41	1498.23	463.69	1.46
T ₄	Control químico	493.60	160.00	210.00	420.00	1283.60	504.98	1514.94	231.34	1.18
T ₅	Testigo	----	----	210.00	630.70	840.70	430.55	1291.65	450.95	1.54

¹ Costo de aplicación de *Trichoderma* = S/. 6.83 / kg x 3.5 kg/ha x 8 aplicaciones = S/. 191.24 + S/. 13.60 (adherente) = S/. 204.84
Costo de aplicación del control químico = S/. 30.00 / kg x 2.0 kg/ha x 8 aplicaciones = S/. 480.00 + S/. 13.60 (adherente) = S/. 493.60

² Costo de aplicación (mano de obra) = 2 jornales/aplicación/ha x 8 aplicaciones x S/. 10.00 / jornal = S/. 160.00

³ Costo de 1 kg de grano seco de cacao = S/. 3.00

VI. DISCUSIÓN

5.1 DE LA INCIDENCIA DE ENFERMEDADES EN FRUTOS

En cuanto al número de frutos totales (sanos + enfermos) no se encontró diferencias estadísticas entre los tratamientos, pero si se puede observar diferencias numéricas entre los tratamientos tal como se observa en el Cuadro 5, en el cual se observa que el tratamiento testigo (T_5) obtuvo el mayor número de frutos totales, encontrándose en menor cantidad de frutos totales en el tratamiento T_4 que corresponde al control químico.

De total de frutos sanos no se encontró diferencias estadísticas entre los tratamientos, que si se observa diferencias numéricas entre los tratamientos, encontrándose un mayor número de frutos sanos totales en el tratamiento T_1 , y esta concuerda con un mayor rendimiento obtenido en este tratamiento.

En cuanto al número de frutos enfermos totales se encontró significación estadística, entre el tratamiento con control químico (T_4) respecto al tratamiento testigo (T_5), en el cual se puede encontrar que existe un buen efecto en el control de enfermedades con control químico, respecto al tratamiento testigo que no se hizo aplicaciones.

En el Cuadro 5, se puede observar que no existe significación estadística entre los tratamientos biológicos (T_1 , T_2 , T_3), respecto al tratamiento químico, pero si se

observó un mejor efecto de control en el tratamiento químico, pero esta no descarta la posibilidad de utilizar *Trichoderma*, en el control de enfermedades de cacao, sobre todo si se trabaja a largo plazo resulta ser mucho mejor la aplicación de cualquiera de los tratamientos biológicos (*Trichoderma*), ya que el hongo micopatógeno puede ser diseminado a toda la plantación y colonizar el suelo, sobre todo considerando que el efecto de control biológico no es de inmediato como si lo es el control químico, es decir el efecto del control biológico, se puede medir mejor a un mayor plazo.

Si comparamos los tratamientos biológicos (T_1 , T_2 , T_3), con respecto al tratamiento testigo (T_5), no encontramos significación estadística, pero si se puede observar una diferencia mínima en cuanto a la cantidad de frutos enfermos, porque en el tratamiento testigo (T_5) se encontró un mayor número de frutos enfermos respecto a los tratamientos con *Trichoderma* donde se encontraron menor número de frutos enfermos.

El tratamiento testigo es el que logró el mayor número de frutos enfermos con 311 frutos, y es a la vez el tratamiento que logró mayor número de frutos totales, por lo que se puede aseverar que a parte de que hubo un efecto de control en los diferentes *Trichodermas* y de producto químico, a la vez esta producción varia acentuadamente de acuerdo con el genotipo de los árboles, considerando que la plantación donde se realizó el presente trabajo, lo constituyen una mezcla de híbridos cuyos progenitores son desconocidos.

Respecto al número de frutos enfermos con monilia, se observa un mayor número de frutos enfermos con monilia (287 frutos) en el tratamiento testigo, y una menor cantidad de frutos enfermos con monilia en el tratamiento con producto químico (T₄), determinando de que existe un buen efecto de control de moniliasis aplicando el producto químico (Akuprox).

Al comparar los tratamientos con *Trichoderma* (T₁, T₂, T₃), respecto al tratamiento químico no encontramos diferencias estadísticas, pero si se observa un mejor efecto en el control, al utilizar el producto químico, los tratamientos con *Trichoderma* no muestran significación estadística respecto al testigo pero si se observa un cierto nivel de control con las *Trichodermas*, teniendo en consideración el número de frutos enfermos con monilia, puesto que en el tratamiento testigo, existe un mayor número de frutos enfermos con monilia en comparación con los tratamientos en los cuales se hizo aplicaciones de *Trichoderma*.

Respecto el número de frutos enfermos con escoba de bruja y pudrición parda, no se encontró significación estadística entre los tratamientos, sobre todo en la cantidad de frutos afectados por estas 2 enfermedades es bajo en comparación con el número de frutos enfermos con monilia, razón por la cual no se puede comprobar diferencias estadísticamente. Encontrando un mayor número de frutos afectados por pudrición parda en el tratamiento (T₅) y una menor cantidad en el tratamiento T₂. En cuanto al número de frutos afectados por escoba de bruja, no se

observa significación estadística entre los tratamientos, pero tan poco se observa diferencia numérica significativa, que pueden marcar la diferencia entre los tratamientos, esta se debe a un alto índice de moniliasis dentro de la plantación, la cual por su fácil distribución en la plantación resulta siendo significativo, en comparación con escoba de bruja y pudrición parda.

5.2 DE LA INCIDENCIA DE LAS ENFERMEDADES EN ESTUDIO

5.2.1 Del porcentaje de incidencia en frutos por moniliasis

En cuanto al porcentaje de incidencia de frutos enfermos con moniliasis, esto fue superior en el tratamiento testigo (T_5), en la cual no se hizo aplicaciones; mientras que los tratamientos que recibieron aplicaciones tanto de producto químico como de biológico, durante todo el periodo de evaluación presentaron menor incidencia de moniliasis. Esto es debido al efecto de control tanto del tratamiento químico y de los tratamientos biológicos, mientras que la alta incidencia de moniliasis en el tratamiento testigo se debe a que se registró mayor número de frutos esporulados en el árbol y durante la cosecha, por no contar con productos protectores ante los principales patógenos de mazorcas de cacao. En trabajos anteriores se encontró que el efecto de labores de cosecha mal realizadas puede incrementar el inóculo en el medio ambiente, ya que va favorecer la liberación de los conidios para infectar a nuevos frutos, porque *M. roreri*, ataca únicamente al fruto y con frutos enfermos que quedan en el árbol son la principal fuente de inóculo (35). Además el efecto de labores de cosecha puede incrementar

el inóculo en el medio ambiente, pues con esta labor se favorece la liberación de los conidios para infectar a nuevos frutos (17).

Durante la evaluación del presente trabajo se pudo observar y constatar la presencia de las diferentes fases de síntomas de moniliasis, desde puntos aceitosos, deformaciones suaves, primera necrosis, fase nubosa el cual es el inicio de la esporulación, presencia de signos con mayor o menor grado de severidad, dependiendo de los tratamientos y de la constitución genéticas de las plantas, demostrándose con esto que el cultivo presento diferentes rangos de susceptibilidad a moniliasis, similares síntomas fueron observados en un estudio realizado en Tingo María en el año 1999 (39).

Todos los tratamientos en las cuales se hizo aplicaciones mostraron eficiencia en la reducción de frutos enfermos (Cuadro 7), en donde se observa que el tratamiento con oxido cuproso (T_4), se obtuvo un menor porcentaje de incidencia de moniliasis, diferenciándose estadísticamente del tratamiento T_5 y del tratamiento T_2 , pero no se comprobó diferencias estadísticas con los tratamientos T_1 y T_3 , pero si se pudo observar diferencias numéricas con respecto al tratamiento T_5 .

De los tratamientos biológicos se pudo comprobar que el tratamiento T_1 y T_3 , mostraron diferencias estadísticas con respecto el tratamiento testigo, comprobando con esto que los tratamientos con *Trichoderma stromaticum* y *Trichoderma harzianum* mostraron un buen efecto de control para la reducción de moniliasis en cacao.

El tratamiento T₂, no mostró diferencias estadísticas significativas con respecto al testigo, pero si se comprobó diferencias numéricas, es decir existió un menor efecto en la reducción de frutos enfermos con moniliasis.

Entre los tratamientos biológicos, no se pudo observar diferencias estadísticas, pero si se pudo observar diferencias numéricas logrando obtener un mayor efecto de control en el tratamiento T₃ que es el de *Trichoderma harzianum* un menor efecto de control se obtuvo en el tratamiento T₂ que es el *Trichoderma* sp. (T₆), estos resultados se puede observar en las Figuras 1 y 2.

5.2.2 Del porcentaje de incidencia en frutos por escoba de bruja y pudrición parda

La incidencia de estas enfermedades en los tratamientos no fueron significativos. En cuanto a la incidencia de escoba de bruja en este trabajo fue bajo, y esto se atribuye sin duda alguna a la drástica reducción del inoculo en el área experimental al momento de iniciar el experimento porque se realizó poda general en todo el ámbito del experimento. En cada evaluación que se realizó (cada 14 días), también se hizo remoción de escobas que se encontró, con la cual se rompía el ciclo de la enfermedad, evitando que esta enfermedad complete su ciclo en la plantación y así evitar que llegue a la fase de esporulación.

Para el caso de pudrición parda no se observo diferencias significativas en los tratamientos, pero si se pudo observar una mayor cantidad de frutos con

pudrición parda en comparación con el número de frutos con escoba de bruja encontrados en el experimento.

En el presente trabajo se pudo observar que el comportamiento y la incidencia de pudrición parda no presentaron diferencias, siendo éstas idénticas en los tratamientos en estudio.

5.2.3 Del comportamiento de frutos enfermos de cacao

Del comportamiento de frutos infectados por “moniliasis”

Tal como se observa en la Figura 3, las condiciones climáticas favorables para el desarrollo de esta enfermedad, tiene una gran importancia respecto al comportamiento de las mismas que una humedad relativa mayor de 80%, en concordancia con la lluvia y temperaturas entre 25 - 30 °C, son los factores que determinan altas infecciones, pero en este trabajo se observó que el mayor pico de la enfermedad, aparte de estar influenciado por las condiciones favorables, existe una relación directa con la fuente de inóculo, porque las aplicaciones se hizo de diciembre hasta abril, y a partir del cual se culminó las aplicaciones, el pico obtiene mayor crecimiento, y esta se puede atribuir que a partir de la fecha donde se culmina las aplicaciones, se incrementa la fuente de inóculo, ocasionando una mayor diseminación por todo el área (22).

En las primeras evaluaciones también se pueden observar un pico grande, esto se puede explicar, de que en un inicio la fuente de inóculo existente en el área fue de un porcentaje elevado, que posteriormente con las aplicaciones se fue

disminuyendo, hasta culminar las aplicaciones, a partir del cual el pico comienza a obtener nuevamente un crecimiento, debido a estas condiciones es que la curva o picos muestran un comportamiento similar en todos los tratamientos, incluido el tratamiento testigo.

Del comportamiento de frutos infectados por pudrición parda

Tal como se observa en la Figura 4, respecto al comportamiento de frutos infectados por pudrición parda, existe un comportamiento similar a moniliasis, aunque en este trabajo la presencia de frutos con pudrición parda fueron bajos, cabe resaltar, que tal como las condiciones climáticas durante el año y a través de los años, de la misma manera los picos de máxima fructificación e infección variaron ligeramente, existiendo a lo largo del año comportamientos diferentes, en algunos casos adelantándose o atrasándose.

Del comportamiento de frutos infectados por escoba de bruja

Con respecto al comportamiento de frutos infectados por escoba de bruja, en la Figura 5, se puede observar un comportamientos diferente al de moniliasis, es decir para el caso de escoba de bruja se observa el mayor pico a inicios de la evaluación, y esto se debe a que a un inicio la fuente de inóculo de escoba de bruja era abundante, y debido a las podas fitosanitarias y a las aplicaciones de los tratamientos estos fueron disminuyendo; esto nos indica que al inicio del trabajo la presencia de escoba de bruja en la plantación fue de un porcentaje elevado, porque el área fue una plantación invadida por escoba de bruja, y al hacer la remoción de escoba se rompió el ciclo de la enfermedad,

disminuyendo paulatinamente el daño originado por esta enfermedad. Al finalizar las evaluaciones también se observa picos grandes, no se descarta la posibilidad de que la fuente de inóculo hayan sido las plantas que se consideraron como bordes, o en todo caso las plantaciones cercanas podrían también haber tenido influencia en este comportamiento, porque a los alrededores del área donde se instaló el trabajo existen plantaciones de cacao prácticamente abandonadas y afectadas con enfermedades en un porcentaje elevado, los cuales constituyen una fuente de inóculo para todo el área.

5.3 DEL PESO DE ALMENDRAS EN ESTADO SECO

En el Cuadro 8, podemos observar la producción expresada en peso de almendra en estado húmedo y seco, no encontrándose diferencias estadísticas significativas entre tratamiento, pero sí, diferencias numéricas. Los tratamientos con los mayores rendimientos fueron aquellos donde se realizaron aplicaciones de producto químico como biológicos.

Esta diferencia de peso de almendra de cacao, aparte de estar influenciando por los tratamientos, está en función del número de frutos producidos, a la vez, ésta producción varía acentuadamente de acuerdo al genotipo de las plantas que va originar un nivel de resistencia a enfermedades diferentes a cada una de ellas (11). Así como también dicha expresión va manifestarse en el índice de mazorca (IM), que no es más que el número de mazorcas necesarias para obtener 1 kg de almendra de cacao seco, siendo un valioso indicador del potencial de rendimiento de los cultivares de cacao (20).

En la Figura 7, en cuanto al peso de almendra húmeda sana y enferma de los tratamientos en estudio, se puede observar el nivel o efecto de control de los tratamientos, cuantificando el rendimiento en peso de almendra húmeda; diferenciándose claramente que los tratamientos en los cuales se hizo aplicaciones obtuvieron un mejor rendimiento en comparación con el testigo. En cuanto a peso seco, se observa en la Figura 8, que en los tratamientos en los cuales se hizo aplicaciones también se obtuvieron los mejores rendimientos en comparación con el tratamiento testigo, sobresaliendo el tratamiento T₁.

5.4 DE LA TASA DE INFECCIÓN Y ÁREA DEBAJO DE LA CURVA DE PROGRESO DE LAS ENFERMEDADES DE CACAO (ADCPET)

5.4.1 Del total de frutos enfermos de cacao

Al iniciarse el experimento en el área de trabajo, la presión de inóculo fue muy alta, debido principalmente al abandono de fincas cacaoteros por los agricultores por motivo de la llegada de la moniliasis a Tingo María (29), que produce hasta 90% de pérdidas en las cosechas (36).

Con respecto a la tasa de infección (Cuadro 10), se observa que las menores intensidades de infección los presenta los tratamientos que recibieron aplicaciones tanto de producto químico como biológico. Estos resultados nos permiten aseverar que de una y otra manera las aplicaciones ejercieron un control de las principales enfermedades fungosas del cultivo de cacao; en la cual el tratamiento con producto químico obtuvo el primer lugar, ejerciendo un mejor efecto de control, seguido por *Trichoderma harzianum* y *T. stromaticum*; mientras

que el tratamiento testigo (sin aplicación) presentó el menor efecto de control, ocupando el último lugar.

En el Cuadro 10, se puede observar que la tasa de infección, en el tratamiento testigo (T_5), muestra el mayor valor, pero no se diferencia estadísticamente de los tratamientos biológicos (T_1 , T_2 y T_3), pero sí muestra diferencias significativas con el tratamiento químico (T_4). Estos resultados un poco más diferenciados se puede observar al hacer el análisis del parámetro epidemiológico área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE), en el que se observa que el tratamiento químico con óxido cuproso (T_4) y el biológico con *Trichoderma harzianum* (T_3) mostraron menores promedios, indicándonos un mejor efecto en el control de las principales enfermedades fungosas del cultivo de cacao.

5.4.2 De frutos de cacao enfermos con moniliasis

La tasa de infección de “monilia” (Cuadro 12), muestra que los tratamientos que recibieron aplicaciones tanto de producto químico como biológico, tuvieron menor tasa de infección que el testigo; donde se puede observar que la tasa de infección de frutos con monilia, difieren estadísticamente entre el tratamiento testigo y el tratamiento químico (T_4), más no entre los tratamientos biológicos respecto al testigo, aseverando de que sí existe una disminución de la tasa de infección con los tratamientos biológicos.

Además, se puede observar que no existe diferencias estadísticas entre el tratamiento químico (T_4) y tratamiento con *Trichoderma harzianum* (T_3), pero sí se puede observar una tasa de infección menor al tratamiento químico, debido a su

mejor efecto de control de moniliasis del cacao, pero esto no descarta la posibilidad de utilizar el *Trichoderma harzianum* en el control de enfermedades fungosas de cacao.

En el Cuadro 12, con respecto al parámetro área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) para moniliasis, se puede observar que el tratamiento testigo (T_5) es el que obtuvo mayor valor (70.48), y difiere estadísticamente del tratamiento químico (T_4). Entre los tratamientos biológicos el *Trichoderma harzianum* (T_3) obtuvo el menor valor (53.93), no difiriendo estadísticamente de los demás tratamientos biológicos, pero sí se puede observar un mejor efecto de *Trichoderma harzianum* (T_3).

5.5 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

El análisis económico nos da la posibilidad de conocer la factibilidad del uso o aplicación de los tratamientos en estudio. En el Cuadro 13 en forma general, se puede observar que el tratamiento T_1 (*Trichoderma stromaticum*) es el que muestra mayor utilidad, mientras que el tratamiento químico (T_4) muestra la menor utilidad. En cuanto a la eficiencia en el control de enfermedades, el tratamiento químico presenta un mejor efecto de control, pero en cuanto a utilidad se obtiene mayor utilidad con los tratamientos biológicos, debido principalmente al bajo costo de producción de los antagonistas en estudio, así como al alto costo y cantidad a utilizar del producto químico requerido para una hectárea en el control de las principales enfermedades del cacao.

El costo de producción (Cuadro 20 del anexo), que es de S/. 6.83 para un kg de *Trichoderma*, es para la inversión de una pequeña empresa, pero si se trata de producir a mayor escala, estos costos tienden a disminuir. La demanda y el uso del control biológico va depender de la conciencia que tomen los que están vinculados en la lucha contra las enfermedades, respecto a la conservación del medio ambiente.

En el Cuadro 13, se puede abreviar los gastos realizados y todo lo obtenido durante la ejecución del experimento, notándose que en el tratamiento testigo (T₅) no se realizaron gastos en insumos y por concepto de aplicación, razón por la cual la utilidad en este tratamiento fue mayor al tratamiento químico (T₄), sobre todo si tenemos en cuenta que el tratamiento químico presenta los mayores gastos por concepto de insumos y mano de obra para las aplicaciones.

Respecto a los tratamientos biológicos, se obtuvo mejor utilidad, debido principalmente a que el costo de los insumos biológicos es menor que los insumos químicos, y esto también está relacionado con el potencial productivo de los árboles de cacao, bajo las condiciones en que se realizó el presente trabajo.

VI. CONCLUSIONES

1. Los tratamiento con aplicaciones, tanto químico y biológicos, obtuvieron rendimientos superiores al testigo (T₅).
2. La menor tasa de infección y área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) lo presentó el tratamiento químico (T₄) , pero a la vez presenta una menor utilidad debido a su alto costo del producto.
3. De las tres especies de *Trichoderma* evaluadas en el presente trabajo, *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma stromaticum* mostraron un mejor efecto en el control de las principales enfermedades de cacao con 41.77 y 42.13% de frutos enfermos respectivamente, en comparación de *Trichoderma* T₆ que obtuvo 49.37% de frutos enfermos.
4. En forma general, los tratamientos que recibieron aplicaciones tanto químicos y biológicos, presentaron menores tasas de infección y área debajo de la curva de progreso de la enfermedad total (ADCPET), en relación al testigo sin aplicación.
5. Del total de frutos enfermos, la moniliasis del cacao constituye la principal enfermedad a tener en cuenta, cuyos valores porcentuales variaron de 29.545 a 49.085% en los diferentes tratamientos en estudio.

6. Los tratamientos con *Trichoderma* obtuvieron las mayores utilidades (S/.) en comparación al tratamiento T₄ (control químico), cuyo costo de producción se vio incrementando por el alto costo de los insumos químicos; mientras que la utilidad obtenida por el tratamiento testigo es relativamente inferior a los tratamientos con *Trichoderma*.

VII. RECOMENDACIONES

1. Adoptar dentro del manejo de enfermedades a los hongos *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma stromaticum* para el control de las principales enfermedades de cacao, por su mejor efecto de control en relación a *Trichoderma* T₆ y tratamiento testigo (sin aplicación).
2. Los nuevos trabajos similares en control biológico de las enfermedades en cacao deben ser evaluados por un período de 2 años como mínimo para cuantificar el efecto acumulativo de este tipo de control.
3. Realizar trabajos de investigación con la finalidad de determinar las condiciones microclimáticas y varietales para mejorar la eficiencia de *Trichodermas* en el control de enfermedades del cultivo de cacao.
4. A la pequeña empresa, formular comercialmente los hongos *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma stromaticum*, para el control de las principales enfermedades del cultivo de cacao.
5. Realizar ensayos comparativos de control biológico con *Trichodermas* en clones comerciales de cacao.

VIII. RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en el Sector de las Brisas (Fundo Lamberto), distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, ubicado geográficamente a 09°09'00" de Latitud Sur, 75°57'00" de Longitud Oeste y a una altitud de 660 m.s.n.m, durante el período Diciembre del 2000 a Diciembre del 2001. El objetivo fue evaluar el efecto del control de 3 especies de *Trichoderma* a las principales enfermedades del cacao en condiciones de campo, y determinar las ventajas comparativas del uso del control químico y biológico en el manejo de enfermedades del cacao.

La plantación seleccionada estuvo constituida de una mezcla de híbridos de polinización libre, de 18 años de edad, a un distanciamiento promedio de 4 x 4 m. el diseño utilizado fue de Bloque Completamente al Azar (DBCA), con 4 bloques y 5 tratamientos y 16 unidades evaluables de 36 plantas por tratamiento. Los tratamientos probados estuvieron conformados por 3 antagonistas del género *Trichoderma* (10^6 conidias/cc), 1 producto químico (óxido cuproso 3% PC) y 1 testigo (sin aplicación). En total se realizaron 8 aplicaciones para los tratamientos a base de antagonistas (*Trichoderma*) y producto químico (akuprox); en intervalos de 30 días para las 5 primeras aplicaciones entre Diciembre 2000 - Abril 2001 y las 3 restantes entre los meses de Octubre – Diciembre 2001.

Las evaluaciones se realizaron cada 14 días, para lo cual se tuvo en cuenta los siguientes parámetros: Número de frutos totales, frutos sanos, frutos enfermos con moniliasis, escoba de bruja y producción parda, incidencia de enfermedades, producción de frutos y almendras húmedas y secas por tratamiento, para posteriormente ser proyectada por hectárea.

Los resultados nos muestran que los mayores rendimientos fueron obtenidos con los tratamientos a base de antagonistas (T_1 , T_2 y T_3) y producto químico (T_4); mientras que el tratamiento testigo (T_5) obtuvo la menor cantidad de almendra sana seca por hectárea (430.55 kg/ha). Dentro de los controladores biológicos del género *Trichoderma* evaluadas en el presente trabajo, *T. harzianum* y *T. stromaticum* mostraron un mejor efecto de control de las principales enfermedades de cacao, expresado en sus menores valores de ADCPET, con 59.4850 y 66.1346, respectivamente, no mostrando diferencias significativas con los demás tratamientos en estudio.

Referente al costo de producción de 1 kg de *Trichoderma*, resulta significativamente económico a comparación de los productos químicos, razón por la cual muestran los mayores índices Beneficio/Costo, cuyos valores fluctúan de 1.64 a 1.67; siendo superado solamente por el tratamiento testigo ($B/C = 1.68$); pero en término monetarios fueron los que obtuvieron las mayores utilidades expresados en nuevos soles.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. ALVAREZ, S. M. 1997. Época de remoción de escoba de bruja *Crinipellis perniciosa* en cacao. Tesis Ing Agr. Universidad Nacional de San Antonio Abad. Cuzco - Perú . Pp. 43.
2. ANDEBRHAN, T. 1984. Epidemiología de vassoura de bruxa nos polos cacaueros de Amazonia Brasileira. CEPLAC-DEPEA. Informe Técnico para Fitopatología . Pp. 46-56.
3. ANDERBRHAN, T. 1985. Witches broom (*Crinipellis perniciosa*) (Stahel) Singer). Principal diseases of cocoa (*Theobroma cacao* L) in the Brazilian Amazon CEPLAC - CEPEA. 25 p
4. ANDEBRHAN, T.; T. ALMEIDA, L.C. y FONSECA, S. E. 1983. Doencas do cacauero. CEPLEC/DEPEA/COPES. Divisao de Fitopatología. Belem - Brasil. Pp. 91.
5. ARANZAZU, H. F. y JARAMILLO de G. C. 1985. Frecuencia de remoción de órganos afectados por escoba de bruja en cultivos de cacao en la Zona Marginal Baja Cafetalera. Informe Técnico - Programa de Cacao ICA, Manizales - Colombia. 10 p.
6. ARÉVALO, G. E. y RAM, A. 2000. Manejo integrado y diagnóstico situacional del cultivo de cacao en el Perú. Informe Técnico. Lima - Perú. Pp. 11-29.

7. BASTIDAS, A. 1953. Patogenicidad de *Monilia* sp. en *Theobroma cacao* L. Cacao en Colombia 2:139-153.
8. BASTOS, C. N. 1996. Mycoparasitic nature of the antagonism between *Trichoderma viride* and *Crinipellis pernicioso*. Brasil. Pp. 50
9. BENITO, J. 1992. Tecnificación del cacao en al Selva Alta peruana. Fundación para el Desarrollo del Agro. Lima - Perú. Pp. 9.
10. BERNAL, A.; ANDREU, C. M. y MOYA, M. M. 1998. Utilización de *Trichoderma* spp. como alternativa ecológica para el control de *Fusarium oxysporum* Schlecht f.sp *Cubense* (E. F. Smith) Snyder & Hans. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Centra de Las Villas. 54 p. (<http://lead.virtualcentre.org/es/enl/bernalalexander.htm>, 10 Ago. 2002).
11. CHAGUA, E. M. 1997. Ciclo de la moniliasis del cacao causado por *Moniliophthora roreri* (Cif. & Par.) Evans *et al*, en Tingo María. Tesis Ing. Agr. Diversidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María – Perú. 54 p.
12. CHAVEZ, M. J. 1990. Efecto de la poda fitosanitaria y la aplicación de fungicidas en cacao en una plantación rehabilitada. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María - Perú. 151 p.
13. CIFERRI, R. y PARODI, E. 1933. Descrizione del fungo che causa la Moniliasis del cacao. *Phytopathologi she Zeitschrif* . 6(5): 539-542.

14. CUBILLOS, G. Z y FABIO, A. H. 1997. Comparación de tres frecuencia de remoción de frutos enfermos en el control de *Monilia roreri* Cif. & Par. Programa de Fitopatología y Cacao del Instituto Colombiano Agropecuario. ICA. Pp. 27-33.
15. CUNDOM, A. y MAZZA, S. 2001. Evaluación de *Trichoderma* spp. contra *Rhizoctonia solani* in vitro e invernáculo. Cátedra de Fitopatología. Facultad de Ciencias Agrarias UNE. Argentina. 4 p. (<http://www.unne.edu.ar/cyt/2001/5-Agrarias/A-051.pdf>, 10 Ago, 2002).
16. EVANS, H. C. 1981. Pod Rot of Cacao caused by *Moniliophthora roreri*. Kew, Surrey England Commonwealth Mycological Institute Phytopathological Papers N° 24. 44 p.
17. EVANS, H. C. y BASTOS, C. N. 1980. Vassoura de bruxa (*Crinipellis perniciosa*), CEPLAC/DEPEA/ASPEA. Comité Técnico N° 10. Belén - Brasil. 45 p.
18. EVANS, H. C.; D. F. EDWARDS and M. RODRIGUEZ. 1978. On the Thaxonomy of *Monilia roreri* and important Phathogen of *Theobroma cacao* in South America. Canadian journal of Botany. 56 (20):2528-2538.
19. FLORES, P. S. 1997. Cultivos de frutales nativos amazónicos. Manual para el extensionista. Proyecto: GEF/PNU/UNOPS.RLA/92/G. Lima, Perú. Pp. 43.
20. GARCÍA, C. L. 2001. Recursos genéticos y mejoramiento del cacao. Separata Técnica. U.N.A.S. - Tingo María, Perú. 15 p.

21. GONZALES, S. C. 1999. Actividad antagónica de *Trichoderma* sp. aislada de un suelo de la provincia Granma, Cuba frente a *Alternaria solani* Sor. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 16:167-173. Cuba (http://www.redpav-fpolar.info.ve/fagroluz/v16_2/v162z005.html).
22. HERNÁNDEZ, T. A.; RÍOS, R. R y E. ARÉVALO G. 1996. Monilia del cacao. Programa de las Naciones Unidad para la Fiscalización Internacional de la Droga. Proyecto AD/PER/759-UNDCP-OSP. Pp. 13-15
23. JÁUREGUI, S. C. 2001. Efecto de fungicidas en el control de las principales enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María – Perú. 103 p.
24. MADDISON, A. C. y GRIFFIN, M. J. 1981. Detection and movement of inoculum. In Epidemiology of Phytophthora on Cocoa in Nigeria. Ed. by P. H. Gregory; A. C. Maddison. England, CMI. Kew. Pp. 25 - 29.
25. MARIN, H. J. 2000. El cultivo de cacao en la amazonía peruana. Ministerio de Agricultura. Edit. Manuel Arca Bielick. Lima, Perú. 105 p.
26. MERCHAN, V. M. 1998. Avances de la Investigación de la Moniliasis del Cacao en Colombia. El Cacaotero Colombiano 6: 26-4.
27. MORENO, G. S. 1993. Aspectos biológicos de patógenos que infectan frutos en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tingo María.. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María - Perú. 89 p.

28. NAUNDORF, G., 1954. Contribuciones al problema de la moniliasis en cacao en Colombia. 3:35-61.
29. PEGLER, R. N. 1979. *Crinipellis perniciosa* (Agaricales). New Bulletin. 32 (4): 731-736. Rev. Plant. Path. 58 (6): 223 p.
30. PÉREZ, N.; CHEMANDIA, M. y LLILARDE, C. 1994. Efecto antagónico de trece aislamientos de *Trichoderma* sp. frente a diferentes patógenos del suelo. Resúmenes de VII Jornada Científica del Instituto Investigaciones Fundamentales de Agricultura Tropical, 4 - 6. Abril. Habana. Pp. 25 - 25.
31. PERSON, J. y GRAY, E. 1921. The Fungi (Descriptions: *Trichoderma* spp). The Spice Mill -Cocoa Section. Inglaterra. Pp. 22 - 31.
32. PORRAS, V. H. y GONZALES, L. C. 1984a. Epidemiología de la moniliasis del cacao (*Monilia roreri*) y su relación con el ciclo de producción en la zona de Matina, Costa Rica. Fitopatología 19 : 78 - 84.
33. -----, 1984b. Liberación de conidias de *Monilia roreri* de frutos enfermos de cacao dejados en el árbol. Fitopatología 19:9-12.
34. RAM, A. 1989. Biology Epidemiology and control of moniliasis (*Moniliophthora roreri*) of cacao. Thesis presented in part fulfillment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in the Faculty of Science of the University of London. Department of pure and Applied Biology Imperial College of Science and Technology Silwood park. Inglaterra. 102 p.

35. RIOS, R. R. 1989. Informe técnico de consultoría en fitopatología. Proyecto AD/PER/86/459. 05 P/PNUD. Promoción Agroindustrial de Desarrollo Rural en la Región de Tingo María. 200 p.
36. -----, 1993. Distribución e incidencia de la moniliasis (*Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al) del cacao en varias áreas del Alto Huallaga. Tropicultura, Volumen II. Tingo María - Perú. Pp. 7 - 16.
37. RORER, J. B. 1925. Discusión of the cacao industry in Ecuador with regard to effect of monilia and witches broom diseases. The Spice Mill -Cocoa Section. Pp. 12 - 18.
38. SHANER, G y FINNEY, R. E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow mildewing resistance in knox wheat. Phytopathology 67: 1051 - 1096.
39. SOBERANIS, R. W. 1999. Remoción de frutos enfermos para el control de la moniliasis y otras enfermedades del cacao en Tingo María. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María - Perú. 130 p.
40. SOBERANIS, R. W.; R. RIOS; E. ARÉVALO; L. ZÚÑIGA ; O. CABEZAS; U. KRAUSS. 1999. Increased Frequency of phytosanitary pod removal in cacao (*Theobroma cacao*) increases yield economically in eastern Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo Maria. Huánuco - Perú. Pp. 678 - 685.

41. SUAREZ, C. 1972a. Mecanismo de penetración y proceso de infección de *Monilia roreri* Cif y Par. en frutos de cacao (*Theobroma cacao* L.). In Internacional Cocoa Research Conference. St. Augustine, 4^{ta}, Trinidad and Tobago. Pp. 506 – 510.
42. ----- . 1987b. Aspectos sobresalientes de la moniliasis del cacao en el Ecuador. Informe Proyecto AD/PER/86 – 458/OSP/PNUD/ONU DT. Desarrollo de la producción y procesamiento del cacao en la región de Tingo María. Tingo María – Perú. 90 p.
43. VELÁSQUEZ, J. y PINEDA, J. 1995. Evaluación de campo de un método de aplicación de *Trichoderma harzianum* Riffai en el control de *Sclerotium rolfsii*. VIII Jornadas de Investigación – Bioagro. Venezuela. 25 p. (<http://www.ars.usda.gov/is/np/mba/jan96/lumsden.htm>, 08 Ago. 2002)

X. ANEXOS

CUADRO 14. Resumen del análisis de variancia para el porcentaje de frutos totales (cosechados y no cosechados) sanos, enfermos, afectados con “Moniliasis”, “Phytophthora” y “Escoba de bruja” en Tingo María.

Fuentes de variación	G.L	Cuadrados medios				
		Sanos	Enfermos	“Moniliasis”	“Phytophthora”	“Escoba de bruja”
Tratamientos	4	26.2001 S	26.2001 S	29.8415 S	0.4014 NS	0.0030 NS
Bloques	3	2.5371 NS	2.5371 NS	3.3871 NS	0.0626 NS	0.0863 NS
Error experimental	12	5.3104	5.3104	4.5639	0.1180	0.0770
Total	19					

NS Diferencias no significativas

S Diferencias significativas al 5% de probabilidad

CUADRO 15. Resumen del análisis de variancia para el inóculo inicial, tasa de infección y área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) de *Phytophthora palmivora*.

Fuentes de variación	G.L.	Cuadrados medios		
		Inóculo inicial ^{1/}	Tasa de infección ^{1/}	ADCPE ^{1/}
Tratamientos	4	0.00000040 NS	0.00000000 NS	0.06019250 NS
Bloques	3	0.00000037 NS	0.00000001 NS	0.63746000 NS
Error	12	0.00000048	0.00000000	0.43600583
Total	19			
c.v. (%)		0.09 %	0.01 %	28.30 %

^{1/} Datos transformados a $\sqrt{x + 0.5}$

NS : Diferencias no significativas

CUADRO 16. Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el inóculo inicial, tasa de infección y área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) de *Phytophthora palmivora*.

Clave	Tratamiento	Inóculo inicial ^{1/}	Tasa de infección ^{1/}	ADCPE ^{1/}
T ₁	<i>T. stromaticum</i>	0.707825 a	0.7072000 a	2.407 a
T ₂	<i>Trichoderma</i> T ₆	0.707100 a	0.7071750 a	2.165 a
T ₃	<i>T. harzianum</i>	0.707100 a	0.7072000 a	2.240 a
T ₄	Control químico	0.707325 a	0.7072250 a	2.440 a
T ₅	Testigo (sin aplicación)	0.707100 a	0.7072000 a	2.413 a

^{1/} Datos transformados a $\sqrt{x + 0.5}$

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

CUADRO 17. Resumen del análisis de variancia para el inóculo inicial, tasa de infección y área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) de *Crinipellis perniciosa*.

Fuentes de variación	G.L.	Cuadrados medios		
		Inóculo inicial ^{1/}	Tasa de infección ^{1/}	ADCPE ^{1/}
Tratamientos	4	0.000000137 NS	0.00040117 NS	0.02529250 NS
Bloques	3	0.000000090 NS	0.00003030 NS	0.03681833 NS
Error	12	0.00000123	0.00034967	0.07567250
Total	19			
	c.v. (%)	0.16 %	2.56 %	24.01 %

^{1/} Datos transformados a $\sqrt{x + 0.5}$

NS : Diferencias no significativas

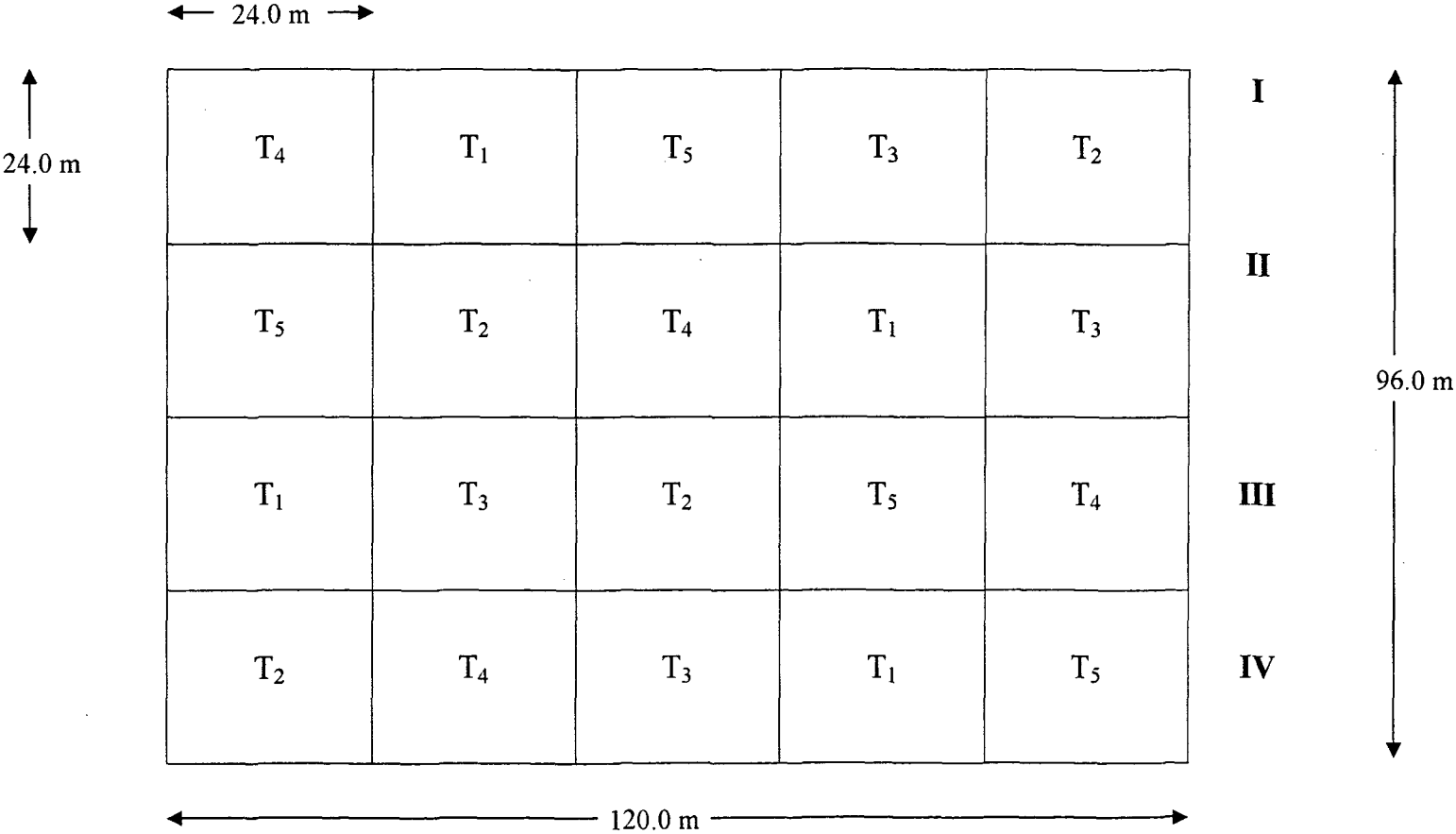
CUADRO 18. Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el inóculo inicial, tasa de infección y área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) de *Crinipellis perniciosa*.

Clave	Tratamiento	Inóculo inicial ^{1/}	Tasa de infección ^{1/}	ADCPE ^{1/}
T ₁	<i>T. stromaticum</i>	0.707375 a	0.7325 a	1.090 a
T ₂	<i>Trichoderma</i> T ₆	0.707575 a	0.7157 a	1.215 a
T ₃	<i>T. harzianum</i>	0.708650 a	0.7304 a	1.227 a
T ₄	Control químico	0.708300 a	0.7338 a	1.152 a
T ₅	Testigo (sin aplicación)	0.707375 a	0.7435 a	1.042 a

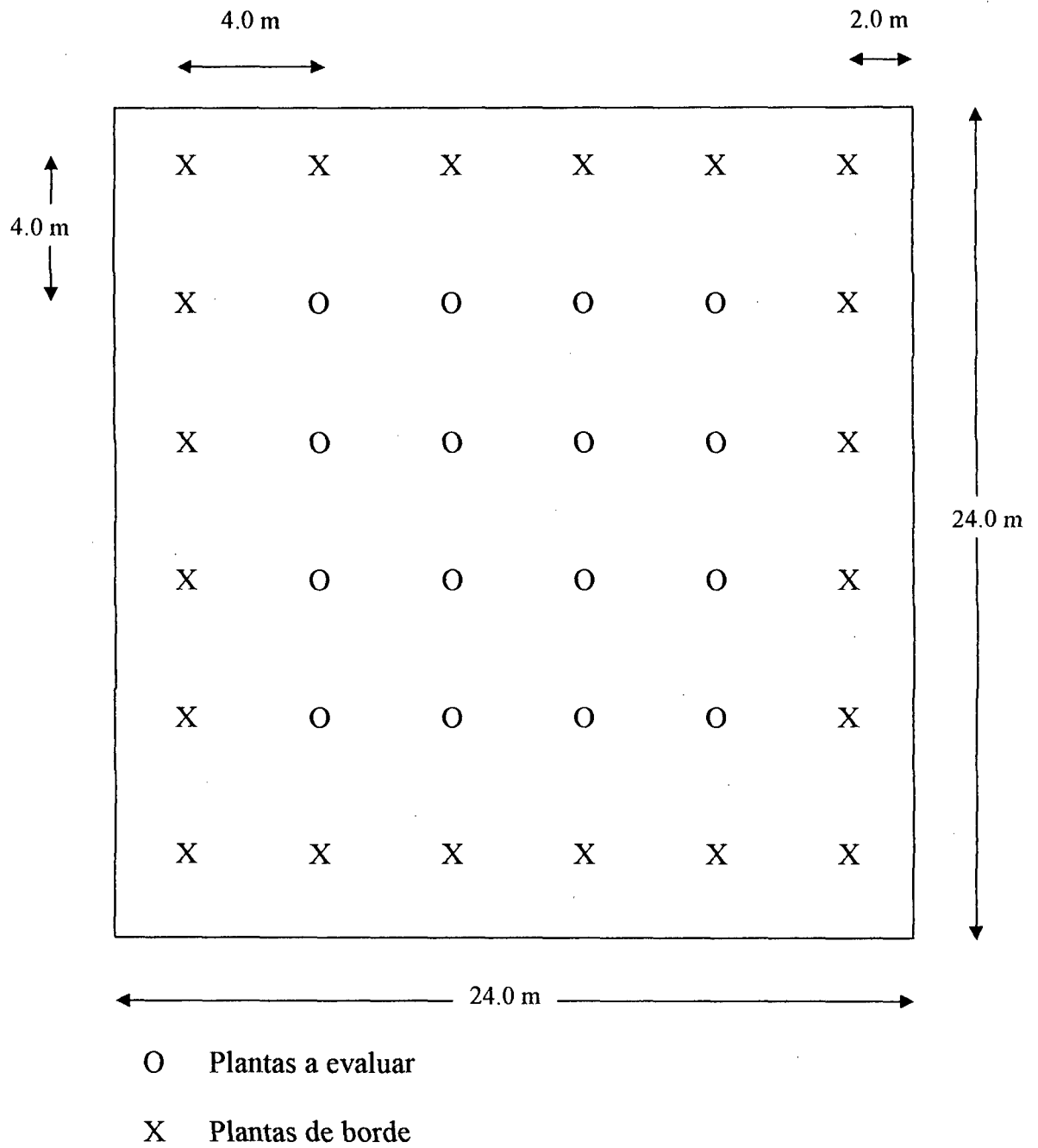
^{1/} Datos transformados a $\sqrt{x + 0.5}$

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

DETALLE DEL CAMPO EXPERIMENTAL



DETALLE DE PARCELA EXPERIMENTAL



CUADRO 20. Costo de producción de un kg de *Trichoderma* en sustrato arroz.

Rubro	Unidad Medida	Cantidad	Costo Unit. (S/.)	Costo Total (S/.)
1. MATERIALES				
- Arroz	kg.	1	1.50	1.50
- Bolsas	Unidad	5	0.03	0.15
- Detergente	kg.	0.015	0.0068	0.10
- Agua destilada	Litros	1.5	0.25	0.37
- Grapas	Unidad	15	0.013	0.20
- Alcohol	Litro	0.020	6.00	0.12
- Algodón	Gramos	5	0.04	0.20
- Energía eléctrica ¹	Kw	0.8	0.46	0.36
2. INOCULO (<i>Trichoderma</i>)				
- Placa colonizada	Placa	1	2.00	2.00
3. MANO DE OBRA				
- Producción <i>Trichoderma</i> ²	Jornal	1	1.50	1.50
Sub Total (S/.)				6.50
Imprevistos (5%)				0.33
Total (S)				6.83

¹ Energía eléctrica utilizada durante el autoclavado de arroz, uso de cámara de flujo laminar, destilación de agua y usos de ambientes.

² Mano de obra para la destilación de agua, autoclavado de arroz, inoculación de *Trichoderma* y limpieza de ambientes del laboratorio de Fitopatología.

CUADRO 21. Concentración de conidias por 10 gramos de arroz a 10 días después de la siembra.

Antagonista	Repeticiones			Promedio	Concentración (conidias/cc)
	1°	2°	3°		
<i>Trichoderma</i> T ₆	670	674	672	672	1.344 x 10 ⁶
<i>T. stromaticum</i>	681	679	683	681	1.362 x 10 ⁶
<i>T. harzianum</i>	711	709	710	710	1.420 x 10 ⁶