



Universidad Nacional Agraria
Facultad de Agronomía

Trabajo de Graduación

**Efecto de enmiendas orgánicas, trichoderma,
microorganismos eficientes y metalaxil en el manejo
de mal seco (*Pythium myriotylum* Drechs) en
quequisque (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott) en
suelo infectado en maceteras, mayo 2009-octubre
2010**

Autores

Br. Johanelly Carcache Torres
Br. Darwin Armín Díaz Mayorga

Asesores

Dr. Guillermo Reyes Castro
Lic. MSc. Mercedes Ordóñez Hernández
Lic. MSc. Irma Vega Norori

Managua, Nicaragua
Agosto, 2011



Universidad Nacional Agraria
Facultad de Agronomía

Trabajo de Graduación

**Efecto de enmiendas orgánicas, trichoderma,
microorganismos eficientes y metalaxil en el manejo
de mal seco (*Pythium myriotylum* Drechs) en
quequisque (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott) en
suelo infectado en maceteras, mayo 2009-octubre
2010**

Autores

Br. Johanelly Carcache Torres
Br. Darwin Armín Díaz Mayorga

Asesores

Dr. Guillermo Reyes Castro
Lic. MSc. Mercedes Ordóñez Hernández
Lic. MSc. Irma Vega Norori

Trabajo presentado a la consideración del honorable
tribunal examinador, para optar al título de ingeniero agrónomo

Managua, Nicaragua
Agosto, 2011

ÍNDICE DE CONTENIDO

Sección	Página
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS	5
3.1. Ubicación del área de estudio	5
3.2. Material vegetal	5
3.3. Tratamientos estudiados	5
3.4. Diseño experimental	6
3.5. Manejo agronómico	7
3.6. Variables evaluadas	7
3.6.1. Variables morfológicas	7
3.6.2. Variables de rendimiento	7
3.6.3. Variables de raíz	8
3.6.4. Supervivencia de las plantas al mal seco	8
3.7. Corroboración de la presencia de <i>Pythium myriotylum</i> en los tratamientos	8
3.8. Análisis de datos	9
3.9. Análisis físico-químico del suelo	9
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
4.1. Ensayo I. Efecto de enmiendas orgánicas y trichoderma en vitroplantas	10
4.1.1. Variables morfológicas	10
4.1.2. Variables de rendimiento	12
4.1.3. Variables de raíz	14
4.1.4. Supervivencia de las plantas al mal seco. Ensayo I	15

4.2.	Ensayo II. Efecto de trichoderma, microorganismos eficientes y metalaxil en plantas propagadas convencionalmente	16
4.2.1.	Variables morfológicas	16
4.2.2.	Variables de rendimiento	18
4.2.3.	Variables de raíz	18
4.2.4.	Sobrevivencia de las plantas al mal seco. Ensayo II.	19
4.3.	Corroboración de la presencia de <i>Pythium myriotylum</i> en los tratamientos	20
V.	CONCLUSIONES	22
VI.	RECOMENDACIONES	23
VII.	LITERATURA CITADA	24
VIII.	ANEXOS	29

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado el don de la vida, salud, sabiduría y perseverancia, así como la iluminación y guía durante la realización de este trabajo.

A mis padres Roberto Carcache Pastora y Margarita Torres Carrero por brindarme su ayuda incondicional, esfuerzo y confianza, porque siempre me han impulsado y animado a seguir adelante y a vencer todos los obstáculos que se me presentan.

Br. Johanelly Carcache Torres

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo amor y sinceridad a:

DIOS por siempre guiarme por el buen camino, por darme fuerza, entusiasmo y permitirme llegar hasta una de mis metas.

Mis padres **MELECIO DÍAZ** y **AUXILIADORA MAYORGA** por su apoyo, consejos y amor incondicional, por estar siempre a mi lado en el momento que más los he necesitado, dando todo sin importarles quedarse sin nada.

A todos ellos porque sin su ayuda este trabajo no fuese posible, porque más que mío es de ellos, **Muchas gracias!!!**

Br. Darwin Armín Díaz Mayorga

AGRADECIMIENTO

A mis asesores: Dr. Guillermo Reyes Castro, Lic. MSc. Mercedes Ordoñez y Lic. MSc. Irma Vega Norori por compartir sus conocimientos y experiencias, por su paciencia y tiempo dedicado a la realización de este trabajo.

A mis hermanas Margarita e Izamar y a mi abuelita Juana Carrero por sus consejos, amor y comprensión.

A mi compañero de tesis Darwin Armín Díaz Mayorga por su paciencia, comprensión y apoyo, por compartir a lo largo de mis estudios universitarios momentos de alegrías y tristezas.

A la Ing. Ena Mabel Rivers Carcache y al Ing. Agr. Hugo Rodríguez por la colaboración brindada durante este estudio.

Al Laboratorio de suelos y agua, Laboratorio de Microbiología y Micología y al Grupo de Abonos Orgánicos de la UNA.

Al Programa de Apoyo a la Investigación financiado por ASDI, cuya ayuda económica permitió la realización de este estudio.

A todas aquellas personas que me ofrecieron su amistad y colaboración en todo el trayecto de mis estudios en la universidad.

Br. Johanelly Carcache Torres

AGRADECIMIENTO

A Dios por mantenerme siempre con ánimos de seguir adelante y luchando siempre para llegar al final.

A mis padres por el gran esfuerzo que han hecho siempre, guiándome y orientándome para continuar día a día por un buen camino.

A mis hermanas por que de una u otra forma siempre me dieron su apoyo espiritual, respeto y cariño.

A mis asesores, Dr. Guillermo Reyes Castro, Lic. MSc. Mercedes Ordóñez, Lic. MSc. Irma Vega, por su apoyo, seguimiento y paciencia en todo el transcurso de este trabajo investigativo.

A mi compañera de tesis Johanelly Carcache por su ayuda, por aguantarme y buscar siempre una solución a cada uno de los problemas que se nos presentaron, no sólo en nuestra tesis sino también en los estudios universitarios.

A los profesores Ing. MSc. Leonardo García Centeno, Lic. MSc. Yanet Gutiérrez Gaitán, Lic. MSc. Verónica Guevara por sus colaboraciones en los análisis de cada una de las muestras presentadas en los laboratorios y al Grupo de Abonos Orgánicos por toda la información brindada.

A la Ing. Ena Mabel Rivers y al Ing. Agr. Hugo Rodríguez por la ayuda brindada, porque siempre que solicitamos su apoyo jamás nos lo negaron.

Al Programa de Apoyo a la Investigación financiado por ASDI, cuya ayuda económica permitió la realización de este estudio.

Br. Darwin Armín Díaz Mayorga

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Tratamientos estudiados	6
2	Promedio de altura de planta (cm), número de hojas, largo y ancho de hojas (cm); diámetro del pseudotallo (cm) y número de hijos de las plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 175 dds, establecidas en maceteras. Ensayo	10
3	Peso promedio (g), largo y ancho de cormos (cm), largo y ancho de cormelos (cm), de las plantas del cultivar Quequisque Blanco al momento de la cosecha a los 309 dds. Ensayo I	12
4	Porcentaje de sobrevivencia de las plantas al mal seco a 27, 57, 104, 175, 267 dds y al momento de cosecha (309). Ensayo I	15
5	Promedio de altura de planta (cm), número de hojas, largo y ancho de hojas (cm) diámetro del pseudotallo (cm) y número de hijos de las plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 193 dds. Ensayo II	17
6	Peso promedio (g), largo y ancho de cormos (cm), número y peso de cormelos (cm), de las plantas del cultivar Quequisque Blanco al momento de la cosecha a los 203 dds. Ensayo II	18
7	Porcentaje de sobrevivencia de las plantas al mal seco a 74, 89, 127 y 193 dds y al momento de la cosecha (203 dds). Ensayo II.	19
8	Aislados de tejidos de raíces, medios de cultivo y hongos encontrados en las plantas del Ensayo II	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Altura de planta (cm), número de hojas, largo y ancho de hoja (cm), número de hijos y diámetro del pseudotallo (cm) de vitroplantas del cultivar Quequisque Blanco al momento de la siembra y a los 27, 57, 104, 175 y 267 dds	11
2	Número de raíces promedio de vitroplantas del cultivar Quequisque Blanco al momento del trasplante y raíces sanas e infectadas a la cosecha (309 dds)	15
3	Altura de la planta (cm), número de hojas, largo y ancho de la hoja (cm), número de hijos y diámetro del pseudotallo (cm) de plantas propagadas convencionalmente del cultivar Quequisque Blanco a 32, 74, 89, 127 y 193 dds	17
4	Números promedios de raíces sanas e infectadas de plantas propagadas convencionalmente del cultivar Quequisque Blanco a la cosecha (203 dds)	19

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Análisis físico del suelo utilizado en los ensayos	29
2	Análisis químico del suelo utilizado en los ensayos	29
3	Altura de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 0, 27, 57, 104, 175 y 267 dds. Ensayo I	29
4	Número de hojas de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 0, 27, 57, 104, 175 y 267 dds. Ensayo I	29
5	Largo de hoja de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 0, 27, 57, 104, 175 y 267 dds. Ensayo I	30
6	Ancho hojas de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 0, 27, 57, 104, 175 y 267 dds. Ensayo I	30
7	Diámetro del pseudotallo de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 0, 27, 57, 104, 175 y 267 dds. Ensayo I	30
8	Número de hijos de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 0, 27, 57, 104, 175 y 267 dds. Ensayo I	31
9	Altura de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 32, 74, 89, 127, y 193 dds. Ensayo II	31
10	Número de hojas de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 32, 74, 89, 127 y 193 dds. Ensayo II	31
11	Largo de hoja de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 32, 74, 89, 127 y 193 dds. Ensayo II	31
12	Ancho de hoja de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 32, 74, 89, 127 y 193 dds. Ensayo II	32
13	Diámetro del pseudotallo de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 32, 74, 89, 127 y 193 dds. Ensayo II	32
14	Número de hijos de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 32, 74, 89, 127 y 193 dds. Ensayo II	32

RESUMEN

El mal seco (*Pythium myriotylum* Drechs) reduce 90-100% la producción de quequisque. Con intención de aportar a la solución del problema se establecieron dos ensayos en maceteras, mayo 2009-octubre 2010, en esquema de diseño completo al azar (DCA). El objetivo fue evaluar el efecto de compost, humus de lombriz, dry, dry + humega, humega, trichoderma, microorganismos eficientes y metalaxil sobre el comportamiento agronómico de las plantas de quequisque (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott) infectadas con *Pythium myriotylum*. Ensayo I: Efecto de enmiendas orgánicas y trichoderma en vitroplantas (compost, humus de lombriz, dry, dry + humega, humega, trichoderma, testigo negativo (-) (suelo esterilizado a 105 °C por 24 horas) y testigo positivo (+) (suelo infectado sin ninguna aplicación)). Se emplearon 20 observaciones por tratamiento. Se utilizaron vitroplantas del cultivar Quequisque Blanco. Se empleó suelo con antecedentes de mal seco proveniente de Nueva Guinea. Ensayo II: Efecto de trichoderma, microorganismos eficientes y metalaxil en plantas propagadas convencionalmente (trichoderma, EM, metalaxil, testigo (-) (suelo esterilizado a 220 °C por 48 horas) y testigo (+) (suelo infectado sin ninguna aplicación)). Se emplearon 11 observaciones por tratamiento. Se evaluaron variables morfológicas, de rendimiento, raíz y sobrevivencia de las plantas. En el Ensayo I los tratamientos compost y testigo (-) fueron significativamente superiores en las variables morfológicas excepto el número de hijos. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos en rendimiento, a excepción del largo de cormo donde humus de lombriz registró los cormos de menor longitud. Las plantas en compost, humus de lombriz y testigo (-) presentaron raíces al momento de la cosecha, las plantas de los demás tratamientos estaban muertas. En el Ensayo II el tratamiento metalaxil registró plantas significativamente superiores en altura, ancho y largo de la hoja y diámetro del pseudotallo a 32 y 74 dds. En las dos evaluaciones finales (127 y 193 dds) no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en las variables morfológicas. Todas las plantas presentaron escaso crecimiento, producción y pocas raíces. A la cosecha las plantas presentaban un rango de sobrevivencia de 70-100%.

Palabras claves: *Xanthosoma sagittifolium*, *Pythium myriotylum*, enmiendas orgánicas, trichoderma, microorganismos eficientes, metalaxil

ABSTRACT

Rot root disease (RRD) (*Pythium myriotylum* Drechs) reduces 90-100% the production of cocoyam. With the purpose of contribute to the solution of the problem two flowerpot essays were established in May 2009 to October 2010, arranged in a random complete design (RCD), the effect of compost, humus of earthworm, dry, dry + humega, humega, trichoderma, efficient microorganism and metalaxil over the agronomical performance of cocoyam plants (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott) infected with *Pythium myriotylum* was evaluated. Essay I: Effect of organic amendments and trichoderma in vitroplants of cv White cocoyam (compost, humus of earthworm, dry, dry + humega, humega, trichoderma, negative control (sterilized soil to 105 °C for 24 hours) and positive control (infected soil without any application) and 20 observations for treatment. Soil with RRD background proceeding from field of INTA-Centro Sur (Nueva Guinea) was used. Essay II: Effect of trichoderma, efficient microorganism and metalaxil on conventionally propagated plants (trichoderma, EM, metalaxil, negative control (sterilized soil to 220 °C for 48 hours) and positive control (infected soil without application). 11 observations for treatment were evaluated. Morphologic, yield, of root variables and survival were evaluated. In the Essay I compost and negative control were significant superior in all variables excepting in number of shoots. No significant differences in yield between treatments were found, excepting the corm length where plants in humus of earthworm developed the smaller corms. The developed plants in compost, humus of earthworm and negative control showed roots at harvest, the plants of other treatments were dead. In the Essay II, metalaxil recorded plants significantly superior in height, wide and length of leaves and pseudostem diameter at 32 and 74 days after planting (DAP). At 127 and 193 DAP no differences between treatment were found in all morphological variables. All the plants showed poor growth, production and number of root. At harvest plants registered 70-100% of survival.

Keywords: *Xanthosoma sagittifolium*, *Pythium myriotylum*, organic amendments, trichoderma, efficient microorganisms, metalaxil

I. INTRODUCCIÓN

El quequisque (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott), pertenece a la familia Aráceas, es originario de América Tropical, posiblemente de las islas de El Caribe (León, 1976; Montaldo, 1977; Guerra y Ojeda, 1980; Plucknett, 1979). Según Montaldo (1991), el quequisque es una planta herbácea, suculenta sin tallos aéreos que alcanza alturas de 2 m. Las hojas provienen directamente de un cormo subterráneo, primario vertical y donde se forman los cormelos laterales y horizontales que son los comestibles.

En Nicaragua el quequisque es un cultivo de subsistencia y generador de recursos para pequeños productores y campesinos. Es el tercer cultivo farináceo más importante después de la papa y la yuca. Es cultivado de manera artesanal en áreas pequeñas de 0.4 a 1.4 ha. Las principales regiones productoras de quequisque están ubicadas en el trópico húmedo (Río San Juan, El Rama, Nueva Guinea) cuya producción está destinada a la exportación, y en los departamentos de Masaya, Carazo, Rivas y Granada que destinan la producción para el consumo interno (INTA, 2000; Reyes, 2006).

Por muchos años la producción de quequisque fue rentable, sin embargo recientemente se han registrado drásticas reducciones en la producción nacional y exportación provocadas por el ataque del mal seco (ocasionado por el hongo *Pythium myriotylum* Drechs). El área de siembra decreció de 30 mil ha en 2001 (MAGFOR, 2003) a 6.4 mil ha en 2004 (CEI, 2005). Además, el rendimiento disminuyó de 19 a 22 t ha⁻¹ en 1999 (INTA, 2000) a 7.2 t ha⁻¹ en 2004 (MAGFOR, 2005). En los últimos años se ha reportado un ligero aumento tanto del área cultivada como de los rendimientos con 7.45 mil ha y 8.42 t ha⁻¹ (MAGFOR, 2010), ésto puede ser debido a que los agricultores siembran quequisque en la frontera agrícola, pero siempre utilizan semilla infectada con el hongo.

El mal seco es la enfermedad más devastadora de la producción de quequisque (Tambong *et al.*, 1998), con reducción en la producción de hasta 90-100% (Saborío *et al.*, 2004). Para Gómez (1993), los síntomas característicos de la enfermedad son la marchitez del follaje y la destrucción casi completa del sistema radicular, la que produce la muerte de la planta. De acuerdo con Simone y Zettler (1991); Nzietchueng (1984), reportados por Adiobo (2006), *Pythium* es un patógeno transmitido por el suelo y diseminado básicamente a través del material de propagación y es más importante en su capacidad de infectar a una gran variedad

de plantas. Según Agrios (2007), *Pythium myriotylum* se encuentra a menudo junto con otras especies *Pythium* en los sistemas de producción y en invernaderos con altas densidades de población y cuando las condiciones ambientales (temperatura, humedad del suelo, entre otros) favorecen el desarrollo de la enfermedad. Las especies de *Pythium* se encuentran ampliamente distribuidas en los suelos y el agua de todo el mundo. Viven como organismos saprófitos sobre los restos de plantas y animales muertos, o bien como parásitos atacando las raíces fibrosas de las plantas. Cuando un suelo húmedo se encuentra densamente infestado por *Pythium*, éste ataca todo tipo de semilla o las plantas emergidas.

Para disminuir el grado de infección del mal seco se han realizado estudios de control químico, distancia de siembra, siembra tardía, mejora de drenaje (Onwueme y Charles, 1994), uso de material vegetal sano (Saborío *et al.*, 2004), siembra en bancos, rotación de cultivos (Giacometti y León, 1994) y el uso de fertilizantes orgánicos (Torres y Portuguez, 1996).

Metalaxil (Ridomil) es un fungicida sintético que ha dado buenos resultados contra la pudrición radical en semilleros, la eficiencia de este método de control es reducida en lugares con altas precipitaciones, lo que obliga a realizar más aplicaciones. El alto costo hace más difícil el uso de este producto en plantaciones comerciales (Páez, 1993). Según AGRO-K (2003) en varias regiones productoras de banano, la efectividad de fungicidas usados para el control de patógenos está decreciendo por la resistencia creada por el agente.

Es necesario ofrecer alternativas de manejo de la enfermedad a los productores tradicionales de quequisque. Las enmiendas orgánicas promueven el control biológico de enfermedades de plantas (Hoitink y Grebus, 1994; Craft y Nelson, 1996; Hoitink y Boehm, 2001; Noble y Coventry, 2005; Termorshuizen *et al.*, 2006; Danon *et al.*, 2007). Estas enmiendas pueden introducir agentes de biocontrol al suelo y proporcionar alimento para su establecimiento y actividad (Hoitink y Grebus, 1994; Termorshuizen *et al.*, 2006; Danon *et al.*, 2007); para Huber (1991), pueden mejorar la condición de la raíz y aportar nutrientes a la planta, lo que favorece un crecimiento adecuado del cultivo que le permita tolerar las enfermedades o escapar de la infección.

Según Doran y Zeiss (2000), las funciones del suelo que determinan el desarrollo de la planta y las actividades de los patógenos del suelo tales como la retención de humedad, la infiltración de agua y capacidad de intercambio catiónico del suelo, son influenciados por el contenido de

materia orgánica. De acuerdo con Chen (1998); Boehm *et al.*, (1997), reportado por Adiobo (2006), *Pythium* spp. se encuentra entre los microorganismos del suelo que pueden ser fácilmente reprimidos con mayor contenido de materia orgánica.

El trichoderma probablemente sea el hongo beneficioso, más versátil y polifacético que abunda en los suelos. No se conoce que dicho microorganismo sea patógeno de ninguna planta; por el contrario estimula el crecimiento de éstas, al degradar a los hongos fitopatógenos y ayuda a la descomposición de los materiales orgánicos (Larrinaga y Coronado, 1999). Según Stefanova (1998) las especies de trichoderma más ampliamente representadas son *Trichoderma hamatum*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*, *Trichoderma pubescens*, *Trichoderma reesei*, *Trichoderma virens* y *Trichoderma viride*. Trichoderma es especialmente efectivo contra *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp., *Pythium* spp., *Botrytis* spp., *Alternaria* spp., *Phytophthora* spp., *Rosellinia* spp., *Armillaria* spp. y *Sclerotium* spp. entre otros.

Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los microorganismos eficientes (EM) para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas. Cuando los microorganismos eficientes incrementan su población, como una comunidad en el medio en que se encuentran, se incrementa la actividad de los microorganismos naturales, enriqueciendo la microflora, balanceando los ecosistemas microbiales y suprimiendo microorganismos (FUNDASES, sf. en línea).

A pesar de la importancia actual y potencial del quequisque para la economía nacional y de los productores, los estudios de controles orgánicos y biológicos para contrarrestar dicha enfermedad son muy escasos. En la presente investigación se evaluó el efecto de humus de lombriz, compost, dry, dry + humega, humega, trichoderma, microorganismos eficientes y metalaxil en el manejo de *Pythium myriotylum* en ensayos en maceteras.

II. OBJETIVOS

General

- Evaluar el efecto de compost, humus de lombriz, dry, dry + humega, humega, trichoderma, microorganismos eficientes y metalaxil sobre el comportamiento agronómico de las plantas de quequisque (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott) en maceteras en suelo infectado con *Pythium myriotylum*, mayo 2009-octubre 2010.

Específicos

- Evaluar el efecto de enmiendas orgánicas y trichoderma en vitroplantas en suelo infectado con *Pythium myriotylum*.
- Evaluar el efecto de trichoderma, microorganismos eficientes y metalaxil en plantas generadas de semilla convencional en suelo infectado con *Pythium myriotylum*.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos ensayos en maceteras: Ensayo I. Efecto de enmiendas orgánicas y trichoderma en vitroplantas. Ensayo II. Efecto de trichoderma, microorganismos eficientes y metalaxil en plantas propagadas convencionalmente.

3.1. Ubicación del área de estudio

Los ensayos se establecieron en el Laboratorio de cultivo de tejidos (LCT) de la UNA, ubicado a 12°08'57" latitud norte y 86°09'37" longitud oeste, con una altitud de 56 msnm. Según INETER (2009) con temperaturas medias de 27.7 °C, precipitaciones de 1140 mm por año y una humedad relativa promedio de 71%.

3.2. Material vegetal

Se trabajó con el cultivar Quequisque Blanco (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). Introducido a Nueva Guinea a mediados de la década de los 80 desde Costa Rica y es reconocido por su alta susceptibilidad al mal seco. En el Ensayo I se utilizaron vitroplantas micropropagadas en el LCT de la UNA, luego de su adaptación en el invernadero durante 2 meses, las plantas con 15-20 cm de altura y 2-3 hojas fueron trasladadas a las maceteras.

En el Ensayo II se utilizaron trozos de cormos infectados con mal seco provenientes de áreas de campo del INTA Centro Sur-Nueva Guinea. En el campo donde se extrajeron los cormos se ha sembrado quequisque repetidas veces y se reportan afectaciones con mal seco.

3.3. Tratamientos estudiados

En el establecimiento de los ensayos se usó suelo con antecedentes de mal seco obtenido del INTA-Centro Sur, Nueva Guinea (Cuadro 1).

Cuadro 1: Tratamientos estudiados

Tratamientos	Componentes	Dosis por planta	Dosis por ha
Compost	Carbono, Nitrógeno, Fósforo y Potasio	Compost-suelo 2:1	40.57 t
Humega	Bacterias, mohos, levaduras, actinomicetos	0.16 ml en 27 ml de agua	2 l
Humus de lombriz	Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro, Cobre, Manganeso, Zinc	Humus de lombriz-suelo 1:1	44.19 t
Dry	Proteínas hidrolizadas, aminoácidos, ácidos orgánicos, carbohidratos	2 g	25.5 kg
Trichoderma	Esporas latentes de <i>Trichoderma harzianum</i>	0.4 g en 100 ml de agua	1.36 kg
Dry + Humega	Proteínas hidrolizadas, aminoácidos, mohos, ácidos orgánicos, carbohidratos, bacterias, levaduras, actinomicetos	2 g Dry + 0.16 ml Humega en 27 ml de agua	25.5 kg Dry + 2 l Humega
Ridomil (Metalaxil)	48% p/v de Mefenoxam (equivalente a 465 g l ⁻¹ de Metalaxil-M)	1.1 g en 50 ml de agua	14 kg
Microorganismos Eficientes	Bacterias fototrópicas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico, hongos de fermentación	1.33 ml en 26.6 ml de agua	17 l
Testigo negativo (-)	Suelo infectado con <i>Pythium myriotylum</i> , esterilizado en el Ensayo I a 105 °C por 24 horas y en el Ensayo II a 220 °C por 48 horas.		
Testigo positivo (+)	Suelo infectado con <i>Pythium myriotylum</i> .		

p/v: peso volumen

3.4. Diseño experimental

El estudio se estableció en esquema de diseño completo al azar (DCA) en maceteras. El Ensayo I se constituyó de ocho tratamientos: humus de lombriz, compost, dry, dry + humega, humega, trichoderma, testigo negativo (suelo esterilizado a 105 °C por 24 horas) y testigo positivo (suelo infectado sin ninguna aplicación) y de 20 observaciones por tratamiento.

El Ensayo II constó de cinco tratamientos: trichoderma, EM, metalaxil, testigo negativo (suelo esterilizado a 220 °C por 48 horas) y testigo positivo (suelo infectado sin ninguna aplicación) y 11 observaciones por tratamiento.

Los cormos utilizados para la siembra en el testigo negativo se lavaron, se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1% (se sumergieron en la solución por 10 minutos) y se secaron bajo sombra, previo a la siembra.

3.5. Manejo agronómico

Las arvenses se controlaron manualmente cada dos semanas. Se irrigó cada dos días con regadera de mano.

3.6. Variables evaluadas

Basadas en la guía de Descriptors for *Xanthosoma* (IBPGR, 1989)

3.6.1. Variables morfológicas

Ensayo I. Al momento del trasplante se seleccionaron diez plantas al azar por tratamiento. Se realizaron evaluaciones periódicas hasta el momento de la cosecha (0, 27, 57, 104, 175, 267, 309 dds).

- *Altura de planta* (cm). Medida a partir de la base del pseudotallo hasta la inserción del pecíolo de la hoja de mayor altura de la planta principal.
- *Número de hojas*. Se contabilizaron las hojas verdaderas (aptas para fotosintetizar) de la planta principal.
- *Longitud de hoja* (cm). Se seleccionó la hoja de mayor tamaño se midió desde el punto de inserción del pecíolo hasta su ápice, sobre la nervadura central.
- *Ancho de la hoja* (cm). A la hoja de mayor tamaño se midió en el punto de mayor amplitud.
- *Diámetro del pseudotallo* (cm). Se evaluó en el punto de inserción de las vainas de las hojas en la base.
- *Número de hijos*. Se contabilizaron los originados a partir de la planta principal.

Ensayo II. Se evaluaron las mismas variables morfológicas a todas las plantas a los 34, 74, 89, 127, 193 dds.

3.6.2. Variables de rendimiento

Al momento de la cosecha, en los dos ensayos se pesaron los cormos (g) y se les midió la longitud y el diámetro (cm), además se contó el número de cormelos.

En el Ensayo I se midió el largo y ancho de los cormelos y en el Ensayo II se pesaron los cormelos por planta.

3.6.3. Variables de raíz

En el Ensayo I se contabilizaron las raíces de las vitroplantas al momento del trasplante y al final del ciclo vegetativo. En el Ensayo II se contaron las raíces al momento de la cosecha, debido a que la semilla convencional (trozos de cormo) no contaba con raíces al momento de la siembra.

Al momento de la cosecha las raíces fueron clasificadas como sanas o infectadas (con síntomas del mal seco reportados por Agrios (2007): puntos necróticos, aguanosos con lesiones de 1 o más centímetros).

3.6.4. Supervivencia de las plantas al mal seco

La supervivencia de las plantas al mal seco en los tratamientos se evaluó a través de conteos de plantas vivas. En el Ensayo I (con vitroplantas) se realizaron conteos del número de plantas al momento de la siembra y a los 27, 57, 104, 175, 267 y 309 dds (a la cosecha). En el Ensayo II (con trozos de cormos) el conteo se realizó a partir de los 74 dds, cuando los tratamientos mostraron mayor brotación de plantas y a los 89, 127, 193 y 203 dds (a la cosecha).

El porcentaje de supervivencia de las plantas al mal seco se determinó a través de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ supervivencia} = \frac{P V}{P S} \times 100$$

Donde:

PV= plantas vivas

PS= plantas sembradas

3.7. Corroboración de la presencia de *Pythium myriotylum* en los tratamientos

La identificación de *Pythium* en el suelo infectado se realizó en el Laboratorio de Microbiología de la UNA en estudios de Acebedo y Navarro (2010). De esa misma área se tomó el suelo del presente estudio. El método de identificación incluye el aislamiento y siembra del hongo a partir de tejidos de raíces de las plantas infectadas en los medios de cultivo V8+Agar (jugo V-8 + agar-agar) y PARC (Pimaricina, Ampicilina, Rifampicina). El mismo procedimiento se utilizó para corroborar la presencia de *Pythium myriotylum* en las raíces de las plantas al momento de la cosecha en trichoderma, EM, metalaxil, testigo (-) y testigo (+) (Cuadro 6).

En el Laboratorio de Micología aplicaron la siguiente metodología: 1) Lavaron raíces con agua para desprender todo el suelo adherido a ellas. 2) Cortaron secciones alrededor de 8 cm de largo. 3) Colocaron las raíces en un erlenmeyer y agregaron alcohol histológico al 98 % hasta cubrir los trozos de raíces. 4) Taparon el erlenmeyer para evitar la introducción de contaminante. 5) Agitaron por 3 minutos y retiraron el alcohol. 6) Agregaron agua destilada hasta cubrir las raíces y taparon nuevamente. 7) Agitaron por 3 minutos, decantaron el agua y agregaron agua y agitaron por 1 minuto. 8) Tomaron las secciones de raíces con pinzas estériles. 9) Secaron en papel absorbente y cortaron los extremos de las raíces para eliminar la parte oxidada por el alcohol. 10) Tomaron secciones de la zona de avance del síntoma e hicieron cortes transversales para favorecer la salida del hongo. 11) Sembraron los tejidos en los medios PDA, PARC y AN y sellaron los bordes de los platos con parafilm. 12) Revisaron los aislamientos cada día hasta obtener crecimiento de hongos y bacterias para luego proceder a su identificación.

3.8. Análisis de datos

A los datos de las variables morfológicas y de rendimiento se les realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y la separación de medias a través de la prueba de rangos múltiples de Tukey, para determinar las categorías estadísticas entre los tratamientos.

Descripción del modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \text{ Donde:}$$

$i = 1,2,3,\dots$ tratamientos

$j = 1,2,3,\dots$ observaciones

y_{ij} = La j -ésima observación del i -ésimo tratamiento.

μ = Es la media poblacional a estimar a partir de los datos del experimento.

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento a estimar a partir de los datos del experimento.

ε_{ij} = Efecto aleatorio de variación.

3.9. Análisis físico-químico del suelo

El Laboratorio de suelos y aguas realizó un análisis físico y químico al suelo utilizado en los ensayos (Anexos 1 y 2).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Ensayo I. Efecto de enmiendas orgánicas y trichoderma en vitroplantas

4.1.1. Variables morfológicas

Las plantas desarrolladas en compost y testigo (-) resultaron estadísticamente superiores en altura de planta, número, largo y ancho de hojas y diámetro del pseudotallo en las fechas evaluadas (Anexos 3, 4, 5, 6 y 7). Las plantas en humus de lombriz registraron valores significativos en las tres primeras evaluaciones. A los 175 dds las plantas en compost y testigo (-) registraron el mayor crecimiento de las variables morfológicas (Cuadro 2), exceptuando en diámetro del pseudotallo, donde las plantas en compost fueron significativamente superiores, seguidas de las plantas en testigo (-). Las plantas en todos los tratamientos no mostraron diferencias significativas en el número de hijos.

Cuadro 2. Promedio de altura de planta (cm), número de hojas, largo y ancho de hojas (cm) diámetro del pseudotallo (cm) y número de hijos de las plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 175 dds, establecidas en maceteras. Ensayo I.

Tratamientos	ALPTA	NUHOJ	LAHOJ	ANHOJ	DIAMETRO	NUHIJ
Compost	50.00 a	3.80 a	19.35 a	18.35 ab	2.93 a	0.00 a
Dry	1.15 b	0.30 c	0.72 b	0.62 c	0.13 c	0.10 a
Dry + Humega	3.06 b	0.60 c	1.47 b	1.18 c	0.27 c	0.00 a
Humega	6.82 b	0.80 c	4.15 b	3.66 bc	0.54 c	0.00 a
Humus	12.16 b	1.30 bc	5.87 b	5.04 bc	0.83 c	0.00 a
Testigo (-)	36.91 a	2.40 ab	16.13 a	25.26 a	1.96 b	0.00 a
Testigo (+)	1.60 b	0.30 c	1.02 b	0.87 c	0.09 c	0.00 a
Trichoderma	2.65 b	0.70 c	1.93 b	1.48 c	0.27 c	0.00 a
CV	73.92	83.90	69.49	165.23	72.35	894.43
R ²	0.75	0.56	0.73	0.39	0.72	0.09

Medias con letras similares no difieren estadísticamente entre sí según prueba de separación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$). ALPTA = Altura de planta; NUHOJ = Número de hojas; LAHOJ = Largo de hojas; ANHOJ = Ancho de hojas; NUHIJ = Número de hijos; DIAMETRO = Diámetro de pseudotallo; CV = coeficiente de variación; R² = coeficiente de determinación.

Las plantas obtenidas en compost y testigo (-) registraron tendencia continua a aumentar los valores en las variables morfológicas (excepto el número de hijos) hasta los 175 dds, para luego disminuir en la última fecha de evaluación (Figura 1).

Las plantas desarrolladas en humus de lombriz obtuvieron los mayores valores en las variables morfológicas (excepto el número de hijos) a los 57 dds, en cambio, las plantas tratadas con

humega y dry lo lograron a los 27 dds. Las plantas en trichoderma, testigo (+) y dry + humega no lograron crecer ni desarrollarse (Figura 1).

Las plantas establecidas en dry, humega y testigo (-) presentaron valores bajos en el número de hijos, que decaen eventualmente a cero. Las plantas de los demás tratamientos no produjeron hijos en todo su ciclo vegetativo (Figura 1).

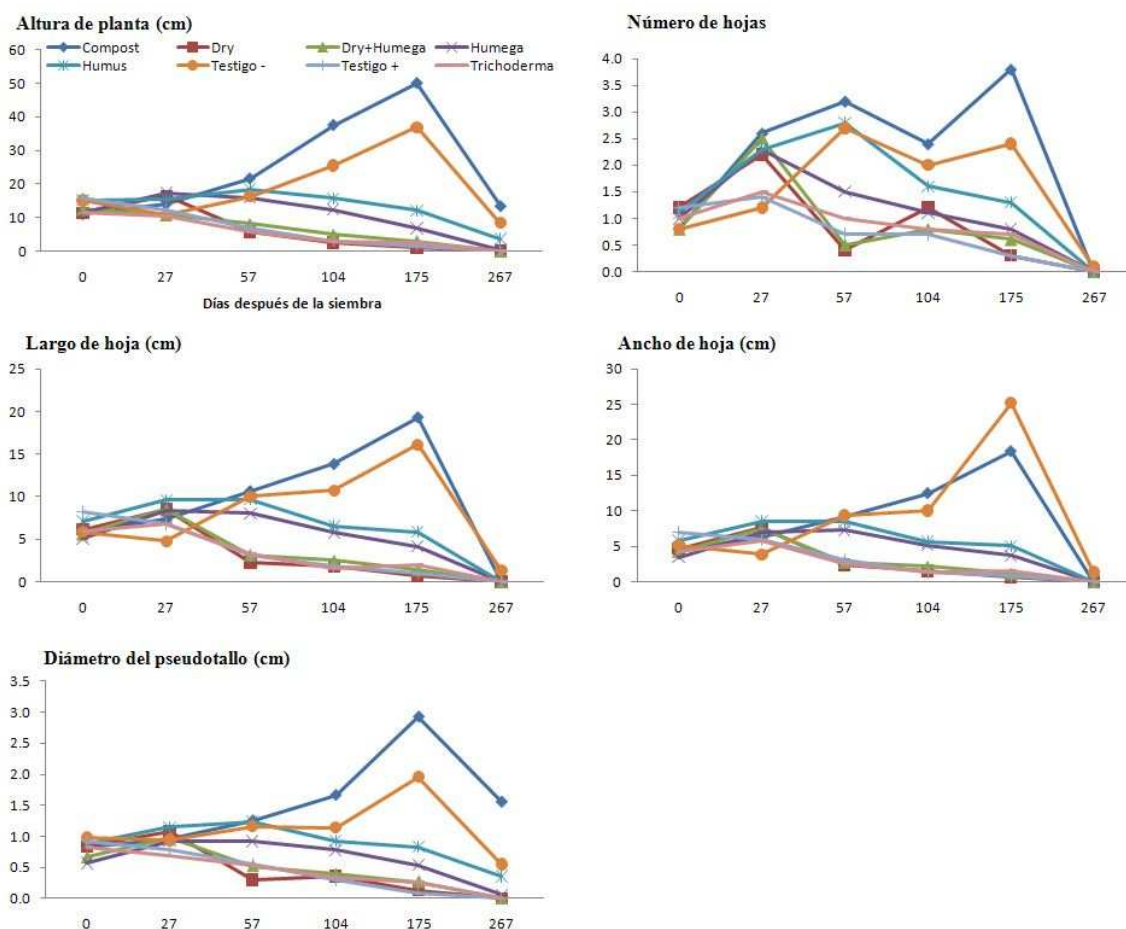


Figura 1. Altura de planta (cm), número de hojas, largo y ancho de hoja (cm) y diámetro del pseudotallo (cm) de vitroplantas del cultivar Quequisque Blanco al momento de la siembra y a los 27, 57, 104, 175 y 267 dds. Ensayo I.

Según Wilson (1984) y López *et al.* (1995) el ciclo de crecimiento y desarrollo del quequisque puede ser dividido en tres períodos principales. Durante los primeros dos meses el crecimiento es lento, este período comienza con la brotación de las yemas y termina con la emergencia de los cormelos. El segundo período se caracteriza por un rápido crecimiento del follaje. Comienza con la formación de los cormos secundarios y termina cuando se obtiene el máximo

desarrollo foliar. Comprende desde los 80-180 dds. En este período se alcanza mayor tamaño, peso seco de la hoja y área foliar y la planta alcanza su máxima altura. El tercer período se caracteriza por el rápido crecimiento de los cormos secundarios y terciarios y la declinación progresiva del follaje, ocurre entre 180-330 dds. En este período las hojas son más pequeñas y de pecíolos cortos, decrece el peso seco y número de hojas y altura de la planta. Al final de este período se presenta la senescencia y amarillamiento del follaje, lo cual puede servir como índice de cosecha.

Las plantas en compost y testigo (-) desarrollaron etapas de crecimiento y desarrollo que concuerdan con lo reportado por Wilson (1984) y López *et al.* (1995) en plantas en suelos sin mal seco. Las plantas de los demás tratamientos no lograron este patrón de crecimiento debido al ataque del hongo.

4.1.2. Variables de rendimiento

A los 309 dds sólo se cosecharon las plantas en compost, humus de lombriz y testigo (-). No hubo plantas vivas en los otros tratamientos. No registraron diferencias significativas entre las plantas de estos tratamientos, a excepción del largo de cormo donde las plantas en humus de lombriz resultaron con los cormos de menor longitud (Cuadro 3). Las plantas presentaron rangos de peso de cormo 23.01-45.17 g, largo de cormo 2.99-4.15 cm, ancho de cormo 3.41-4.41 cm, número de cormelos 0.24-0.57, peso de cormelos 0.15-1.91 g, largo de cormelos 0.18-1.18 cm y ancho de cormelos 0.13-0.56 cm (Cuadro 3).

Cuadro 3. Peso promedio (g), largo y ancho de cormos (cm), número de cormelos, largo y ancho de cormelos (cm), de las plantas del cultivar Quequisque Blanco al momento de la cosecha a los 309 dds. Ensayo I.

Tratamientos	Peso cormo	Largo cormo	Ancho cormo	Nº cormelos	Peso cormelo	Largo cormelo	Ancho cormelo
Compost	45.17 a	4.15 a	4.41 a	0.24 a	0.15 a	0.18 a	0.13 a
Humus	23.01 a	2.99 b	3.41 a	0.57 a	1.91 a	1.18 a	0.56 a
Testigo (-)	28.75 a	3.98 a	3.87 a	0.33 a	0.25 a	0.27 a	0.23 a
CV	56.94	20.75	25.38	245.67	373.4	300.39	238.83
R ²	0.20	0.28	0.15	0.03	0.11	0.10	0.09

Medias con letras similares no difieren estadísticamente entre sí según prueba de separación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$). CV = coeficiente de variación; R² = coeficiente de determinación.

Según Saborío *et al.* (2004) y Elango (1998), los síntomas del mal seco son el retraso en el crecimiento de las plantas, coloración amarillenta de las hojas, y una reducción o eliminación del sistema radicular, lo que le causa la muerte. Las plantas infectadas producen poco o ningún cormelo.

Los tratamientos compost, testigo (-) y humus de lombriz tuvieron algún efecto supresor sobre el hongo. Las plantas sobrevivieron al ataque del hongo, desarrollaron las tres etapas de crecimiento y produjeron pocos cornelos de bajo peso y tamaño.

El efecto deletéreo del compost sobre el hongo pudo haber sido causado por la mayor actividad microbiana una vez que éste se aplicó al suelo. Los microorganismos compiten entre sí por nutrientes y existen algunos que son controladores biológicos que reducen la sobrevivencia y crecimiento de microorganismos patógenos. Según Hoitink *et al.* (1997) y Diánez *et al.* (2007), este tipo de supresión, debida a la competencia con microorganismos presentes en el compost, es especialmente importante en el caso de patógenos con propágulos pequeños como *Pythium* y *Phytophthora* que, al tener pocas reservas, requieren de fuentes externas de carbono y otros nutrientes, por lo tanto se ven afectados por la competencia con las altas poblaciones de microorganismos presentes en el compost. Según Van Os *et al.* (2001) en *Pythium macrosporum*, encontraron que una alta biomasa y actividad microbiana indujeron la supresión de crecimiento del hongo. Craft y Nelson (1996), encontraron que altas poblaciones de microorganismos, hongos y actinomicetos presentes en el compost, fueron supresores en el damping off causada por *Pythium graminicola*.

Adiobo (2006), encontró que la supresión de tres tipos de compost sobre *Pythium myriotylum* se eliminó al ser éstos esterilizados y fue parcialmente recuperada al restaurar la microflora original, al inocular los abonos con pequeñas cantidades con el abono no tratado. Además, el compost que presentó mayor supresión fue el que presentó mayor cantidad de microorganismos.

Los abonos orgánicos varían en su efecto para suprimir enfermedades en las plantas. Artavia *et al.*, 2010 encontraron que abonos obtenidos a partir de estiércol animal fueron más supresivos para el mal seco, posiblemente por una mayor actividad microbiana, que los producidos a base de broza de café.

Adicionalmente, en el rumen de herbívoros, en el estiércol y en abonos orgánicos a base de estiércol, se encuentran altas poblaciones de microorganismos celulolíticos (Varel y Dehority 1989; Galindo *et al.*, 2008), que producen celulasas, enzimas que son importantes en la degradación de la pared celular de oomycetes tales como *Pythium*, constituida principalmente por celulosa y beta glucanos (Inglis y Kawchuk 2002, El-Tarabily 2006, Rossman y Palm

2006). Según Kim *et al.*, 2004 y Terry *et al.*, 2004 los abonos de origen animal han sido utilizados como fuente de microorganismos celulolíticos para la degradación de broza, residuos animales y de acuerdo con Inglis y Kawchuk (2002), como fuente de microorganismos supresores de *Pythium*. Ringer *et al.* (1997) encontraron que abonos obtenidos de diferentes tipos de desechos animales fueron supresores de *Pythium* y *Rhizoctonia*. Específicamente, compost obtenidos de estiércol de vaca causaron una mayor supresión sobre *Pythium*. Mora *et al.* (1987), sugieren que el estiércol animal induce la supresión del hongo, aumenta el número de hongos y bacterias antagónicas y el contenido de nutrientes de los suelos.

Un factor a considerar en el uso de abonos para el control de enfermedades es que abonos maduros muy estabilizados podrían tener poblaciones de microorganismos poco activas y con poco efecto supresor o una capacidad limitada para sostener la actividad de la biomasa microbiana en el suelo (Hoitink *et al.* 1993; Suárez-Estrella *et al.* 2007).

Zmora-Nahum *et al.* (2008) analizaron el efecto del proceso de maduración sobre tres tipos de compost supresores contra *Sclerotium rolfsii* y *Pythium aphanidermatum* y encontraron que la pérdida de supresión se asoció entre otros, a una disminución en la actividad microbiana. De acuerdo con Hoitink *et al.* (1997), el compost demasiado estabilizado no mantiene poblaciones de biocontroladores eficaces y no es por lo tanto adecuado para la supresión de enfermedades.

4.1.3. Variables de raíz

En el testigo (-), humus de lombriz y compost las plantas presentaron raíces sanas al momento de la cosecha, en los otros tratamientos las plantas estaban muertas. Al momento de la siembra de las vitroplantas en el testigo (-) contaban con un promedio de cinco raíces y a la cosecha (309 dds) registraban 1.50 sanas y 4.30 infectadas. Las plantas en humus de lombriz obtuvieron 4.70 raíces iniciales y a los 309 dds 1.70 sanas y 4.40 infectadas. Las plantas desarrolladas en compost registraron los mayores valores tanto en raíces iniciales (5.30), sanas (9.10) e infectadas (11.30) a los 309 dds (Figura 2).

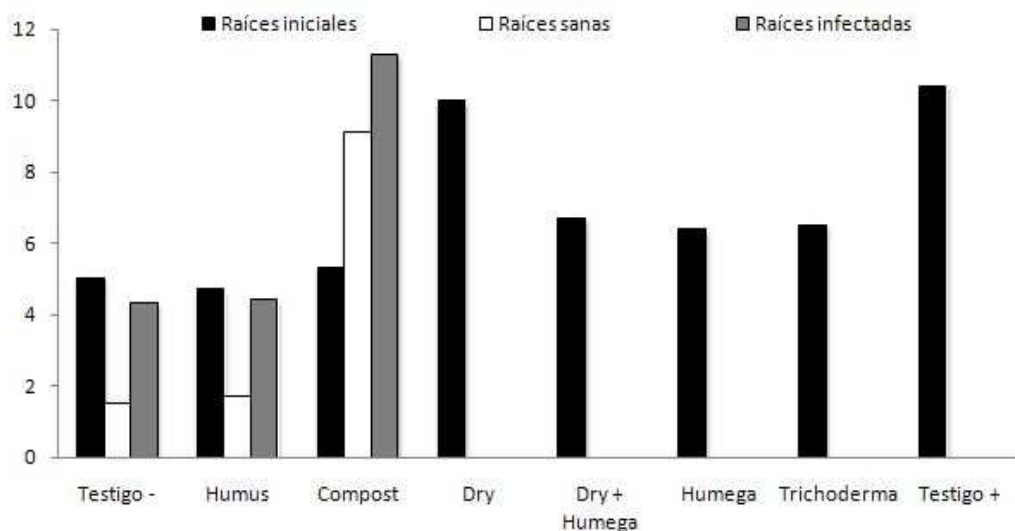


Figura 2. Número de raíces promedio de vitroplantas del cultivar Quequisque Blanco al momento del trasplante y raíces sanas e infectadas a la cosecha (309 dds).

Según Acebedo y Navarro (2010), en estudios en condiciones de invernadero, la planta infectada con mal seco sobrevive únicamente de la reserva que contiene el cormo y responde generando nuevas raíces, las cuales serán afectadas nuevamente por el patógeno hasta acabar con las reservas en el cormo y finalmente la planta muere. Este proceso ocurre entre los tres y cuatro meses después de la siembra.

En el presente estudio los tratamientos dry, dry + humega, humega, trichoderma y testigo (+) no registraron raíces al momento de la cosecha. Las plantas de estos tratamientos sufrieron el proceso de infección descrito, lo que indica que no tuvieron efecto alguno sobre el hongo.

4.1.4. Sobrevivencia de las plantas al mal seco. Ensayo I

El porcentaje de sobrevivencia de vitroplantas de todos los tratamientos fue similar al momento de la siembra y a los 27 dds (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje de sobrevivencia de las plantas al mal seco a 27, 57, 104, 175, 267 dds y al momento de cosecha (309). Ensayo I

Tratamientos	Días después de la siembra						Cosecha
	Siembra	27	57	104	175	267	
Compost	100	100	90	90	90	70	70
Humus	100	100	100	100	90	50	50
Dry	100	100	40	70	20	0	0
Dry + Humega	100	100	70	60	50	0	0
Humega	100	100	90	80	80	20	0
Trichoderma	100	100	90	60	50	0	0
Testigo (-)	100	100	100	90	90	60	60
Testigo (+)	100	100	90	60	20	0	0

Hubo una tendencia general en todos los tratamientos a disminuir o mantener el porcentaje de sobrevivencia a partir de los 57 dds, a excepción de humus que mantiene 100% de sobrevivencia hasta los 104 dds. Las plantas en tratamiento dry registraron 40% de sobrevivencia a los 57 dds, aumentaron a 70% a los 104 dds, disminuyeron a 20% a los 175 dds y finalmente registraron 0% de sobrevivencia a los 267 dds. Al momento de la cosecha únicamente los tratamientos compost, humus y testigo (-) registraron plantas vivas con valores de 70, 50 y 60% de respectivamente (Cuadro 4).

Después de los 27 dds los efectos del ataque del hongo a las raíces se hace evidente en la reducción de la sobrevivencia de las plantas en la mayoría de los tratamientos, y en unos en mayor grado. La disminución de la sobrevivencia a los 57 dds y posterior aumento a los 104 dds puede explicarse por la respuesta de las plantas al ataque del mal seco. El hongo ataca las raíces de la planta, provoca la reducción del crecimiento y eventualmente su muerte. Las plantas responden al ataque del hongo emitiendo nuevas raíces y reasumen el crecimiento. Según Acebedo y Navarro (2010), la relación patógeno-planta se mantiene de esta manera en los primeros 90-120 dds.

4.2. Ensayo II. Efecto de trichoderma, microorganismos eficientes y metalaxil en plantas propagadas convencionalmente

4.2.1. Variables morfológicas

En las evaluaciones realizadas a los 32, 74, 89, 127 y 193 dds los tratamientos fueron estadísticamente similares en número de hijos y hojas (Anexos 10 y 14). Las plantas en el tratamiento metalaxil fueron significativamente superiores en altura de planta, ancho y largo de la hoja y diámetro del pseudotallo en los 32 y 74 dds. Sin embargo, en las dos evaluaciones finales (127 y 193 dds) no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en las mismas variables (Anexos 9, 11, 12 y 13).

A los 193 dds todos los tratamientos registraron valores estadísticamente similares en todas las variables evaluadas, en rangos de altura de planta 7.53-16.53 cm, número de hojas 0.27-0.55, largo de hoja 1.97-6.19 cm, ancho de hoja 1.89-5.94 cm, diámetro del pseudotallo 0.51-0.99 cm y número de hijos 0-0.80 (Cuadro 4).

Cuadro 5. Promedio de altura de planta (cm), número de hojas, largo y ancho de hojas (cm) diámetro del pseudotallo (cm) y número de hijos de las plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 193 dds. Ensayo II

Tratamientos	ALPTA	NUHOJ	LAHOJ	ANHOJ	DIAMETRO	NUHIJ
EM	8.30 a	0.27 a	1.97 a	1.89 a	0.51 a	0.18 a
Metalaxil	12.35 a	0.36 a	2.31 a	2.38 a	0.65 a	0.00 a
Trichoderma	13.98 a	0.55 a	4.43 a	4.41 a	0.96 a	0.09 a
Testigo (-)	16.53 a	0.50 a	6.19 a	5.94 a	0.99 a	0.80 a
Testigo (+)	7.53 a	0.55 a	2.82 a	2.47 a	0.53 a	0.36 a
CV	91.15	114.47	146.51	161.06	94.93	244.98
R ²	0.10	0.05	0.09	0.08	0.09	0.15

Medias con letras similares no difieren estadísticamente entre sí según prueba de separación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$)
 ALPTA = Altura de planta; NUHOJ = Número de hojas; LAHOJ = Largo de hojas; ANHOJ = Ancho de hojas; NUHIJ = Número de hijos; DIAMETRO = Diámetro de pseudotallo; CV = coeficiente de variación; R² = coeficiente de determinación.

Las plantas desarrolladas en metalaxil aumentaron los valores en las variables morfológicas hasta los 74 dds (Figura 3).

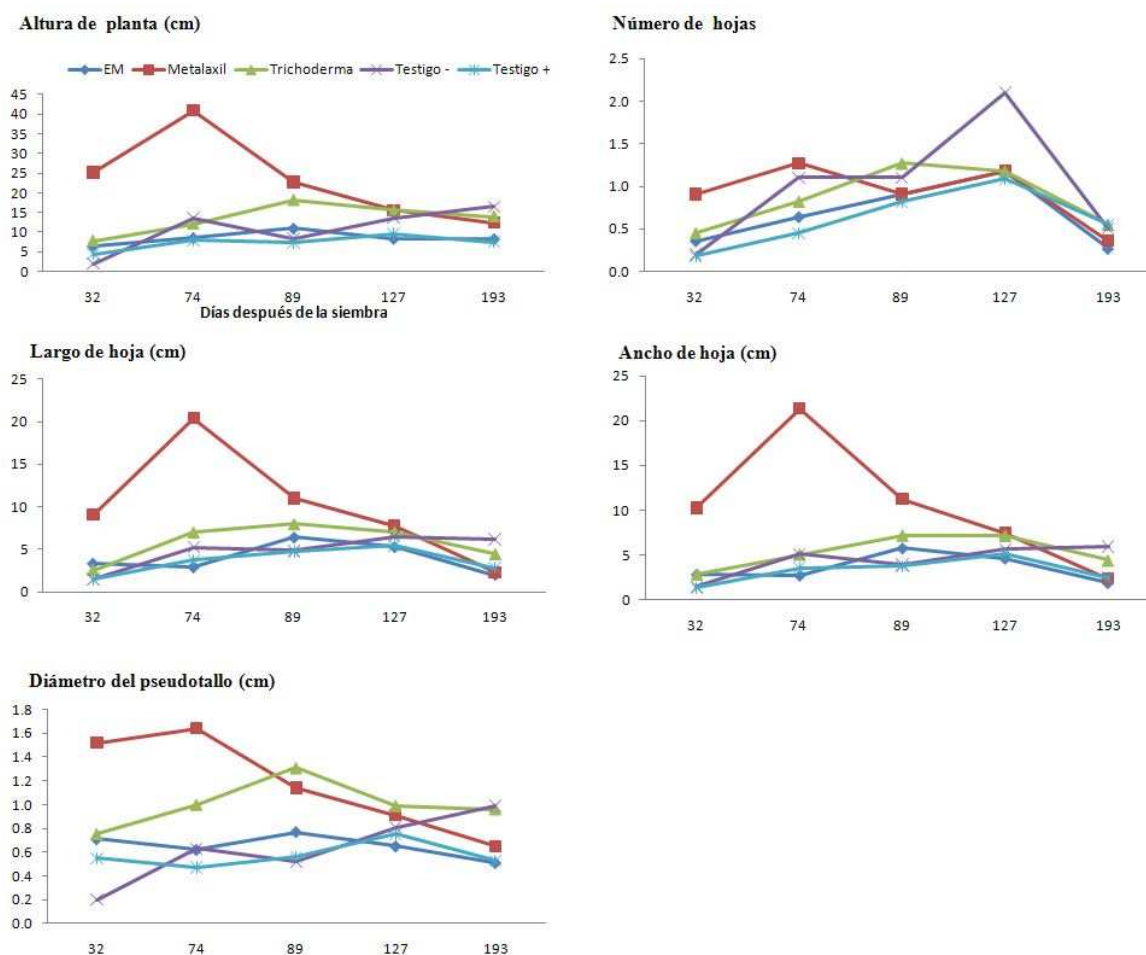


Figura 3. Altura de la planta (cm), número de hojas, largo y ancho de la hoja (cm) y diámetro del pseudotallo (cm) en plantas propagadas convencionalmente del cultivar Quequisque Blanco a 32, 74, 89, 127 y 193 dds.

Los valores de todas las variables en todos los tratamientos fueron pequeños en comparación con los valores que alcanza una planta en condiciones de no infección con mal seco. Ninguno de los tratamientos desarrolló en la plantas las tres fases de crecimiento y desarrollo reportadas en quequisque por Wilson (1984) y López *et al.* (1995).

Metalaxil aparentemente ejerció un efecto supresor momentáneo del hongo en las dos primeras fechas de evaluación. Este producto sintético es recomendado por técnicos y regentes de empresas de agroquímicos para el control específico de hongos del orden Oomycetes en semilleros. En África, según Adiobo (2006), los agricultores aplicaron hasta 10 g de metalaxil por planta sin resultados alguno. En el presente estudio se utilizó este producto con la única idea de analizar su efecto sobre el hongo.

4.2.2. Variables de rendimiento

Los tratamientos no presentaron diferencias significativas en las variables de rendimiento, a excepción del largo de corno donde el testigo (-) desarrolló cormos significativamente de menor largo (Cuadro 6). Las plantas presentaron rangos de peso de corno 10.18-37.73 g, largo de corno 1.85-4.73 cm, ancho de corno 1.12-2.03 cm y peso de cormelos de 0.70-1.77 g (Cuadro 6).

Cuadro 6. Peso promedio (g), largo y ancho de cormos (cm), número y peso de cormelos (g), de las plantas del cultivar Quequisque Blanco al momento de la cosecha a los 203 dds. Ensayo II

Tratamiento	Peso corno	Largo corno	Ancho corno	No. cormelos	Peso cormelos
Metalaxil	20.09 a	3.45 ab	1.82 a	0.00 a	0.00 a
EM	12.27 a	4.06 ab	1.79 a	0.00 a	0.00 a
Testigo (+)	10.18 a	3.45 ab	2.03 a	0.00 a	0.00 a
Trichoderma	37.73 a	4.73 a	1.77 a	0.45 a	1.77 a
Testigo (-)	16.70 a	1.85 b	1.12 a	0.40 a	0.70 a
CV	162.64	63.06	59.95	393.98	452.65
R ²	0.10	0.16	0.09	0.10	0.10

Medias con letras similares no difieren estadísticamente entre sí según prueba de separación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$). CV= coeficiente de variación; R² = coeficiente de determinación.

No hubo efecto supresor de los tratamientos sobre el hongo. Las plantas registraron escaso crecimiento y producción.

4.2.3. Variables de raíz

El mayor número de raíces sanas lo obtuvieron las plantas en trichoderma y testigo (-). El número promedio de raíces infectadas en ambos fueron similares. El menor número de raíces promedio (sanas e infectadas) se obtuvo en EM (Figura 4).

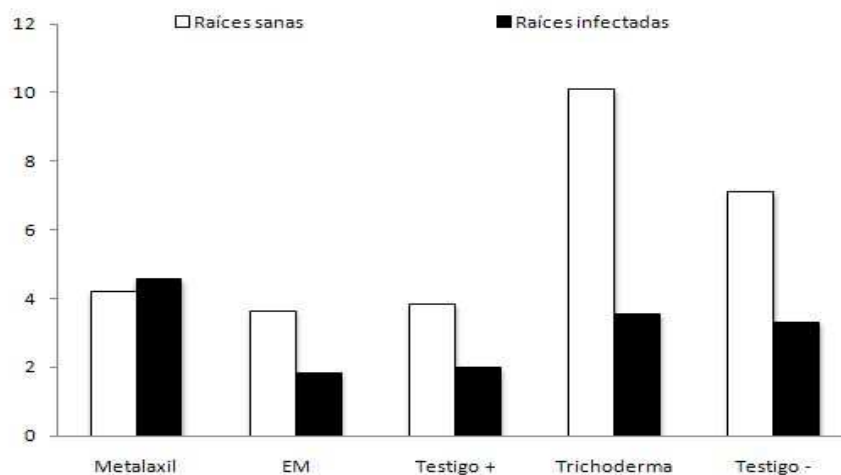


Figura 4. Números promedios de raíces sanas e infectadas de plantas propagadas convencionalmente del cultivar Quequisque Blanco a la cosecha (203 dds).

4.2.4. Sobrevivencia de las plantas al mal seco. Ensayo II

Cuadro 7. Porcentaje de sobrevivencia de las plantas al mal seco a 74, 89, 127 y 193 dds y al momento de la cosecha (203 dds). Ensayo II.

Tratamientos	Días después de la siembra				Cosecha
	74	89	127	193	
EM	73	82	91	82	82
Metalaxil	100	73	91	73	73
Trichoderma	82	100	100	100	91
Testigo (-)	55	73	100	100	100
Testigo (+)	70	60	70	70	70

Las plantas en EM, trichoderma y testigo (-) registraron una tendencia general a aumentar el porcentaje de sobrevivencia hasta los 127 dds. Trichoderma registró 100% de sobrevivencia a los 89, 127 y 193 dds para luego disminuir a la cosecha (203 dds). Las plantas en tratamiento metalaxil registraron 100% de sobrevivencia a los 74 dds, disminuyeron a 73% a los 89 dds, aumentaron a 91% a los 127 dds y finalmente registraron 73% de sobrevivencia a los 203 dds. En EM el porcentaje de sobrevivencia se mantuvo constante a los 193 y 203 dds, mientras que en el testigo (-) y testigo (+) fue a los 127, 193 y 203 dds (Cuadro 7).

El porcentaje de sobrevivencia con tendencia a alternar los valores (bajar, subir y bajar, o a subir, bajar y subir) en diferentes fechas de evaluación ocurre hasta los 127 dds, precisamente en el período reportado por otros investigadores, crucial en la relación planta-patógeno. En este período se presentan los principales eventos de la etiología de la enfermedad.

4.3. Corroboración de la presencia de *Pythium myriotylum* en los tratamientos

En los tejidos de las raíces de plantas del Ensayo II se detectaron bacterias *Pseudomona* y *Bacillus* en el medio de cultivo AN. Los medios de cultivos PDA y PARC favorecieron el crecimiento de hongos *Pythium*, *Trichoderma*, *Fusarium* y *Macrophomina* y la bacteria *Pseudomona* (Cuadro 8).

Cuadro 8. Aislados de tejidos de raíces, medios de cultivo y hongos encontrados en las plantas del Ensayo II

Muestra	Sustrato/género de hongos/bacterias		
	PDA	PARC	AN
Metalaxil	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Pseudomona</i> spp. <i>Pythium</i> spp.	<i>Pseudomona</i> spp.
Trichoderma	<i>Pseudomona</i> spp. <i>Pythium</i> spp. <i>Fusarium</i> spp. <i>Trichoderma</i> spp.	<i>Pseudomona</i> spp. <i>Pythium</i> spp. <i>Bacillus</i> spp.	<i>Pseudomona</i> spp. <i>Bacillus</i> spp.
Microorganismos Eficientes	<i>Macrophomina</i> spp. <i>Fusarium</i> spp. <i>Pseudomona</i> spp.	<i>Macrophomina</i> spp. <i>Fusarium</i> spp. <i>Pseudomona</i> spp. <i>Pythium</i> spp.	<i>Pseudomona</i> spp. <i>Bacillus</i> spp.
Testigo (+)	<i>Macrophomina</i> spp. <i>Pseudomona</i> spp. <i>Fusarium</i> spp.	<i>Macrophomina</i> spp. <i>Pseudomona</i> spp. <i>Pythium</i> spp.	<i>Pseudomona</i> spp.
Testigo (-)	<i>Macrophomina</i> spp. <i>Pseudomona</i> spp. <i>Fusarium</i> spp.	<i>Pseudomona</i> spp. <i>Pythium</i> spp.	<i>Pseudomona</i> spp.

PDA: Papa, Dextrosa, Agar; PARC: Pimaricina, Ampicilina, Rifampicina; AN: Agar Nutritivo

En PDA se detectó *Pythium* sólo en los tejidos de las raíces de las plantas establecidas en trichoderma. En PARC se detectó *Pythium* en todos los tratamientos (Cuadro 8).

Fusarium y *Pseudomona* son patógenos oportunistas y atacan cuando *Pythium myriotylum* ha iniciado la infección (Pacumbaba *et al.*, 1992, reportado por Adiobo, 2006). *Macrophomina* es un hongo que ataca plantaciones de frijol (Tamayo *et al.*, 2001), su crecimiento en los medios de cultivo se explica porque en el área donde se extrajo el suelo para el establecimiento del ensayo se ha sembrado este cultivo. *Bacillus* se encuentra en el ambiente y pudo contaminar los medios de cultivos. Según Bravo (2004) la aparición de esta bacteria en los medios de cultivo es producto de una contaminación cruzada o directa por malas prácticas higiénicas.

Las plantas en ambos ensayos registraron valores bajos, con tendencia general a decrecer en todas las variables morfológicas debido al ataque del hongo y probablemente también al confinamiento del sistema radicular en espacio reducido.

Los tratamientos EM, trichoderma, metalaxil, dry, humega y dry + humega no fueron supresores de la actividad de *Pythium myriotylum*. El tratamiento EM se utilizó en el presente estudio a sugerencias de un agricultor de Nueva Guinea quien obtenía el producto con supuestos efectos supresores contra *Pythium myriotylum*. El EM fue producido de manera artesanal y empírico, y se desconocen los microorganismos que contenía, así como las materias primas utilizadas.

El trichoderma en formulación WP (polvo humedecible) empleado en este estudio se compró a una empresa nacional productora del biocontrolador. El análisis de la viabilidad del trichoderma encontró que era de 2%. Trichoderma es reportado por Folgueras *et al.* (2009) ser efectivo controlador de *Pythium* en quequisque en Cuba. La ineffectividad de este biocontrolador en estudio puede estar causada por la comprobada baja viabilidad del producto al momento de la aplicación y por la inespecificidad del hongo con respecto a *Pythium myriotylum*.

La esterilización del suelo infectado con *Pythium* a 105 °C por 24 horas (Ensayo I) y a 220 °C por 48 horas (Ensayo II) pudo haber reducido la población del hongo, sin embargo fue insuficiente, puesto que el patógeno colonizó nuevamente el suelo estéril y afectó a las plantas. Para Rivera (1991) el costo de la esterilización del suelo es elevado, se justifica en condiciones experimentales o invernaderos comerciales. Suele realizarse con equipo especializado que somete el suelo a altas temperaturas por un tiempo no menor a 30 minutos, pero su costo es elevado. La efectividad incompleta y desigual de la esterilización del suelo utilizando vapor del suelo en invernaderos ha sido reportada por American Phytopathological Society (2004) en el control de *Phomopsis sclerotioides*. Después de la esterilización del suelo el hongo suele colonizar de nuevo muy rápidamente el suelo, por lo que consecuentemente se requieren tratamientos anuales de desinfección.

V. CONCLUSIONES

- El mal seco afectó el desarrollo de las plantas de ambos ensayos y redujo sus rendimientos totalmente. Las plantas en compost y testigo (-) (Ensayo I) fueron significativamente superiores en las variables morfológicas a los 57, 104 y 175 dds, éstas desarrollaron las fases de crecimiento y desarrollo con el mismo patrón de las plantas en suelo sin mal seco. Las plantas en compost, humus de lombriz y testigo (-) (Ensayo I) presentaron raíces al momento de la cosecha y pocos cormelos de bajo peso y tamaño.
- En el Ensayo II la aplicación de Metalaxil resultó significativamente superior en altura de planta, diámetro del pseudotallo, largo y ancho de hoja a los 32 y 74 dds. Sin embargo, las plantas de todos los tratamientos no mostraron diferencias significativas en las evaluaciones a los 127 y 193 dds en todas las variables morfológicas.
- *Pythium myriotylum* resistió las temperaturas a que fue sometido (105 °C por 24 horas y a 220 °C por 48 horas). Las plantas establecidas en el testigo (-) de ambos ensayos fueron también atacadas por el hongo.
- Los medios de cultivo PDA y PARC favorecieron el crecimiento de micelio de *Pythium myriotylum* a partir de los tejidos de raíces y el aislamiento e identificación del hongo.

VI. RECOMENDACIONES

- Continuar con los estudios en mal seco e incorporar los mejores resultados obtenidos en ésta, en investigaciones previas y en ejecución, de tal manera que se pueda contribuir a la solución de este problema.
- Utilizar en futuros estudios trichoderma, precedido de análisis de viabilidad, especificidad y calidad.

VII. LITERATURA CITADA

- Acevedo, J. y Navarro, E. 2010. Efecto del mal seco (*Pythium myriotylum* Drechs) en campo y sombreadero sobre agromorfología de 15 accesiones de quequisque (*Xanthosoma* spp.), desarrollo de síntomas y detección microbiológica. Tesis de Ing. en sistemas de protección agrícola y forestal. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 50 p.
- Adiobo, A. 2006. Biological control of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* (L) Schott) root rot disease caused by *Pythium myriotylum* Dresch: Importance of soil organic matter content and cultural practices. Thesis for the degree of Doctor. Ghent University. Belgium. 23-25 p.
- Agrios, G. M. 2007. Fitopatología. Segunda Edición. Ed. Limusa, S. A. México. 303-309 p.
- AGRO-K. 2003. NIR Booster. Minneapolis, Minnesota, USA. 6 p.
- American Phytopathological Society. 2004. Plagas y enfermedades de las cucurbitáceas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 89 p.
- Artavia, S., Uribe¹, L., Saborío, F., Arauz, L.F. y Castro, L. 2010. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la supresión de *Pythium myriotylum* en plantas de tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*). *Agronomía Costarricense* 34(1): 17-29.
- Bravo, M. F. 2004. El manejo higiénico de los alimentos. Guía para la obtención del distintivo H. Ed. Limusa, S. A. México. 97-102 p.
- CEI (Centro de Exportaciones e Inversiones de Nicaragua). 2005. Servicio de Inteligencia Comercial. Nicaragua: exportaciones Enero-Diciembre 2004.
- Craft, C. y Nelson E. 1996. Microbial properties of composts that suppress damping-off and root rot of creeping bentgrass caused by *Pythium graminicola*. *Applied and Environmental Microbiology* 62:1550-1557.
- Danon, M., Zmora-Nahum, S., Chen, Y. y Hadar, Y. 2007. Prolonged compost curing reduces suppression of *Sclerotium rolfsii*. *Soil Biology and Biochemistry* 39:1936-1946.
- Diáñez, F., Santos, M. y Tello, J.C. 2007. Suppressive effects of grape marc compost on phytopathogenic oomycetes. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 40:1-18.
- Doran, J.W. y Zeiss, M.R. 2000. Soil health and sustainability: Managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology* 15, 3-11 p.
- Elango, F. 1998. Enfermedades en la producción de raíces y tubérculos. San José Costa Rica, EARTH. 35 p.

- El-tarabily, K.A. 2006. Rhizosphere-competent isolates of streptomycete and non-streptomycete actinomycetes capable of producing cellwall- degrading enzymes to control *Pythium aphanidermatum* damping-off disease of cucumber. Canadian Journal of Botany 84:211-222.
- Folgueras, M., Rodríguez, S., y Herrera, L. 2009. El mal seco de la Malanga: Una enfermedad manejable con tecnología de base Agroecológica. Agricultura orgánica II.
- FUNDASES (Fundación de Asesorías para el Sector Rural). s.f. (en línea). Consultado 8 sep. 2010, disponible en <http://www.fundases.org/home.php?c=17>
- Galindo, J., González, N., Delgado, D., Sosa, A., Marrero, Y., González, R., Aldana, A. I. y Moreira, O. 2008. Efecto modulador de *Leucaena leucocephala* sobre la microbiota ruminal. Zootecnia Tropical 26(3):249-252.
- Giacometti, D. y León, J. 1994. Tannia. Yautia (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). J.E. Hernaldo Bermelo and J. León (eds). Neglected crops: 1942 from a different perspective. Plant Production and Protection Series N°. 26. FAO. Rome, Italy. 253-258 p.
- Gómez, L. 1993. El Mal Seco del tiquisque. In: Taller aplicaciones de la biotecnología en raíces, tubérculos y pejibaye. Universidad de Costa Rica-Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. San José, CR. (Resúmenes). 23p.
- Guerra, R. y Ojeda. 1980. Cultivo de algunas viandas en Cuba. La Habana, Editorial de Libros para la Educación. 92 p.
- Hoitink, H. y Boehm, M.J. 2001. Control biológico en comunidades microbianas del suelo: un fenómeno de dependencia de sustrato. FORO. Manejo Integrado de Plagas. Costa Rica. N°. 62:4-17.
- Hoitink, H. y Grebus, M. 1994. Status of biological control of plant diseases with composts. Compost Science and Utilization 2:6-12.
- Hoitink, H.A.J., Boehm, M.J. y Hadar, Y. 1993. Mechanisms of suppression of soilborne plant pathogens in composts-amended substrates, pp. 601-621. In: H.A.J. Hoitink y H.M. Keener (eds). Science and Engineering of Composting: Design, Environmental, Microbiological and Utilization Aspects. Renaissance Publications.
- Hoitink, H.A.J., Stone, A.G. y Han, D.Y. 1997. Supresión de enfermedades mediante compost. Agronomía Costarricense 21(1):25-33.
- Huber, D.M. 1991. The use of fertilizers and organic amendments in the control of plant disease. In: D. Pimentel (ed). Handbook of Pest Management in Agriculture. CRC Press. 405-494 p.

- IBPGR (International Board for Plant Genetic Recourses). 1989. Descriptors for Xanthosoma. Roma. 36 p.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2009. Resumen meteorológico anual. Dirección de meteorología año 2008-2009.
- Inglis, G.D. y Kawchuk, L.M. 2002. Comparative degradation of oomycete, ascomycete, and basidiomycete cell walls by mycoparasitic and biocontrol fungi. *Canadian Journal of Microbiology* 48:60-70.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2000. Cultivo de quequisque. Guía tecnológica N° 24. INTA. Managua-Nicaragua. 3-9 p.
- Kim, T.I., Jeong, K.H., Ham, J.S., Yang, C.B., Chung, I.B., Kim, M.K. y Kim, K.N. 2004. Isolation and characterization of cellulase secreting bacterium from cattle manure: Application to Composting. *Compost Science & Utilization* 12:242-248.
- Larrinaga, L. y Coronado, M. 1999. Actividad metabólica de cepas de *Trichoderma* spp. para el control de hongos fitopatógenos. La Habana, Cuba. 47-50 p.
- León, J. 1976. Origin, evolution and early dispersal of root and tuber crops. In: *Symposium Internacional de la Sociedad de Raíces comestibles*. Cali, CIATE. 20-36 p.
- López, M., Vásquez, E. y López, F. 1995. Raíces y tubérculos. Pueblo y Educación, Universidad Central de Las Villas, Cuba. 98-161 p.
- MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal). 2003. Informe de producción agropecuaria de Nicaragua 2002-2003. Dirección de Estadísticas del MAGFOR. Nicaragua.
- MAGFOR. 2005. Informe de producción agropecuaria de Nicaragua 2004-2005. Dirección de Estadísticas del MAGFOR. Nicaragua.
- MAGFOR. 2010. Informe de producción agropecuaria de Nicaragua 2009-2010. Dirección de Estadísticas del MAGFOR. Nicaragua.
- Montaldo, A. 1977. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. San José, IICA. 281 p.
- Montaldo, A. 1991. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Segunda Edición. San José, Costa Rica. 408 p.
- Mora, G., Teliz, D. y García, R. 1987. Manejo integrado de la tristeza (*Phytophthora cinnamomi*) del aguacate (*Persea americana*). Cuarta evaluación anual. *Revista Mexicana de Fitopatología* 6:76-81.
- Noble, R. y Coventry, E. 2005. Suppression of soil-borne plant diseases with composts. A review. *Biocontrol Science and Technology* 15:3-2.

- Onwueme, I. y Charles, W. 1994. Tropical root and tuber crops. Production, perspectives and future prospects. FAO. Plant production and protection paper 126, 139-161p.
- Páez, M.V. 1993. Combate del Mal Seco con Materia Orgánica en Tiquisque Blanco (*Xanthosoma sagittifolium*). Tesis de Ing. Agr. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 43 p.
- Plucknett, D.L. 1979. Edible Aroids-Alocasia, Colocasia, Cyrtosperma, Xanthosoma (Araceae). In Simmonds, N.W. Evolution of crop plants. London, Longman. 10-12 p.
- Reyes, G. 2006. Studies on cocoyam (*Xanthosoma* spp.) in Nicaragua with emphasis on Dasheen mosaic virus. Thesis Doctoral. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppala. 35 p.
- Ringer, C., Millner, P., Teerlink, L. y Lyman, B. 1997. Suppression of Seedling Damping-Off Disease in Potting Mix Containing Animal Manure Composts. Compost Science and Utilization 5:6-14.
- Rivera, C.G. 1991. Conceptos introductorios a la fitopatología. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José. Costa Rica. p 222-226.
- Rossmann, A.Y. y Palm, M.E. 2006. Why are *Phytophthora* and other Oomycota not true Fungi. APSnet, The American Phytopathological Society, 3340 Pilot Knob Road, St. Paul, MN 55121-2097, USA. (Downloaded 29/01/2010. Available online: <http://www.apsnet.org/online/feature/oomycetes/>).
- Saborio, F., Umaña, G., Solano, W., Ureña, G., Muñoz, G., Hidalgo, N. y Brenes, A. 2004. Mejoramiento genético del Tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott) contra el mal seco. Memoria 2004. Talleres REDBIO en la comunidad de la Poma, Masaya, Tesis UNA.1999-2000.
- Stefanova, M. 1998. Producción y aplicación de *Trichoderma* spp. como antagonista de hongos fitopatógenos. La Habana, Cuba. 12-16 p.
- Suárez-Estrella, F., Vargas-García, C., López, M.J., Capel, C. y Moreno, J. 2007. Antagonistic activity of bacteria and fungi from horticultural compost against *Fusarium oxysporum* f. spp. *melonis* Crop Protection 26:46-53.
- Tamayo, P.J. y Londoño, M.E. 2001. Manejo integrado de enfermedades y plagas del frijol. Manual de campo para su reconocimiento y control. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Regional 4, Centro de Investigación La Selva. Boletín Técnico 10. Ríonegro, Antioquia, Colombia. 80 p.
- Tambong, J.T., Ndzana, X., Wutoh, J.G., y Dadson, R. 1998. Variability and germplasm loss in the Cameroon national collection of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). Plant Genetic Resources Newletters 112:49-54.

- Termorshuizen, A.J., Van Rijn, E., Van Der Gaag, D.J., Alabouvette, C., Chen Y., Lagerlof, J., Malandrakis, A., Paplomatas, E.J., Ramert, B., Ryckeboer, J., Steinberg, C. y Zmora-Nahum, S. 2006. Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: Variability in pathogen response. *Soil Biology and Biochemistry* 38:2461-2477.
- Terry, A.I., Bermúdez, R.C., Rodríguez, S. y Fernández, M. 2004. Selección de un inóculo para la biodegradación anaerobia de la pulpa de café. *Tecnología Química* 24:64-71.
- Torres y Portuguese, S.E. 1996. Estudio preliminar de la utilización del complejo orgánico sobre el mal seco en cultivo de tiquizque blanco (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). In: Congreso Nacional Agronómico y de recursos Naturales. San José, Costa Rica, Memoria, 2:111.
- Van Os, G.J. y Van Ginkel, J.H. 2001. Suppression of *Pythium* root rot in bulbous Iris in relation to biomass and activity of the soil microflora. *Soil Biology and Biochemistry* 33:1447-1454.
- Varel, V.H. y Dehority, B.A. 1989. Ruminant cellulolytic bacteria and protozoa from bison, cattle-bison hybrids, and cattle fed three alfalfa-corn diets. *Applied and Environmental Microbiology* 55:148-153.
- Wilson, J.E. 1984. Cocoyam. In: *The Physiology of Tropical Field Crop*. (Eds. P.R. Goldsworthy. y N. M. Fisher). John Wiley and Sons Ltd. New York, London, 589-605 p.
- Zmora-Nahum, S., Danon, M., Hadar, Y. y Chen, Y. 2008. Compost curing reduces suppression of plant diseases. *Compost Science and Utilization* 16:250-256.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Análisis físico del suelo utilizado en los ensayos

Partículas			Clase textural
Arcilla	Limo	Arena	
59	26	15	Arcilla

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua- UNA

Anexo 2. Análisis químico del suelo utilizado en los ensayos

Descripción	pH	MO	N	P- disp	K- disp	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mg
	H ₂ O	%		ppm	Meq 100 g suelo		ppm				
INTA-Nueva Guinea	4.71	3.30	0.16	1.40	0.18	1.92	1.81	32.96	7.92	5.36	92.40

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua-UNA

Anexo 3. Altura de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 0, 27, 57, 104, 175 y 267 dds.

Ensayo I

Tratamiento	0 dds	27 dds	57 dds	104 dds	175 dds	267 dds
Compost	11.20 a	14.15 a	21.76 a	37.60 a	50.00 a	13.56
Dry	11.40 a	16.45 a	5.72 c	2.51 d	1.15 b	0.00
Dry + Humega	12.55 a	10.90 a	8.17 bc	4.93 cd	3.06 b	0.00
Humega	11.45 a	17.41 a	15.91 abc	12.34 cd	6.82 b	0.45
Humus	15.30 a	15.59 a	18.46 ab	15.71 bc	12.16 b	3.60
Testigo (-)	15.10 a	10.75 a	16.36 abc	25.56 ab	36.91 a	8.40
Testigo (+)	15.70 a	12.34 a	6.92 c	3.00 cd	1.60 b	0.00
Trichoderma	11.70 a	10.55 a	5.94 c	3.04 cd	2.65 b	0.00
CV	42.10	58.12	65.59	69.78	73.92	
R ²	0.10	0.11	0.38	0.66	0.75	

Medias en columnas con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, Tukey (α 0.05).

Anexo 4. Número de hojas de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 0, 27, 57, 104, 175 y 267 dds. Ensayo I

Tratamiento	0 dds	27 dds	57 dds	104 dds	175 dds	267 dds
Compost	0.80 a	2.60 a	3.20 a	2.40 a	3.80 a	0.00
Dry	1.20 a	2.20 a	0.40 c	1.20 ab	0.30 c	0.00
Dry+Humega	0.80 a	2.50 a	0.50 c	0.80 b	0.60 c	0.00
Humega	1.00 a	2.30 a	1.50 bc	1.10 ab	0.80 c	0.00
Humus	1.10 a	2.30 a	2.80 ab	1.60 ab	1.30 bc	0.00
Testigo (-)	0.80 a	1.20 a	2.70 ab	2.00 ab	2.40 ab	0.10
Testigo (+)	1.20 a	1.40 a	0.70 c	0.70 b	0.30 c	0.00
Trichoderma	1.00 a	1.50 a	1.00 c	0.80 b	0.70 c	0.00
CV	51.88	69.02	61.10	76.82	83.90	
R ²	0.10	0.13	0.57	0.27	0.56	

Medias en columnas con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, Tukey (α 0.05).

Anexo 5. Largo de hoja de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 0, 27, 57, 104, 175 y 267 dds. Ensayo I

Tratamiento	0 dds	27 dds	57 dds	104 dds	175 dds	267 dds
Compost	5.93 a	7.30 a	10.69 a	13.87 a	19.35 a	0.00
Dry	6.15 a	8.50 a	2.25 c	1.83 c	0.72 b	0.00
Dry + Humega	5.60 a	8.55 a	3.17 bc	2.48 c	1.47 b	0.00
Humega	5.03 a	8.31 a	8.04 ab	5.83 bc	4.15 b	0.00
Humus	7.15 a	9.58 a	9.67 a	6.52 bc	5.87 b	0.00
Testigo (-)	5.85 a	4.77 a	10.02 a	10.72 ab	16.13 a	1.30
Testigo (+)	8.25 a	6.78 a	3.06 bc	1.81 c	1.02 b	0.00
Trichoderma	5.95 a	6.87 a	3.23 bc	1.60 c	1.93 b	0.00
CV	55.06	53.03	59.28	63.38	69.49	
R ²	0.08	0.12	0.49	0.62	0.73	

Medias en columnas con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, Tukey (α 0.05).

Anexo 6. Ancho hojas de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 0, 27, 57, 104, 175 y 267 dds. Ensayo I

Tratamiento	0 dds	27 dds	57 dds	104 dds	175 dds	267 dds
Compost	4.46 a	6.35 a	9.11 a	12.48 a	18.35 ab	0.00
Dry	4.66 a	7.58 a	2.40 b	1.50 c	0.62 c	0.00
Dry + Humega	4.31 a	7.41 a	2.79 b	2.14 c	1.18 c	0.00
Humega	3.44 a	6.94 a	7.23 ab	5.14 c	3.66 bc	0.00
Humus	5.81 a	8.51 a	8.50 a	5.60 bc	5.04 bc	0.00
Testigo (-)	5.17 a	3.84 a	9.33 a	10.04 ab	25.26 a	1.34
Testigo (+)	7.04 a	5.91 a	3.12 b	1.37 c	0.87 c	0.00
Trichoderma	4.28 a	5.83 a	2.58 b	1.29 c	1.48 c	0.00
CV	58.68	55.34	62.18	65.93	165.23	
R ²	0.13	0.13	0.44	0.63	0.39	

Medias en columnas con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, Tukey (α 0.05).

Anexo 7. Diámetro del pseudotallo de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 0, 27, 57, 104, 175 y 267 dds. Ensayo I

Tratamiento	0 dds	27 dds	57 dds	104 dds	175 dds	267 dds
Compost	0.82 a	0.97 a	1.26 a	1.67 a	2.93 a	1.56
Dry	0.84 a	1.08 a	0.30 c	0.36 cd	0.13 c	0.00
Dry + Humega	0.66 a	0.98 a	0.52 bc	0.39 cd	0.27 c	0.00
Humega	0.57 a	0.93 a	0.92 ab	0.78 bcd	0.54 c	0.06
Humus	0.88 a	1.15 a	1.23 a	0.93 bc	0.83 c	0.36
Testigo (-)	0.98 a	0.94 a	1.16 a	1.14 ab	1.96 b	0.55
Testigo (+)	0.92 a	0.79 a	0.56 bc	0.30 d	0.09 c	0.00
Trichoderma	0.83 a	0.68 a	0.53 bc	0.33 cd	0.27 c	0.00
CV	41.21	45.70	48.22	60.38	72.35	
R ²	0.14	0.11	0.48	0.54	0.72	

Medias en columnas con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, Tukey (α 0.05).

Anexo 8. Número de hijos de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 0, 27, 57, 104, 175 y 267 dds. Ensayo I

Tratamiento	0 dds	27 dds	57 dds	104 dds	175 dds	267 dds
Compost		0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00
Dry		0.10 a	0.10 a	0.20 a	0.10 a	0.00
Dry + Humega		0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00
Humega		0.20 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00
Humus		0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00
Testigo (-)		0.00 a	0.10 a	0.10 a	0.00 a	0.00
Testigo (+)		0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00
Trichoderma		0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00
CV		666.67	632.46	666.67	894.43	
R ²		0.08	0.08	0.08	0.09	

Medias en columnas con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, Tukey (α 0.05).

Anexo 9. Altura de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 32, 74, 89, 127, y 193 dds. Ensayo II

Tratamiento	32 dds	74 dds	89 dds	127 dds	193 dds
EM	6.46 b	8.56 b	10.95 ab	8.40 a	8.30 a
Metalaxil	25.13 a	40.88 a	22.68 a	15.57 a	12.35 a
Trichoderma	7.76 b	12.11 b	18.12 ab	15.54 a	13.98 a
Testigo (-)	1.94 b	13.62 b	8.38 ab	13.66 a	16.53 a
Testigo (+)	4.47 b	7.85 b	7.36 b	9.56 a	7.53 a
CV	98.89	68.49	90.85	81.39	91.15
R ²	0.47	0.57	0.20	0.09	0.10

Medias en columnas con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, Tukey (α 0.05).

Anexo 10. Número de hojas de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 32, 74, 89, 127 y 193 dds. Ensayo II

Tratamiento	32 dds	74 dds	89 dds	127 dds	193 dds
EM	0.36 a	0.64 a	0.91 a	1.18 a	0.27 a
Metalaxil	0.91 a	1.27 a	0.91 a	1.18 a	0.36 a
Trichoderma	0.45 a	0.82 a	1.27 a	1.18 a	0.55 a
Testigo (-)	0.20 a	1.10 a	1.10 a	2.10 a	0.50 a
Testigo (+)	0.18 a	0.45 a	0.82 a	1.09 a	0.55 a
CV	139.98	97.77	83.95	64.92	114.47
R ²	0.18	0.12	0.04	0.17	0.05

Medias en columnas con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, Tukey (α 0.05).

Anexo 11. Largo de hoja de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 32, 74, 89, 127 y 193 dds. Ensayo II

Tratamiento	32 dds	74 dds	89 dds	127 dds	193 dds
EM	3.3 ab	2.86 b	6.42 a	5.26 a	1.97 a
Metalaxil	9.06 a	20.42 a	10.98 a	7.71 a	2.31 a
Trichoderma	2.54 b	7.01 b	7.98 a	7.08 a	4.43 a
Testigo (-)	1.51 b	5.24 b	4.83 a	6.48 a	6.19 a
Testigo (+)	1.46 b	3.73 b	4.77 a	5.48 a	2.82 a
CV	147.43	78.80	86.17	74.70	146.51
R ²	0.24	0.54	0.14	0.04	0.09

Medias en columnas con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, Tukey (α 0.05).

Anexo 12. Ancho de hoja de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 32, 74, 89, 127 y 193 dds. Ensayo II

Tratamiento	32 dds	74 dds	89 dds	127 dds	193 dds
EM	2.84 b	2.72 b	5.77 ab	4.64 a	1.89 a
Metalaxil	10.25 a	21.33 a	11.25 a	7.48 a	2.38 a
Trichoderma	2.87 b	5.05 b	7.16 ab	7.12 a	4.41 a
Testigo (-)	1.47 b	5.10 b	3.95 b	5.62 a	5.94 a
Testigo (+)	1.33 b	3.57 b	3.76 b	5.16 a	2.47 a
CV	134.98	76.92	90.35	78.83	161.06
R ²	0.32	0.61	0.20	0.06	0.08

Medias en columnas con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, Tukey (α 0.05).

Anexo 13. Diámetro del pseudotallo de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 32, 74, 89, 127 y 193 dds. Ensayo II

Tratamiento	32 dds	74 dds	89 dds	127 dds	193 dds
EM	0.71 b	0.62 b	0.77 a	0.65 a	0.51 a
Metalaxil	1.52 a	1.64 a	1.14 a	0.91 a	0.65 a
Trichoderma	0.75 b	1.00 b	1.31 a	0.99 a	0.96 a
Testigo (-)	0.20 b	0.63 b	0.52 a	0.81 a	0.99 a
Testigo (+)	0.55 b	0.47 b	0.56 a	0.75 a	0.53 a
CV	73.99	54.79	74.77	56.09	94.93
R ²	0.40	0.46	0.20	0.07	0.09

Medias en columnas con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, Tukey (α 0.05).

Anexo 14. Número de hijos de plantas del cultivar Quequisque Blanco a los 32, 74, 89, 127 y 193 dds. Ensayo II

Tratamiento	32 dds	74 dds	89 dds	127 dds	193 dds
EM	0.09 a	0.36 a	0.27 a	0.64 a	0.18 a
Metalaxil	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Trichoderma	0.09 a	0.09 a	0.09 a	0.00 a	0.09 a
Testigo (-)	0.00 a	0.30 a	0.30 a	0.80 a	0.80 a
Testigo (+)	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.18 a	0.36 a
CV	520.10	298.06	295.52	271.44	244.98
R ²	0.06	0.12	0.11	0.14	0.15

Medias en columnas con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, Tukey (α 0.05).