



"Por un desarrollo agrario  
integral y sostenible"

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Tesis

**Efecto de micorriza (*Rhizophagus intraradices* N.C. Schenck & G.S. Sm.) y dos especies de *Trichoderma* en el manejo del mal seco (*Pythium myriotylum* Drechsler) en quequisque (*Xanthosoma violaceum* (L.) Schott), San Carlos, Río San Juan, 2016**

**Autora**

**Br. Betania Mariana Acevedo Flores**

**Asesores**

**Ing. Heeidy Guadalupe Corea Narvárez**

**Dr. Guillermo del Carmen Reyes Castro**

**Managua, Nicaragua  
Junio, 2020**



"Por un desarrollo agrario  
integral y sostenible"

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA

## Trabajo de Tesis

**Efecto de micorriza (*Rhizophagus intraradices* N.C. Schenck & G.S. Sm.) y dos especies de *Trichoderma* en el manejo del mal seco (*Pythium myriotylum* Drechsler) en quequisque (*Xanthosoma violaceum* (L.) Schott), San Carlos, Río San Juan, 2016**

### Autora

**Br. Betania Mariana Acevedo Flores**

### Asesores

**Ing. Heedy Guadalupe Corea Narváez**

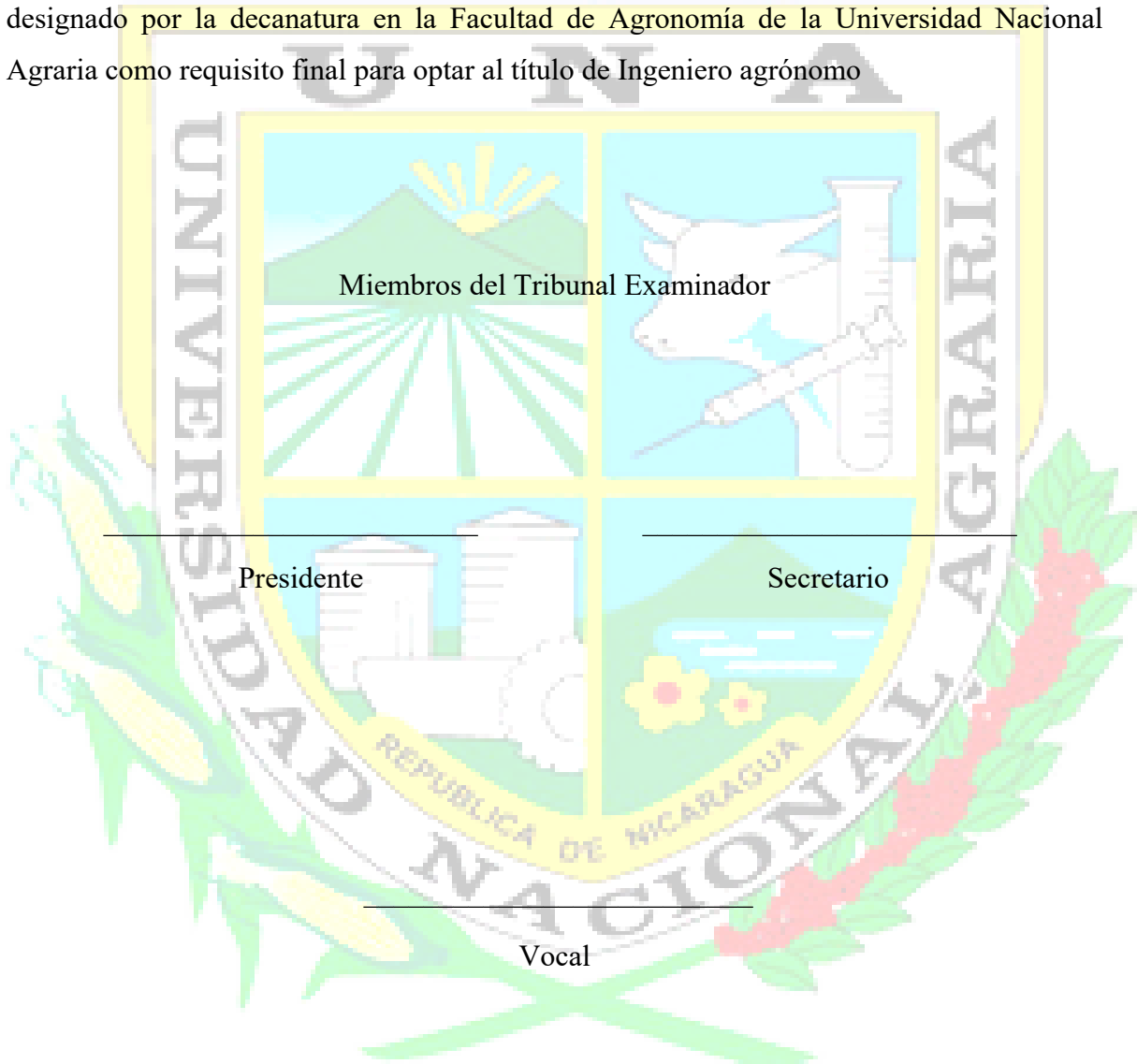
**Dr. Guillermo del Carmen Reyes Castro**

Presentado a la consideración del honorable  
tribunal examinador, como requisito para optar al  
grado de Ingeniero Agrónomo

**Managua, Nicaragua**

**Junio, 2020**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la decanatura en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria como requisito final para optar al título de Ingeniero agrónomo



Lugar y fecha (día/mes/año) \_\_\_\_\_

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1    Objetivo general	3
2.2    Objetivos específicos	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1    Ubicación geográfica del ensayo	4
3.1.2    Condiciones climáticas	5
3.2    Manejo agronómico	5
3.2.1    Preparación del terreno	5
3.2.2    Material vegetal para la siembra	6
3.2.3    Fertilización	6
3.2.4    Manejo de malezas y aporque	6
3.2.5    Cosecha	6

3.3	Análisis microbiológico	6
3.4	Diseño experimental	6
3.4.1	Descripción de los tratamientos	7
3.5	Variables evaluadas	8
3.6	Análisis estadístico de los datos	9
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
4.1	Variables morfológicas	11
4.2	Análisis microbiológico	11
4.3	Raíces sanas y afectadas de plantas de quequisque	12
4.4	Porcentaje de sobrevivencia de plantas de quequisque	14
4.5	Variables de rendimiento	15
V.	CONCLUSIONES	18
VI.	RECOMENDACIONES	19
VII.	LITERATURA CITADA	20
VIII.	ANEXOS	24

---

## DEDICATORIA

A la memoria de mi abuelita *Braulia Margarita Acevedo.*

**Br. Betania Mariana Acevedo Flores**

## AGRADECIMIENTOS

**A:**

**Dios** por su buena voluntad conmigo.

Mis amados padres, Cristina Flores y José Daniel Acevedo, por su arduo trabajo formándome, juntos logramos esta meta, los amo.

Mi hermana, Nancy de los Ángeles, su apoyo incondicional hasta el día de hoy ha sido una completa bendición.

Mis hermanos, Luis, Fernando y Henry influyen en mi vida personal cada día.

Mi amor, José Adolfo González Sobalvarro, ha sido mi inspiración, una pieza inefable en mi vida.

Mis asesores Ing. Heeidy Guadalupe Corea Narváez y Dr. Guillermo del Carmen Reyes Castro, les tengo un cariño enorme para siempre, les deseo salud, muchos años de prosperidad, y amor al lado de sus seres queridos. Me brindaron la oportunidad de realizar esta investigación y alcanzar un triunfo en mi vida.

Isabella Castillo Ruiz, Alexa Hodgson Bendliss, Kevin Mayorga López y Yordi Casco Rivera por compartir la experiencia de este trabajo y años de amistad durante este viaje universitario.

La Universidad Nacional Agraria por cinco años de aprendizaje, brindado por el mejor cuerpo de Docentes profesionales en las ciencias agrarias.

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Tratamientos evaluados en el ensayo efecto de micorriza <i>R. intraradices</i> N.C. Schenck & G.S. Sm.) y dos especies de <i>Trichoderma</i> establecido en la comunidad Cruz verde, Río San Juan	7
2.	Variables morfológicas evaluadas en el estudio del efecto de micorriza ( <i>R. intraradices</i> N.C. Schenck & G.S. Sm.) y dos especies de <i>Trichoderma</i> sobre <i>Pythium myriotylum</i> Drechsler agente causal del mal seco en quequisque en San Carlos, Río San Juan	8
3.	Variables de rendimiento evaluadas en el estudio del efecto de micorriza <i>R. intraradices</i> N.C. Schenck & G.S. Sm.) y dos especies de <i>Trichoderma</i> sobre <i>Pythium myriotylum</i> Drechsler agente causal del mal seco en quequisque en San Carlos, Río San Juan	8
4.	Análisis de varianza del efecto de los tratamientos de las variables largo, ancho y peso de corno, número, largo, ancho y peso de cormelos evaluadas a los 175 días al momento de la cosecha en la comunidad Cruz Verde, Río San Juan	15
5.	Análisis de varianza del rendimiento estimado y rendimiento real al momento de la cosecha (175 dds) en la comunidad Cruz Verde, Río San Juan	16



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Ubicación geográfica del lugar donde se estableció el ensayo para evaluar el efecto de micorriza ( <i>R. intraradices</i> N.C. Schenck & G.S. Sm.) y dos especies de <i>Trichoderma</i> sobre <i>Pythium myriotylum</i> Drechsler agente causal del mal seco en quequisque en San Carlos, Río San Juan	4
2.	Precipitaciones (mm) y temperaturas máximas y mínimas mensuales (°C) del año 2016 en San Carlos, Río San Juan (INETER 2016)	5
3.	Altura de planta (cm), número de hojas, área foliar (cm <sup>2</sup> ) y diámetro de pseudotallo (cm) evaluados a los 68 y 153 dds en la localidad Cruz Verde en Río San Juan, en el estudio efecto de micorriza ( <i>R. intraradices</i> N.C. Schenck & G.S. Sm.) y dos especies <i>Trichoderma</i> sobre <i>P. myriotylum</i> Drechsler agente causal del mal seco en quequisque	12
4.	Número de raíces sanas y afectadas evaluadas a los 175 días momento de la cosecha en la comunidad Cruz Verde, Río San Juan	13
5.	Porcentaje de sobrevivencia de las plantas de quequisque en el estudio del efecto de micorriza <i>R. intraradices</i> N.C. Schenck & G.S. Sm.) y dos especies de <i>Trichoderma</i> sobre <i>P. myriotylum</i> Drechsler agente causal del mal seco en quequisque en San Carlos, Río San Juan; al momento de la cosecha	14

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Plano de campo del experimento	24
2. Afectaciones de la enfermedad de mal seco en la plantación de quequisque en la comunidad Cruz verde, departamento de Río San Juan	25
3. Estructuras morfológicas de <i>Pythium myriotylum</i> Dreschler. Observadas en el microscopio e identificadas mediante claves taxonómicas, aislado del ensayo establecido en la comunidad Cruz Verde, San Carlos, Río San Juan	26

## RESUMEN

El quequisque (*Xanthosoma violaceum* (L.) Schott), es cultivado en Nicaragua, actualmente en el trópico húmedo, la presencia del oomicete *Pythium myriotylum* Drechsler causante de la enfermedad del mal seco, destruye el sistema radical de la planta, afectando el rendimiento de las plantaciones. En la búsqueda de alternativas agroecológicas para reducir el efecto de esta enfermedad, se estableció un experimento de campo bifactorial en bloques completos al azar con el objetivo de evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* (Th), *Trichoderma asperellum* (Ta), Micorriza (Ri), la combinación de *Trichoderma harzianum* con Micorriza (Th Ri), *Trichoderma asperellum* con Micorriza (Ta Ri), y un testigo, sobre mal seco en quequisque. Se evaluaron variables morfológicas los 68 y 153 días después de la siembra (dds), de rendimiento y porcentaje de sobrevivencia al momento de la cosecha. No hubo diferencia estadísticamente en las variables morfológicas entre los tratamientos en ninguna de las evaluaciones. Los tratamientos Th Ri y Ri resultaron estadísticamente superiores en el ancho de corno (5.98 y 5.76 cm respectivamente) y en largo de cormelos; Th Ri (8.37 cm), ancho de cormelos Th Ri (3.64 cm), Ri (3.42 cm) y Ta (3.41 cm) y en peso de cormelos Ta (53.54 g). Ta, Ri y Th Ri registraron rendimientos estimados y reales superiores estadísticamente a los demás tratamientos. No hubo diferencia significativa en el número de raíces-sanas-e infectadas. Th Ri presentó un 48% de sobrevivencia al momento de la cosecha.

**Palabras clave:** *Pythium myriotylum*, hongos antagonistas, *Glomus intraradices*

## ABSTRACT

Cocoyam (*Xanthosoma violaceum* (L.) Schott), is cultivated in Nicaragua, currently in the humid tropics, the oomycete *Pythium myriotylum* Drechsler causing root rot disease, destroys the root system plant, affecting yield. In the search for agroecological alternatives to reduce the effect of this disease, a field experiment was established a Bifactorial desing in Randomized Complete Blocks (RCB) with the objective of evaluating the effect of *Trichoderma harzianum* (Th), *Trichoderma asperellum* (Ta), Mycorrhizae (Ri), the combination of *Trichoderma harzianum* with Mycorrhizae (Th Ri), *Trichoderma asperellum* with Mycorrhizae (Ta Ri), and a control, on root rot disease in cocoyam. Morphological variables were evaluated on 68 and 153 days after sowing (das), yield and survival rate at harvest. There was no statistically significant difference in morphological variables between treatments in any of the evaluations. In yield variables, the superior and statistically significant treatments were Th Ri and Ri in corm width variable (5.98 and 5.76 cm respectively), in cormels length Th Ri (8.37 cm), cormels width Th Ri (3.64 cm), Ri (3.42 cm) and Ta (3.41 cm) and cormels weight Ta (53.54 g). In the estimated and real yield, Ta, Ri and Th Ri treatments were statistically superior to the other treatments. In healthy and infected roots there was no significant statistical difference. Th Ri treatment showed a 48% survival at the time of harvest.

**Keywords:** *Pythium myriotylum*, antagonistic fungi, *Glomus intraradices*

## I. INTRODUCCION

El quequisque (*Xanthosoma violaceum* (L.) Schott) es oriundo de América tropical y subtropical (Bown, 2000). Nicaragua comenzó a exportar quequisque en los años ochenta (Reyes *et al.*, 2013). Agricultores del trópico húmedo (zona no tradicional en ese momento), sin considerar normas nacionales de introducción, abastecieron la siembra con semilla procedente de Costa Rica, material que vino infectado con la enfermedad conocida como Mal seco. De acuerdo con Nzietchueng (1984) mal seco es causado por el oomicete *Pythium myriotylum* Drechsler y enfatiza que la enfermedad se disemina a través del suelo y el material de propagación.

El mal seco destruye hasta el 100% las cosechas de quequisque (Saborío *et al.*, 2004). *P. myriotylum* según (Perneel, 2006) es un oomicete que destruye el sistema radical de la planta y al establecerse en el suelo es prácticamente imposible su erradicación. Martin y Loper (1999) señalan que el microorganismo prevalece más en suelos con alta humedad. Van Der Plaats-Niterink (1981) indica que se encuentra en pantanos, bosques, pastos, viveros, suelos arables, e incluso en el agua y puede ser patogénico para varias especies de plantas. De acuerdo con Hendrix *et al.* (1973) *Pythium* spp. se encuentra en suelos cultivados y no cultivados.

Para manejar el mal seco se han implementado sin éxito medidas agronómicas como uso de fungicidas sintéticos, distancias y momentos de siembra, obras de drenaje (Onwueme y Charles, 1994), uso de material de siembra sano (Saborío *et al.*, 2004), siembra en camellones, rotación de cultivos (Giacometti y León, 1994) y uso de fertilizantes (Torres-Portuguez, 1996).

En la agricultura nicaragüense se utilizan agentes de control biológico para combatir plagas y enfermedades (Salazar-Antón *et al.*, 2014). De acuerdo con Harman *et al.* (2004) *Trichoderma* spp. es enemigo natural del oomicete *P. myriotylum* que imposibilita el crecimiento radial cuando penetra en las hifas. Estudios previos en Nicaragua realizados por Sequeira y Silva (2010) y Carcache y Díaz (2011) obtuvieron resultados promisorios, aunque no conclusivos, sobre el efecto supresor de *Trichoderma* spp sobre el *P. myriotylum*.

El efecto de los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) en quequisque fue evaluado por Djeuani *et al.* (2018) y su empleo en especies de solanáceas ha sido efectivo en el manejo de

hongos y nematodos fitoparásitos (Esquivel y Altamirano, 2009), en cucurbitáceas (Medina y Salmerón, 2008), en musáceas (Amaya y López, 2006) y también en otros cultivos.

Éste estudio es pionero en condiciones de campo y se evaluó el efecto de *Trichoderma harzianum* Rifai, *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckf. & Nirenberg y Micorriza (*Rhizophagus intraradices* N.C. Schenck & G.S. Sm.), individualmente y combinados hacia el oomicete *Pythium myriotylum* Drechsler en una plantación comercial de quequisque en San Carlos, Río San Juan. Los resultados contribuyen a la búsqueda de estrategias de manejo agroecológico de la enfermedad de mal seco en el cultivo de quequisque.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de micorriza (*Rhizophagus intraradices* N.C. Schenck & G.S. Sm.) y dos especies de *Trichoderma* sobre mal seco (*Pythium myriotylum* Drechsler) en quequisque (*Xanthosoma violaceum* (L.) Schott), San Carlos, Río San Juan.

### 2.2 Objetivos específicos

- Estimar la sobrevivencia de las plantas de quequisque tratadas con *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma asperellum* y *Rhizophagus intraradices* individual y combinados establecidas en campo con antecedentes de *Pythium myriotylum* Drechsler.
- Determinar el efecto de *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma asperellum* y *Rhizophagus intraradices* individual y combinados en el crecimiento y rendimiento de plantas de quequisque establecidas en campo con antecedentes de *Pythium myriotylum* Drechsler.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación geográfica del ensayo

El ensayo se estableció en el municipio de San Carlos cabecera departamental de Río San Juan en la Comunidad Cruz Verde, en la finca comercial del agricultor Eulalio Maradiaga localizada entre las coordenadas geográficas 11° 17' 34.93'' latitud norte y 84° 41' 40.02'' longitud oeste con una altitud de 135 m (Figura 1).



Figura 1. Ubicación geográfica del lugar donde se estableció el ensayo para evaluar el efecto de micorriza (*R. intraradices* N.C. Schenck & G.S. Sm.) y dos especies de *Trichoderma* sobre *Pythium myriotylum* Drechsler agente causal del mal seco en quequisque en San Carlos, Río San Juan.



### 3.1.2 Condiciones climáticas del sitio donde se estableció el ensayo

La precipitación acumulada de San Carlos de junio a noviembre del 2016 fue de 1684 mm; la temperatura promedio anual fue de 26.5 °C y la humedad relativa anual fue 86% (INETER, 2016) (Figura 2). Los suelos en Río San Juan son ácidos, de baja fertilidad y textura arcillosa y el orden predominante es Alfisols del suborden udolfs (INETER y UNA, 2015).

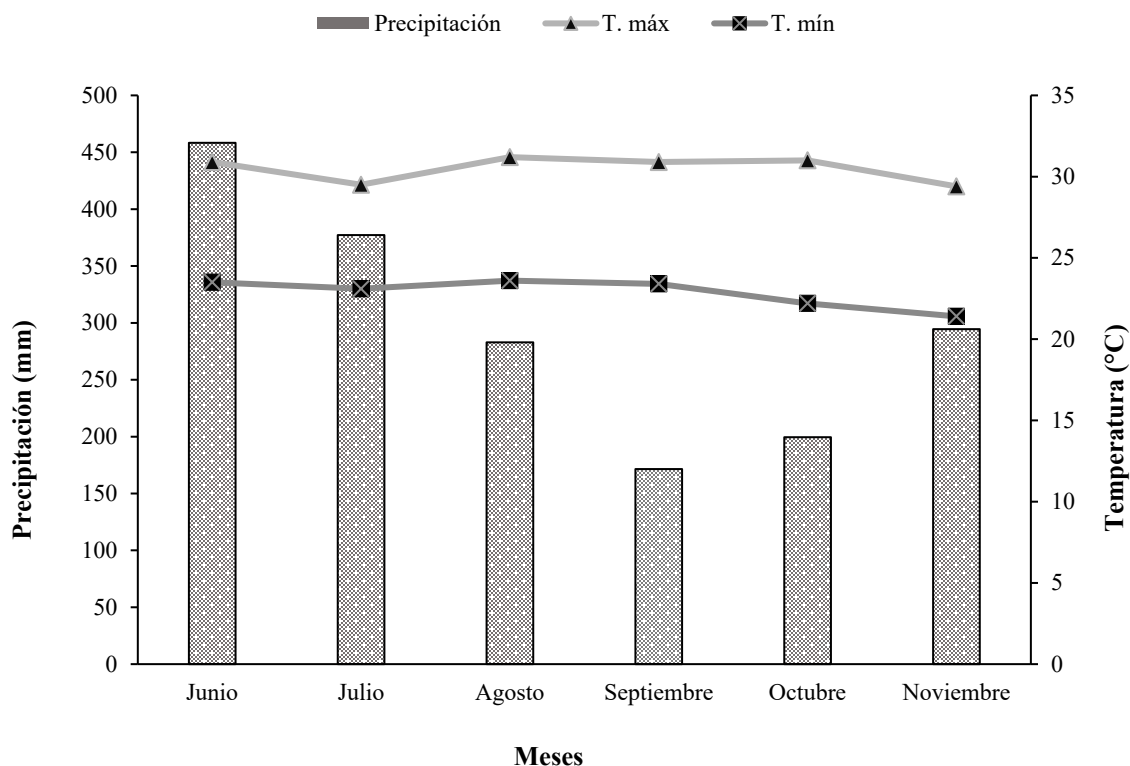


Figura 2. Precipitaciones (mm) y temperaturas máximas y mínimas mensuales (°C) del año 2016 en San Carlos, Río San Juan (INETER 2016).

## 3.2 Manejo agronómico

### 3.2.1 Preparación del terreno

Se chapodó y limpió el terreno, luego se efectuaron dos pases de grada con tracción animal (yunta de bueyes) y surcado. Se asoleó el terreno por una semana para iniciar la siembra, al transcurrir ese tiempo se realizó el ahoyado con profundidad aproximada de 20 x 20 cm de ancho.

### **3.2.2 Material vegetal para la siembra**

Los cormos de quequisque fueron seleccionados del material de siembra utilizado en la zona, se hicieron trozos de cormos con dimensiones de 8 cm de largo por 8 cm de ancho y 4 cm de alto con 2 a 3 yemas axilares, se procedió a sembrar aproximadamente uno o dos trozos de cormos en los respectivos hoyos.

### **3.2.3 Fertilización**

La primera aplicación de fertilizante se hizo con urea al 46% de N con una dosis de 3.3 g / planta (45.45 kg ha<sup>-1</sup>) distribuido alrededor de la base de la planta a los 30 dds.

La segunda aplicación de fertilizante se hizo con (15-15- 15) de NPK con una dosis de 3.3 g / planta (45.45 kg. ha<sup>-1</sup>) distribuido alrededor de la base de la planta a los 70 dds.

### **3.2.4 Manejo de malezas y aporque**

Se chapodó con machete cada 30 días dejando el camino de los surcos tapados con las arvenses que se cortaron para una mayor retención de humedad y retardar el crecimiento de estas mismas. Al mismo tiempo se realizó el aporque para proporcionar firmeza a la planta.

### **3.2.5 Cosecha**

La cosecha se realizó de forma manual, los cormelos fueron extraídos con macana, para evitar daños, se registraron inmediatamente las variables de rendimiento para obtener medidas sin afectaciones de pérdidas de agua por respiración y transpiración del material.

## **3.3 Análisis microbiológico**

Se recolectaron 5 muestras de suelo entre 0-10 cm de profundidad desde la superficie con peso aproximado de 200-500 g. También se tomaron plantas de quequisque creciendo voluntarias en la parcela para determinar la presencia del agente causal de mal seco. Las muestras de suelo y plantas fueron llevadas al laboratorio de micología de la UNA. Se llenó una ficha con el historial de la finca al momento de recolectar las muestras.

## **3.4 Diseño experimental**

El ensayo se estableció en un arreglo bifactorial siguiendo el diseño de Bloques Completos al Azar (BCA). Se establecieron 4 bloques con 6 tratamientos en cada bloque. En cada unidad

experimental se establecieron 6 surcos de 8 m de largo. A una distancia de siembra de 0.8 m entre plantas x 1 m entre surcos para un total de 66 plantas por tratamiento. La separación entre bloques fue de 2 m. La parcela útil correspondió a los 2 surcos centrales del cual se tomaron los datos de 10 plantas. (Anexo 1).

### 3.4.1 Descripción de los tratamientos

En el ensayo se evaluaron seis tratamientos, los cuales se describen en el (cuadro 1.)

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en el ensayo efecto de micorriza *R. intraradices* N.C. Schenck & G.S. Sm.) y dos especies de *Trichoderma* establecido en la comunidad Cruz verde, Río San Juan

Niveles de <i>Trichoderma</i>	Niveles de Micorriza <i>Rhizophagus intraradices</i>	Tratamientos
(a <sub>1</sub> ) Sin <i>Trichoderma</i>	(b <sub>1</sub> ) Sin <i>Rhizophagus intraradices</i>	Testigo
(a <sub>1</sub> ) Sin <i>Trichoderma</i>	(b <sub>2</sub> ) <i>Rhizophagus intraradices</i> (Ri)	Ri
(a <sub>2</sub> ) <i>Trichoderma harzianum</i> (Th)	(b <sub>1</sub> ) Sin <i>Rhizophagus intraradices</i>	Th
(a <sub>2</sub> ) <i>Trichoderma harzianum</i> (Th)	(b <sub>2</sub> ) <i>Rhizophagus intraradices</i> (Ri)	Th Ri
(a <sub>3</sub> ) <i>Trichoderma asperellum</i> (Ta)	(b <sub>1</sub> ) Sin <i>Rhizophagus intraradices</i>	Ta
(a <sub>3</sub> ) <i>Trichoderma asperellum</i> (Ta)	(b <sub>2</sub> ) <i>Rhizophagus intraradices</i> (Ri)	Ta Ri

***Trichoderma harzianum* (Trichoderma 5 PM).** Es un fungicida microbial compuesto de conidias de *Trichoderma harzianum*, de venta en el Laboratorio de hongos entomopatógenos de la Universidad Nacional Agraria (UNA), dosis de aplicación: de 426.98 g ha<sup>-1</sup> con una concentración de conidias de 1x10<sup>12</sup> g. Se aplicó una vez al momento de la siembra, con bomba de mochila, asperjando directamente a los hoyos donde se sembró la semilla.

***Trichoderma asperellum* (Tricho Max WP).** Biofungicida hecho a base de *Trichoderma asperellum* cepa M 020013. De venta en Agri Centre, con una concentración de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) 1 x 10<sup>9</sup> UFC / g. Dosis de aplicación: 355 g. ha<sup>-1</sup>. Se aplicó una vez al momento de la siembra, con bomba de mochila, asperjando directamente a los hoyos donde se sembró la semilla.

**Micorriza:** *Rhizophagus intraradices* N.C. Schenck & G.S. Sm. antes conocido como *Glomus intraradices* N.C. Schenck & G.S. Sm (Young, 2012; Tisserant, *et al.*, 2013; Stockinger *et al.*, 2009; Schüßler y Walker 2010), es miembro de la familia *Glomeromycota* y la más utilizada (Stockinger *et al.*, 2009). El producto comercial (Micofer) contiene 40,000 esporas kg<sup>-1</sup> de producto. Se agregó 2 kg en 20 l de agua donde se sumergieron 792 semillas (trozos de cormos) en la mezcla por cinco minutos y secando al aire libre durante 10 minutos.

**Tratamiento testigo.** Sin *Trichoderma* spp. y sin *R. intraradices*.

### 3.5 Variables evaluadas

Las variables morfológicas se evaluaron a los 68 y 153 dds y las variables de rendimiento al momento de la cosecha 175 dds (Cuadro 2 y 3).

Cuadro 2. Variables morfológicas evaluadas en el estudio del efecto de micorriza (*R. intraradices* N.C. Schenck & G.S. Sm.) y dos especies de *Trichoderma* sobre *Pythium myriotylum* Drechsler agente causal del mal seco en quequisque en San Carlos, Río San Juan

<b>Variables</b>	<b>Descripción</b>
Altura de planta (cm)	A partir de la base del pseudotallo hasta la inserción del pecíolo de la hoja de mayor altura en la planta.
Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Se midió el largo de la hoja (LH, desde el punto de inserción del pecíolo de la hoja hasta la punta de la hoja) y el ancho de la hoja (AH, desde el punto de inserción del pecíolo de la hoja). Y se utilizó la fórmula: (LH*AH) 0.923 (Aguoguía, 1993).
Diámetro de pseudotallo (cm)	Desde el punto de inserción de las vainas de las hojas y la base del cormo.
Número de hojas	Se contabilizó el total de hojas presentes en la planta principal.

Cuadro 3. Variables de rendimiento evaluadas en el estudio del efecto de micorriza *R. intraradices* N.C. Schenck & G.S. Sm.) y dos especies de *Trichoderma* sobre *Pythium myriotylum* Drechsler agente causal del mal seco en quequisque en San Carlos, Río San Juan

<b>Variables</b>	<b>Descripción</b>
Número de cormelos	Conteo de cormelos por planta al momento de la cosecha.
Largo del cormelo (cm)	Medido desde ápice a la base del cormelo.
Ancho del cormelo (cm)	Medido en el punto medio de cada cormelo.

Peso del cormelo (g)	Evaluación individual del peso de cada cormelo.
Largo del cormo (cm)	Medido desde ápice a la base del cormo.
Ancho del cormo (cm)	Medido en el punto medio de cada cormo.
Peso del cormo (g)	Evaluación individual del peso de cada cormo.
Número de raíces sanas	Conteo de raíces sanas por planta a la cosecha.
Número de raíces afectadas	Conteo de raíces afectadas por planta a la cosecha, con síntomas de la enfermedad: puntos necróticos, lesiones o raíz totalmente dañada (esqueleto vascular no funcional)

**Rendimiento estimado:** Cantidad aproximada en  $t\ ha^{-1}$ , con base al número promedio de cormelos por planta, peso (g) de cormelos por plantas y densidad poblacional de una hectárea, se realizó la siguiente ecuación:  $Re = Nc * Pc * 12,500 / 10^6$

Donde:

Re: Rendimiento estimado ( $t\ ha^{-1}$ )

Nc: Número promedio de cormelos por planta

Pc: Peso de cormelos por planta (g)

**Rendimiento real.** Cantidad aproximada en ( $t\ ha^{-1}$ ) de plantas en una hectárea, con base al porcentaje de sobrevivencia por tratamiento, se realizó la siguiente ecuación:  $Rr = \%S * Re / 100$

Donde:

%S: porcentaje de sobrevivencia

Re: Rendimiento estimado

**Porcentaje de plantas sobrevivientes:** Al momento de la cosecha se contabilizó el total de plantas existentes en cada tratamiento, para obtener el porcentaje de sobrevivencia. Se realizó la siguiente ecuación:  $Pf / Pi * 100 = \%S$

Donde:

Pf: plantas finales

Pi: plantas iniciales

### 3.6 Análisis estadístico de los datos

A los datos de las variables morfológicas y número de raíces sanas y afectadas se les practicó análisis descriptivo utilizando Excel, debido a que no cumplían con los criterios de la prueba de normalidad y homogeneidad de varianza. La sobrevivencia se analizó descriptivamente y se

utilizó Excel. Las variables de rendimiento se les realizó análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias por LSD Fisher ( $\alpha=0.05$ ), con INFOSTAT, versión 2018.

Descripción del Modelo Aditivo Lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \mathbf{D}_k + \varepsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = La k-ésima observación del i-j-ésimo tratamiento.

$\mu$  = Es la media poblacional a partir de los datos del experimento.

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor *Trichoderma*, a estimar a partir de los datos del experimento.

$\beta_j$  = Efecto debido al j-ésimo nivel del factor *R. intraradices*, a estimar a partir de los datos del experimento.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de interacción entre los factores *Trichoderma-R. intraradices*.

$\mathbf{D}_k$  = Efecto del k-ésimo bloque.

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto aleatorio de variación

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Variables morfológicas

A los 68 dds las plantas presentaron rangos en altura entre 26.44 -33.37 cm, el tratamiento Ta Ri fue el de mayor altura, el número de hojas fue entre 2.46-2.95. El tratamiento Ri (294.77 cm<sup>2</sup>) fue el de mayor área foliar. El diámetro de pseudotallo registró rangos 2.12 -2.55 cm.

A los 153 dds los tratamientos presentaron aumento en altura de planta entre rangos de 41.36-49.75 cm, el tratamiento Ta Ri registró mayor altura. El número de hojas por plantas osciló entre (2.54-3.00 hojas), el tratamiento Th Ri (331.35 cm<sup>2</sup>) registró mayor área foliar. El diámetro del pseudotallo presentó rangos entre 3.02 – 3.85 cm (Figura 3).

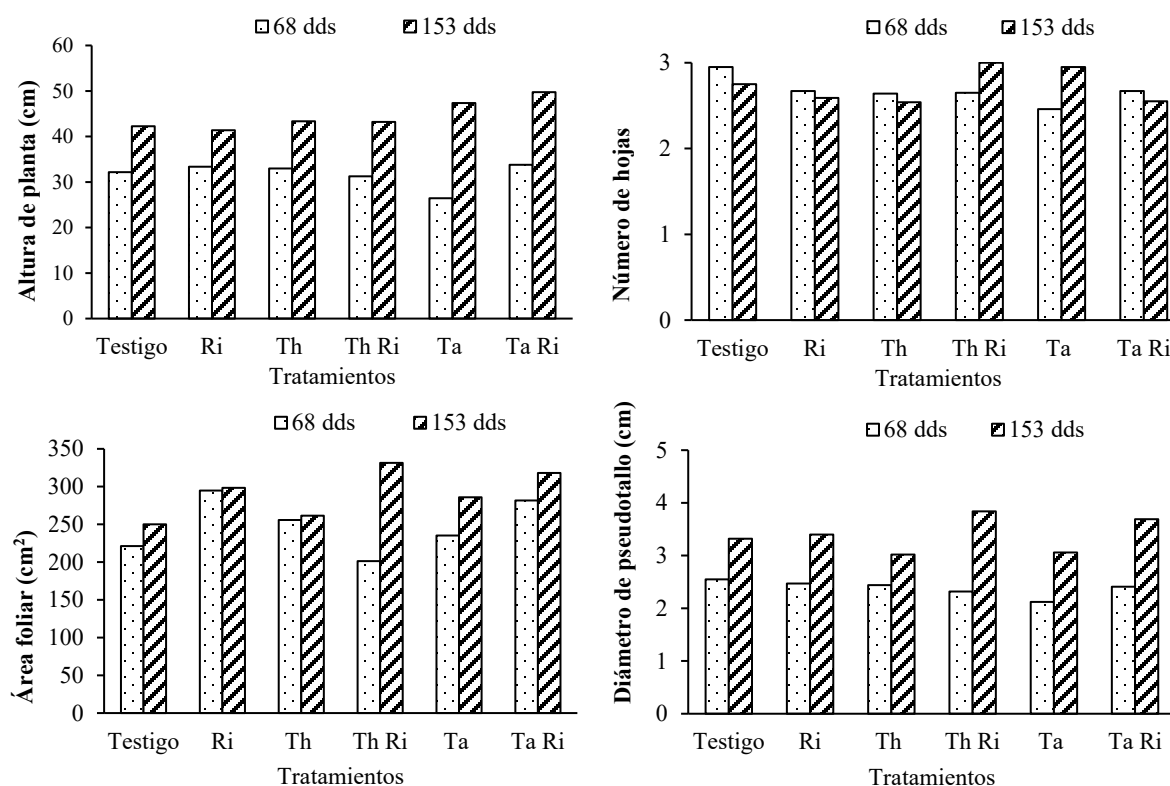


Figura 3. Altura de planta (cm), número de hojas, área foliar (cm<sup>2</sup>) y diámetro de pseudotallo (cm) evaluados a los 68 y 153 dds en la localidad Cruz Verde en Río San Juan, en el estudio efecto de micorriza (*R. intraradices* N.C. Schenck & G.S. Sm.) y dos especies *Trichoderma* sobre *P. myriotylum* Drechsler agente causal del mal seco en quequisque.

Acebedo y Navarro (2010) en estudios de campo evaluaron variables morfológicas de plantas de quequisque a los 261 dds en suelos con antecedentes del mal seco y obtuvieron rangos promedios inferiores en comparación a los de este estudio, en la variable altura de planta 15.2-

40.9 cm, diámetro del pseudotallo 0.8-2.8 cm, indicando que los tratamientos aplicados en este estudio ejercieron efecto positivo en la morfología de las plantas de quequisque.

López *et al.* (1984) indican que el período inicial del cultivo está determinado por un desarrollo lento del follaje extendiéndose hasta los 80 o 90 días desde la siembra, el segundo período del ciclo ocurre entre los 60-180 dds y comienza el desarrollo de los cormelos, terminando con el máximo desarrollo foliar, las condiciones de humedad del suelo, fertilización y la procedencia del material utilizado en la plantación, es decir, si es de la parte superior del cormo (corona o sección apical del cormo) parte media (centro) o parte inferior (sección basal del cormo), son factores que pueden modificar el desarrollo de la planta.

#### **4.2 Análisis microbiológico**

Se aisló *P. myriotylum* a partir de muestras de suelo (Anexo 3), según la información indicada por el agricultor, la enfermedad del mal seco se registró en la parcela en plantaciones de quequisque sembradas en años anteriores lo que indica una persistencia del patógeno en el suelo. Hendrix y Campbell (1973) indican que la mayoría de *Pythium* spp. una vez establecido en el suelo producen oosporas y clamidosporas que persisten por muchos años y son difícil de eliminar.

#### **4.3 Raíces sanas y afectadas de plantas de quequisque**

En los tratamientos las plantas presentaron rangos promedios que varían entre 3.50-6.13 número de raíces sanas y el número de raíces afectadas presentó rangos promedios entre 10.15-15.33 raíces. El tratamiento Th presentó el menor número de raíces sanas (3.56) y también el menor número de raíces afectadas (10.15). Los tratamientos Ri (19.63) y Th Ri (21.46) registraron el mayor número total de raíces (sanas y afectadas) y los tratamientos Ta Ri (14.64) y Th (13.71) los de menor número total de raíces (Figura 4).



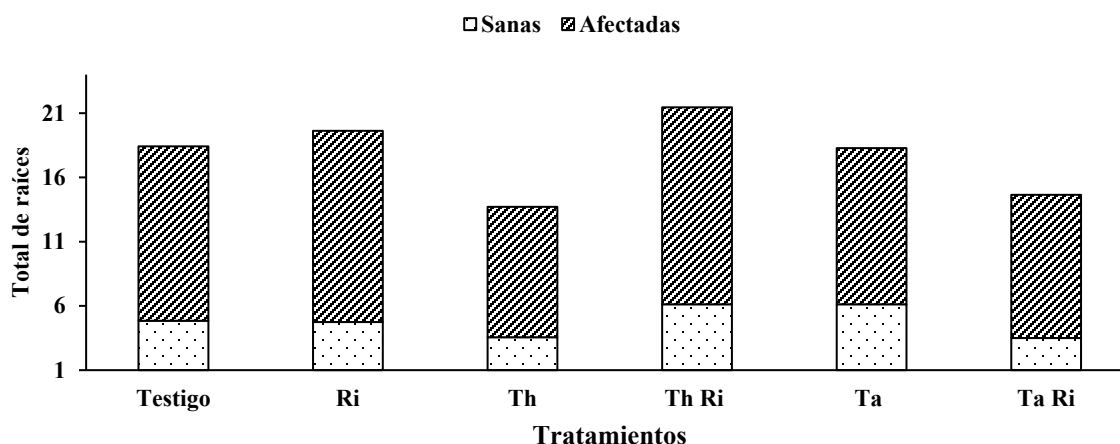


Figura 4. Número de raíces sanas y afectadas evaluadas a los 175 días al momento de la cosecha en la comunidad Cruz Verde, Río San Juan.

López *et al.* (1984) mencionan que una planta puede tener entre 60-300 raíces, el promedio total de raíces registrado muestra que las plantas se conservaron durante el ensayo con un sistema radical insuficiente a diferencia de una planta que crece normalmente y sin presencia de *P. myriotylum*. De acuerdo con Acebedo y Navarro (2010) los daños en las raíces por el mal seco ocurren a partir de los 21 y 41 dds. Según González (2019) mal seco reduce o elimina el sistema radicular por marchitamiento, necrosis y pudrición. Vann Der Plaasts-Nterink (1981) indica que *P. myriotylum* se alimenta primeramente de las raíces jóvenes y puede continuar alimentándose del tejido muerto, por tanto, la presencia de una mayor cantidad de raíces afectadas es debido a la alimentación necrotrófica de este fitopatógeno que no dejó desarrollar el sistema radical, dejando a las plantas con el número mínimo de raíces.

Schroeder *et al.*, (2013) indican que *P. myriotylum* puede sobrevivir en zonas de condiciones adversas al calor, frío y sequedad, de tal manera que la patogenicidad de éste aumenta en ambientes húmedos y cálidos, Durante los seis meses en que se desarrolló el cultivo las precipitaciones se comportaron irregulares y fueron de 1684 mm. Sequeira y Silva (2010) demuestran que el exceso de humedad en el suelo crea condiciones para la proliferación del patógeno.

#### 4.4 Porcentaje de sobrevivencia de plantas de quequisque

A los 175 dds el tratamiento Th Ri registró el mayor porcentaje de plantas sobrevivientes (48%) y Th registró el menor (28%) (Figura 5), en ambos tratamientos no se observó reducción de los efectos del mal seco y se cuantificó rendimientos estimados y reales bajos.

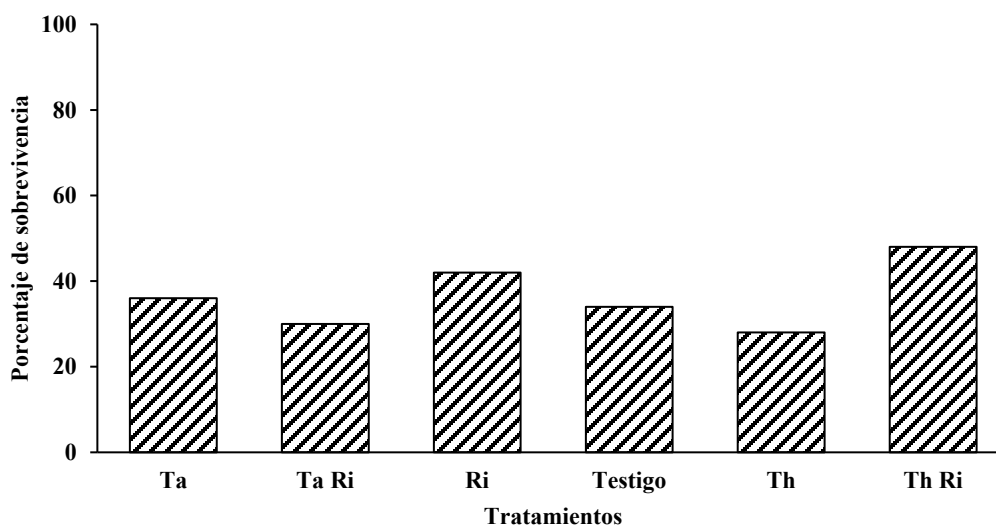


Figura 5. Porcentaje de sobrevivencia de las plantas de quequisque en el estudio del efecto de micorriza *R. intraradices* N.C. Schenck & G.S. Sm.) y dos especies de *Trichoderma* sobre *P. myriotylum* Drechsler agente causal del mal seco en quequisque en San Carlos, Río San Juan; al momento de la cosecha.

De acuerdo con Sosa *et al.* (2006) la población de *Trichoderma* es normal cuando se inocula con la micorriza al mismo tiempo, como se practicó en el presente estudio, y disminuye si se aplica días después de éstas. Sosa *et al.* (2006) probaron que *T. harzianum* ejerce un efecto en la fase presimbótica de la micorriza (período comprendido entre la germinación de las esporas de HMA y la llegada e invasión efectiva del micelio a los tejidos de la raíz), donde la interacción entre estos microorganismos es afectada por la presencia de *T. harzianum* al disminuir la colonización y la formación de vesículas de las micorriza, lo que indica que la aplicación conjunta de *Trichoderma* y micorriza no inhibe el crecimiento de estas especies, en este ensayo se observó que el tratamiento Th Ri presentó el mayor porcentaje de sobrevivencia al ser aplicados al momento de la siembra. La aplicación únicamente de Th no es eficiente para inhibir el ataque de *P. myriotylum*, al obtenerse el menor porcentaje de plantas sobrevivientes (28%) (Figura 5).

El diseño de nuevas alternativas de aplicación de *Trichoderma* spp y micorriza continúa siendo una opción para controlar el ataque de *P. myriotylum*, aumentar las dosis de aplicación y la frecuencia de estos agentes biocontroladores podría incrementar el efecto benéfico para la planta y mitigar los efectos de mal seco.

Los tratamientos Th Ri, Ri y Ta resultaron con el mayor número de plantas vivas, la micorriza *R. intraradices* y *T. harzianum* y *T. asperellum* ejercieron un efecto inhibitor sobre *P. myriotylum*, aunque ninguno de los tratamientos suprimió completamente los efectos de la enfermedad.

#### 4.5 Variables de rendimiento

No hubo diferencias estadísticas en el largo, peso de cormo y número de cormelos. Los tratamientos Th Ri (5.98 cm), Ri (5.76 cm), desarrollaron anchos de cormo similares entre ellos y con categorías superiores. El tratamiento Th Ri (8.37 cm) registró largo de cormelos superior al resto de los tratamientos. Los tratamientos Th Ri (3.64 cm), Ri (3.42 cm), y Ta (3.41 cm) registraron cormelos de anchos similares entre ellos y estadísticamente superiores al resto de tratamientos. En el peso de cormelos los tratamientos Ta (53.54 g), Ri (51.81 g), Th Ri (42.89 g) resultaron con las categorías estadísticamente superiores a los demás tratamientos y permanecieron consistentes (mayores a los demás tratamientos) en las variables del cormo y número de cormelos (Cuadro 4.).

Cuadro 4. Análisis de varianza del efecto de los tratamientos de las variables largo, ancho y peso de cormo, número, largo, ancho y peso de cormelos evaluadas a los 175 días al momento de la cosecha en la comunidad Cruz Verde, Río San Juan

Tratamientos	Cormo			Cormelos			
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso (g)	Número	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso (g)
Testigo	7.65 a	5.64 ab	143.65 a	1.39 a	5.11 c	2.56 c	40.08 abc
Ri	8.29 a	5.76 a	132.85 a	1.38 a	7.13 ab	3.42 a	51.81 ab
Th	7.93 a	5.01 b	118.69 a	0.89 a	5.84 bc	3.19 ab	34.20 bc
Th Ri	7.78 a	5.98 a	123.33 a	1.43 a	8.37 a	3.64 a	42.89 abc
Ta	9.33 a	5.69 ab	128.06 a	1.29 a	6.24 bc	3.41 a	53.54 a
Ta Ri	7.50 a	5.26 ab	95.97.a	0.79 a	5.07 c	2.65 bc	24.10 c
P valor	0.06	0.03	0.42	0.06	0.02	0.0019	0.0176
R <sup>2</sup>	0.37	0.69	0.58	0.61	0.64	0.71	0.64
CV	21.89	15.89	38.66	63.33	29.43	18.35	48.23

Medias con una letra en común no son estadísticamente significativas según LSD Fisher ( $p > 0.05$ ).

De acuerdo con López *et al.*, (1984) está demostrado que el cormo desempeña una función importante en el desarrollo de la planta debido a las reservas energéticas que contiene, a los 12 meses su peso aproximado varía entre los 80 y 350 g, indicando que el peso del cormo fue condicionado por la presencia de *Pythium myriotylum* en el suelo al llegar a menos del 40% del peso máximo del cormo al momento de la cosecha, posiblemente por la demanda de nutrientes de la planta para sobreponerse a la enfermedad de mal seco. De acuerdo con López *et al.* (1984) la formación de cormelos es influenciada por el desarrollo del follaje y cormo madre, cuando este aporta suficiente cantidad de sustancias tuberizantes y al unirse a la que aporta el follaje se obtiene la dosis para la formación de los cormelos. Los tubérculos presentaron dimensiones por debajo de los requisitos internacionales para exportación que según Palacios y Ibarra (2005), están entre 12.5-15 cm de longitud, 2.8-3 cm de diámetro y un peso mínimo de 200 g por tubérculo.

El rendimiento estimado y real fue estadísticamente superior en los tratamientos Ri, Ta y Th Ri. El menor rendimiento lo obtuvo Ta Ri (Cuadro 5.)

Cuadro 5. Análisis de varianza del rendimiento estimado y rendimiento real al momento de la cosecha (175 dds) en la comunidad Cruz Verde, Río San Juan

Tratamientos	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	
	Estimado	Real
Testigo	0.82 ab	0.32 ab
Ri	0.99 a	0.45 a
Th	0.52 ab	0.18 b
Th Ri	0.90 a	0.44 a
Ta	0.98 a	0.47 a
Ta Ri	0.28 b	0.09 b
P valor	0.0161	0.0008
R <sup>2</sup>	0.57	0.63
CV	88.95	89.25

*Medias con una letra en común no son estadísticamente significativas según LSD Fisher (p>0.05).*

El rendimiento real de los mejores tratamientos fue de 0.45-0.47 t ha<sup>-1</sup> al compararse con el rendimiento nacional (12.9 t ha<sup>-1</sup>) reportado por FAO (2019) para los años 2016 y 2017 se calculó una reducción de los rendimientos en un 96.5%. Sequeira y Silva (2010) reportan un rendimiento estimado 10.2 t ha<sup>-1</sup> y real 9.6 t ha<sup>-1</sup> en el tratamiento con aplicación de *Trichoderma* utilizando vitroplantas.

Los tratamientos Ta, Ri y Th Ri registraron el mejor rendimiento en este ensayo Mbarga *et al.*, (2012) indicaron que cepas de *Trichoderma asperellum* reduce a más de un 50 % la enfermedad del mal seco causado por *P. myriotylum* en quequisque al interrumpir el crecimiento del fitopatógeno e inhibirlo por una densa esporulación por parte de *T. asperellum*. Ruiz *et al.* (2015) muestran que el porcentaje de colonización al aplicar micorriza (*G. intraradices*) al quequisque es mayor al 80%, indicando una simbiosis efectiva entre planta-hospedero.

Según Sieverding (1988) los HMA en suelos con alto contenido de fósforo asimilable hay dificultad en la penetración del hongo en la raíz, al provocar baja permeabilidad de las membranas, provoca reducciones en el crecimiento disminuyendo los exudados de la planta, por lo demás no hay respuesta positiva a la inoculación, confiriéndole a la simbiosis una naturaleza parasítica. Se ha detectado que en condiciones bajas de fósforo la tasa de colonización es alta y trae para la planta grandes beneficios, por tanto, los tratamientos Ri y Th Ri pudieron mejorar los rendimientos del cultivo de quequisque al optimizar la asimilación de fósforo por parte de las plantas.

El efecto de la enfermedad el mal seco en este estudio fue bien marcado al presentarse un porcentaje de sobrevivencia inferior al 50% y rendimientos reales menor a 0.47 t ha<sup>-1</sup>, esto puede atribuirse a las condiciones ambientales y del terreno presentes durante el establecimiento del ensayo estimulando la propagación de *P. myriotylum*. El terreno donde se estableció el ensayo era irregular, provocando el encharcamiento, lo que a su vez provocó focos de la enfermedad. Según Onwueme y Charles (1994) el agua estancada en el terreno puede ocasionar una severa incidencia y desarrollo de mal seco.

Wezel *et al* (2014) señalan que la aplicación en campo de algunos bioplaguicidas a menudo no pueden contrarrestar el desarrollo del patógenos debido a una colonización insuficiente de la rizosfera. El manejo de mal seco debería estar orientado en minimizar al patógeno (*P. myriotylum*) en el suelo con aplicaciones preventivas de *Trichoderma* antes de la siembra y durante el ciclo del cultivo para que exista suficiente inóculo que inhiba el crecimiento de *P. myriotylum* y complementar con aplicaciones de micorriza para que contribuya con el desarrollo del cultivo de quequisque y lograr un manejo de mal seco y una estrategia de producción sostenible.

## V. CONCLUSIONES

- El porcentaje de sobrevivencia de los tratamientos evaluados fueron entre 28 y 48 % siendo el tratamiento *Trichoderma harzianum* combinado con *Rhizophagus intraradices* el que mostró mayor porcentaje de sobrevivencia, indicando una alta tasa de afectaciones producidas por mal seco en la plantación, reduciendo los rendimientos que fueron inferior al promedio nacional.
- La aplicación sola o en combinación de *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma asperellum* y *Rhizophagus intraradices* no fueron estadísticamente significativas sobre la morfología de la planta de quequisque a los 68 y 153 días después de la siembra.
- Los tratamientos *Trichoderma asperellum*, *Rhizophagus intraradices* y *Trichoderma harzianum* combinado con *Rhizophagus intraradices* registraron los valores más altos en el ancho de corno, largo, ancho y peso de cormelos y rendimiento estimado y real evaluados al momento de la cosecha. El uso de *Trichoderma* spp y micorriza puede ser una ruta en el manejo de mal seco.

## VI. RECOMENDACIONES

- Realizar nuevos estudios donde se incrementen las dosis de *Trichoderma* spp y micorriza y se apliquen en diferentes momentos del desarrollo del cultivo.
- Establecer el cultivo de quequisque en suelos no contaminados con *Pythium myriotylum* Drechsler para determinar el efecto que ejercen los productos biológicos *Trichoderma* spp y micorriza sobre el desarrollo del cultivo.
- Aislar e identificar cepas nativas de HMA que estén asociados a *Xanthosoma violaceum*

## VII. LITERATURA CITADA

- Acebedo, J.A. y Navarro, E.R. 2010. Efecto del mal seco (*Pythium myriotylum* Drechs) en campo y sombreadero sobre la agromorfología de 15 accesiones de quequisque (*Xanthosoma* spp.), desarrollo de síntomas y detección microbiológica. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía Managua, NI. 37 p.
- Agueguia, A. 1993. Non-destructive estimation of leaf área in cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). J. Agronomy & crop science 171, 138-141 p.
- Amaya W, López W. 2006. Comportamiento de la Sigatoka negra (*M. fijiensis*) bajo efectos de diferentes fuentes nutricionales en el cultivo de plátano en el Campus Agropecuario de la UNAN-León 2004-2006. Tesis. Ingeniería en Agroecología Tropical. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León.
- Bown, D. 2000. *Aroids. Plants of the Arum Family*. 2nd Edition. Timber Press. Portland,
- Carcache, J Y Díaz, D. 2011. Efecto de enmiendas orgánicas, trichoderma, microorganismos eficientes, metalaxil en el manejo del mal seco *Pythium myriotylum* Drechs en quequisque en suelos infectados en maceteras. Tesis. Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria. 45 p.
- Djeuani Astride Carole, Mbouobda Hermann Désiré, Omokolo Ndoumou Denis. 2018. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the dynamics of hydrogen peroxide, the activities of catalase, ascorbate peroxidase and Guaicol peroxidase in *Xanthosoma sagittifolium* L. Schott rhizome and root during growth. J. Bio. Env. Sci. 12 (5), 1-15 p.
- Esquivel G, Altamirano M. 2009. Estudio exploratorio de la infección de micorrizas arbusculares en la raíz de tomate (UC-82B) 56. p.
- FAOSTAT. FAO (Food Agricultural Organization). 2019. -Base de datos Producción. (en línea). Roma, Italia. Consultado 02 jun 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Giacometti, D. Y León, J. 1994. Tannia. Yautia (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). J. E. Hernaldo Bormelo and J. León (eds). Neglected crops: 1942 from a different perspective. Plant Production and Protection Series No. 26. FAO. Rome, Italy. 253-258 p.
- González, R. 2019. Métodos de aislamiento y patogenicidad de agentes asociados al mal seco en quequisque *Xanthosoma violaceum* (L. Schott), en Nicaragua. Tesis. Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria. Managua NI. 43 p.
- Harman, G. E., Howell C., R. Viterbo, A. Chet I. And Lorito M. 2004. *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts volume 2.



- Hendrix, F., Campbell, A. 1973. PYTHIUMS AS PLANT PATHOGENS. Department of Plant Pathology and Plant Genetics and School of Forest Resources, University of Georgia, Athens, Georgia.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales) 2016. Cuadros de datos meteorológicos.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales); Universidad Nacional Agraria (UNA).2015. Mapa de suelos de la Republica de Nicaragua.
- López, M., Vázquez, E. López, 1984. Raíces y tubérculos. Playa, ciudad de la Habana, Cuba.
- Martin, F., Loper, J. 1999. Soil-borne plant diseases caused by *Pythium* spp.: ecology, epidemiology, and prospects for biological control. *Critical Reviews in Plant Sciences* 18, 111–181.
- Mbarga, J. B., Ten Hoopen, G. M., Kuate, J., Adiobo, A., Ngonkeu, M. E. L., Ambang, Z., ... & Begoude, B. A. D. 2012. *Trichoderma asperellum*: A potential biocontrol agent for *Pythium myriotylum*, causal agent of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) root rot disease in Cameroon. *Crop Protection*, 36, 18-22.
- Medina W, Salmerón, N. 2008. Efecto de Micorrizas Vesículo Arbusculares (MVA) sobre el desarrollo fenológico en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) y densidades poblacionales de nematodos de suelo en el Campos Agropecuario de la UNAN-León, durante el ciclo agrícola 2008. Tesis de Ingeniería en Agroecología Tropical. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León. 77 p.
- Nzietchueng, S. 1984. *Root rot of Xanthosoma sagittifolium caused by Pythium myriotylum in Cameroon*. In: Tropical root crops: Production and uses in Africa. Proceedings of the Second Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops. (Eds. E.R. Terry, E.V. Doku, O.B. Arene & N.M. Mahungu). Douala, Cameroon, pp. 185-188.
- Onwueme, I. y Charles, w. 1994. Tropical root and tuber crops. Production, perspectives and future prospects. FAO. Plant production paper. 126, 139-161p.
- Palacios, M., Eliett, A., & Ibarra Escoto, Y. J. 2005. Estudio de la producción y comercialización del quequisque (*Xanthosoma sagittifolium* (L) Schott), en el municipio de Nueva Guinea, en el periodo 2000-2004. (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA).
- Perneel, M. 2006. The root rot pathogen *Pythium myriotylum* on cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott): intraspecific variability and biological control.
- Reyes, G., Corea, H. Y Guatemala, T. 2013. Guía de manejo agronómico del quequisque en Nicaragua. 16p.

- Ruiz, L., Simó, J., Rodríguez, S., Rivera., R. 2012. Las micorrizas en cultivos tropicales. Una contribución a la seguridad alimentaria. 247 p.
- Saborío, F., Umaña, G., Solano, G., 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. 199-2000.
- Salazar-Antón Wilber, Erling Tórrez Narváez y Álvaro Caballero Hernández. 2014. Control biológico de enfermedades de plantas en Nicaragua en Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe.
- Schroeder, K. L., Martin, F. N., de Cock, A. W., Lévesque, C. A., Spies, C. F., Okubara, P. A., & Paulitz, T. C. 2013. Molecular detection and quantification of *Pythium* species: evolving taxonomy, new tools, and challenges. *Plant Disease*, 97(1), 4-20.
- Schüßler, A; Walker, C. 2010. The Glomeromycota: a species list with new families and new genera. The Royal Botanic Garden Kew, Botanische Staatssammlung Munich, and Oregon State University, 19
- Sequeira M, I; Silva Z, T. 2010. Manejo de mal seco (*Pythium myriotylum* Drechsler) en quequisque (*Xanthosoma sagittifolium* L. Schott) mediante la siembra tardía, control de arvenses, enmiendas orgánicas y *Trichoderma* spp., Nueva Guinea Nicaragua. Tesis Ing. en sistemas de protección agrícola y forestal. Managua, NI. Universidad Nacional Agraria. 46 p.
- Stockinger, H; Walker, C; Schubler, A. 2009. *Glomus intraradices* DAOM197198', a model fungus in arbuscular mycorrhiza research, is not *Glomus intraradices*. *New phytologist* 183. 1176-1187.
- Tisserant, E; Malbreil, M; Kuo, A; Kohler, A; Symeonidi, A; Balestrini, R; Charron, P; Duensing, N; Frei dit Frey, N; Gianinazzi-Pearson, V; Gilbert L; Handa, Y; Herr, J; Hijri, M; Koul, R; Kawaguchi, M; Krajinski, F; Lammers, P; Masclaux, F; Murat, C; Morin, E; Ndikumana, S; Pagni, M; Petitpierre, D; Requena, N; Rosikiewicz, P; Riley, R; Saito, K; San Clemente, H; Shapiro, H; Tuinen, D; Bécard, G; Bonfante, P; Paszkowski, U; Shachar-Hill, Y; Tuskan, G; Young, P; Sanders, I; Henrissat, B; Rensing, S; Grigoriev, I; Corradi, N; Roux, C; Martin. F. 2013. Genoma of an arbuscular mycorrhizal fungus provides insight into the oldest plant symbiosis. *PNAS* 110. 20117-20122.
- Torres-Portuguez, S.E. 1996. Estudio preliminar de la utilización del complejo orgánico sobre el "mal seco" en cultivo de tiquisque blanco (*Xanthosoma sagittifolium*). In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica, Memoria, 2: 111.
- Van Der Plaats-Niterink, J. 1981. Monograph of the genus *Pythium*. En: *Studies in mycology*. No 21.

Wezel, A; Casagrande, M; Celette, F; Vian, JF; Ferrer, A; Peiné, J. 2014. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for sustainable development*, 34(1), 1-20.

Young, JP. 2012. A molecular guide to the taxonomy of arbuscular mycorrhizal fungi. *New phytologist* 193: 823-826.

## VIII. ANEXOS

Anexo 1. Plano de campo de un experimento de BCA

<b>I</b>	<b>Th Ri</b>	<b>Ta Ri</b>	<b>Th</b>	<b>Testigo</b>	<b>Ri</b>	<b>Ta</b>
----------	--------------	--------------	-----------	----------------	-----------	-----------

<b>II</b>	<b>Ta</b>	<b>Th Ri</b>	<b>Ri</b>	<b>Ta Ri</b>	<b>Th</b>	<b>Testigo</b>
-----------	-----------	--------------	-----------	--------------	-----------	----------------

<b>III</b>	<b>Th</b>	<b>Testigo</b>	<b>Ta</b>	<b>Th Ri</b>	<b>Ta Ri</b>	<b>Ri</b>
------------	-----------	----------------	-----------	--------------	--------------	-----------

<b>IV</b>	<b>Ta Ri</b>	<b>Ri</b>	<b>Testigo</b>	<b>Th</b>	<b>Ta</b>	<b>Th Ri</b>
-----------	--------------	-----------	----------------	-----------	-----------	--------------

### Dimensiones

Distancia entre planta: 0.7 m

Distancia entre bloque: 2 m

Largo de surco: 8 m

Surcos por unidad experimental: 6

Distancia entre tratamiento: 1.5 m

Plantas por surco: 11

Distancia entre surco: 1 m

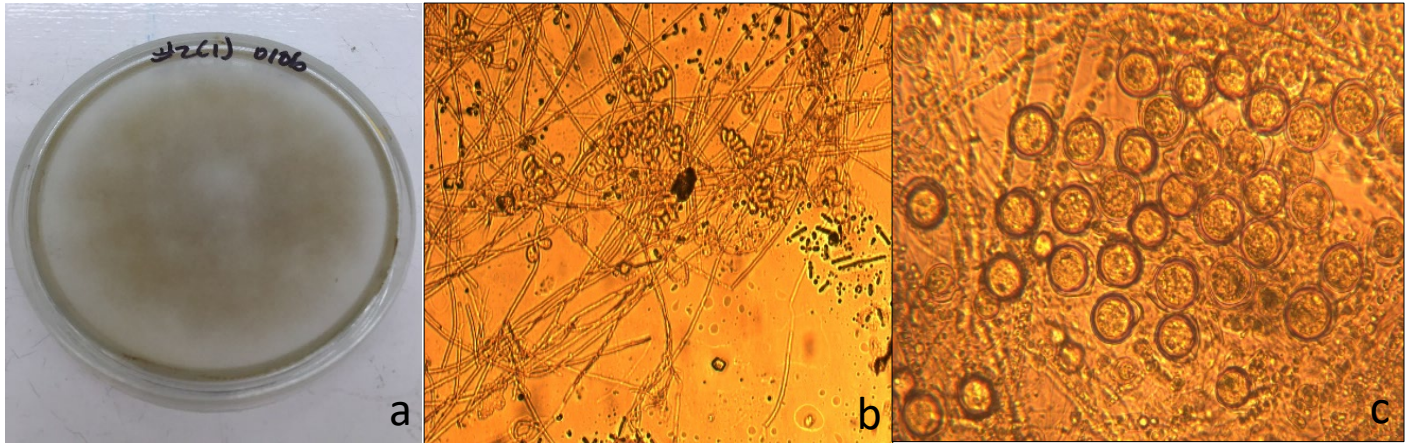
Plantas por tratamiento: 66

Anexo 2. Afectaciones de la enfermedad de mal seco en la plantación de quequisque en la comunidad Cruz verde, departamento de Río San Juan.



1) Reducción en la plantación de quequisque a los 175 dds, 2) síntomas visuales en la planta de la enfermedad del mal seco, 3) daños físicos en el sistema radicular de la planta

Anexo 3. Estructuras morfológicas de *Pythium myriotylum* Dreschler. Observadas en el microscopio e identificadas mediante claves taxonómicas, aislado del ensayo establecido en la comunidad Cruz Verde, San Carlos, Río San Juan.



a) Crecimiento de *Pythium myriotylum* en medio de cultivo V8+PARB, b) hifas cenocíticas y esporangios, c) oogonios de *Pythium myriotylum*