



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de graduación

EFFECTO 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

AUTORES

Br. José Álvaro Acebedo Rivera
Br. Eyder Ramón Navarro Matute

ASESORES

Dr. Guillermo Reyes Castro
Ing. Agr. Ena Mabel Rivers Carcache
Lic. MSc. Mercedes Ordóñez Hernández
Lic. MSc. Irma Vega Norori

Managua, Nicaragua
Junio, 2010



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de graduación

EFFECTO 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

AUTORES

Br. José Álbaro Acebedo Rivera
Br. Eyder Ramón Navarro Matute

ASESORES

Dr. Guillermo Reyes Castro
Ing. Agr. Ena Mabel Rivers Carcache
Lic. MSc. Mercedes Ordóñez Hernández
Lic. MSc. Irma Vega Norori

Presentado a la consideración del honorable tribunal examinador, como requisito para optar al grado de Ingeniero en Sistemas de Protección Agrícola y Forestal.

Managua, Nicaragua
Junio, 2010

ÍNDICE DE CONTENIDO

Sección	Página
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	8
4.1. Ensayo I: Efecto del mal seco sobre la agromorfología de 15 accesiones de quequisque	8
4.1.1. Descripción de la zona	8
4.1.2. Descripción y origen del material vegetativo	8
4.1.3. Descripción del diseño experimental	9
4.1.4. Manejo agronómico	9
4.1.5. Variables evaluadas	10
4.1.5.1. Variables morfológicas	10
4.1.5.2. Variables de rendimiento	10
4.1.6. Análisis estadístico	10
4.2. Ensayo II. Comportamiento agromorfológico de 7 accesiones de quequisque en ssams	11
4.2.1. Ubicación y descripción del ensayo	11
4.2.2. Análisis estadístico	12
4.3. Ensayo III. Detección microbiológica de <i>Pythium myriotylum</i>	12
4.3.1. Aislamiento de <i>P myriotylum</i> a partir de suelo (método de dilución en serie), Picado <i>et al.</i> , (2008)	12
4.3.2. Aislamiento de <i>P myriotylum</i> a partir de tejido de raíces	13
4.4. Ensayo IV. Desarrollo de síntomas en plantas establecidas en scams en sombreadero	13

4.4.1.	Origen del material de propagación y el suelo	13
4.4.2.	VARIABLES EVALUADAS	14
4.4.3.	Severidad del mal seco	14
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
5.1.	Efecto del mal seco sobre la agromorfología de 15 accesiones de quequisque	15
5.1.1.	VARIABLES MORFOLÓGICAS	15
5.1.2.	VARIABLES DE RENDIMIENTO	17
5.2.	Establecimiento de 7 accesiones en ssams	18
5.2.1.	Comparación con plantas establecidas en scams	18
5.2.2.	Variable de rendimiento	18
5.3.	Detección microbiológica de <i>P myriotylum</i>	20
5.3.1.	Aislamiento de <i>P myriotylum</i> en diferentes medios de cultivos	20
5.4.	Desarrollo de síntomas en plantas establecidas en scams en sombreadero	21
5.4.1.	VARIABLES MORFOLÓGICAS	21
5.4.2.	VARIABLES DE RAÍZ	22
VI.	CONCLUSIONES	25
VII.	RECOMENDACIONES	26
VIII.	LITERATURA CITADA	27
IX.	ANEXOS	31

DEDICATORIA

A Dios por su amor para conmigo, por estar siempre a mi lado guardándome en las adversidades, dándome las fuerzas para triunfar.

A mis padres Paula del Rosario Acevedo González y Francisco Rivera Salina, por su apoyo incondicional en mis estudios y a lo largo de mi vida.

Br. José Álvaro Acebedo Rivera

DEDICATORIA

A mi creador Dios todo poderoso por prestarnos esta vida y permitirme ser un hombre de bien.

A Mi madre Lucia Navarro por traerme a esta vida, por esforzarse y dedicarme parte de su vida darme los mejores consejos y formarme como un hombre de bien.

A mi amada y querida esposa por permitirme estar a su lado y ayudarme en las buenas y las malas y brindarme su tiempo.

Br. Eyder Navarro Matute

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios nuestro por ser mi fuente de sabiduría y por ser quien tiene potestad sobre todo lo que habita en el universo, le agradezco por darle vida a mis padres para que vean el fruto de su arduo trabajo, gracias por darme esa tenacidad en el estudio y permitirme triunfar con resultados satisfactorios, gracias por hacer de mi sueño una realidad.

Mis padres quienes a pesar de sus limitaciones económicas me han brindado siempre su apoyo para realizar mis sueños. Estos son los resultados de su amor transmitido a través sus consejos, apoyándome en mis decisiones que ahora forman parte de mi vida profesional, gracias por ese apoyo incondicional. “SON LOS MEJORES”.

Mi compañera de vida María Gómez Castro y mi pequeña hija Ariana Acevedo por ser la fuente de mi inspiración y deseos de superación, les amo.

Mis hermanos por su apoyo moral y espiritual, sus consejos para que lograra coronar mi carrera.

Mis asesores, Ing. Agr. Ena Mabel Rivers, Lic. MSc. Mercedes Ordoñez, Lic. MSc. Irma Vega Norori por su colaboración en este trabajo y en especial al Dr. Guillermo Reyes Castro por ser más que mi maestro, amigo, por sus consejos y por forjarse como todo un campesino en la etapa de campo, y su apoyo incondicional durante la realización de este trabajo de investigación.

Don Mario Cerna y Cándida Rosa por su valioso apoyo en el laboratorio y muy en especial a la profesora Yanet Gutiérrez Gaitán, por su colaboración en el laboratorio de micología y diagnóstico. Gracias profe, aprendí muchas cosas interesantes con usted, le aprecio mucho.

Y a todas las personas que me brindaron su apoyo en el transcurso de esta investigación y mis estudios universitarios.

Br. José Álbaro Acebedo Rivera

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios principalmente por permitirme triunfar regalarme la vida a mi madre y a mi ya que el es el único que puede guiarnos en este mundo y darnos toda la sabiduría que necesitamos para que cada día podamos servirle de la mejor manera.

Mi mamá Lucia Navarro por ayudarme incondicionalmente por darme los mejores consejos por su apoyo moral y espiritual que logro hacer de mí un hombre de bien que con muchas dificultades pero con todo el amor del mundo logro lo que ella quería

Mi esposa Lidia Florián por estar a mi lado ayudándome y aconsejándome para que terminara mi carrera y pudiera tener un mejor futuro

Mi hijo Derian Navarro Florián mi primer retoño y parte de mi inspiración para poder terminar este trabajo que con dificultades se realizo.

Mi asesor y amigo Guillermo Reyes Castro (El campesino) quien a pesar de todas las dificultades se esforzó en este trabajo para que pudiera ser culminado.

A la querida y amada mama Tere por acogerme como un hijo más en todos mis años de estudio

A mi suegra Lidia Najeras por aconsejarme y ayudarme a que me preparara de la mejor manera

Profesora Yanet por permitirnos trabajar y brindarnos su ayuda, don Mario quien estuvo a cada momento en la etapa de laboratorio por su paciencia en esta etapa GRACIAS.

Br. Eyder Navarro Matute

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Accesiones estudiadas, código, procedencia y especie.	9
2	Escala de severidad en las raíces (Fontem 2008).	14
3	Promedio de peso (g), longitud y diámetro de corno en (cm) y las respectivas categorías estadísticas de cormos de 15 accesiones de quequisque <i>Xanthosoma</i> spp establecidas en scams, cosechados 13 meses después de la siembra.	16
4	Promedios y sus respectivas categorías estadísticas de peso (g), número, longitud y diámetro de cormelo (cm) de 15 accesiones de quequisque <i>Xanthosoma</i> spp establecidas en scams y cosechados a los 13 meses después de la siembra.	17
5	Análisis de varianza y categorías estadísticas de las variables de cormo scams, scams y ssams, rendimiento promedio en t ha ⁻¹ , porcentaje de pérdida	19
6	Aislados de suelo y tejidos de raíces, medios de cultivo y hongos encontrados en las cuatro siembras realizadas	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Plano de campo, ubicación de 15 accesiones de quequisque (<i>Xanthosoma</i> spp.) del ensayo realizado en el Centro Experimental INTA-Centro Sur.	9
2	Plano de campo del ensayo II. 7 accesiones de quequisque (<i>Xanthosoma</i> spp.) en ssams en el Centro Experimental INTA-Centro Sur Junio 2008-2009.	12
3	Variables morfológicas en 7 de las 15 accesiones de quequisque establecidas en scams a 95, 143 y 261 dds, a) altura de planta (cm), b) diámetro de pseudotallo (cm), c) número, d) longitud y e) ancho de hojas (cm).	15
4	Comparación de los valores promedios de a) peso (g), b) longitud (cm) y c) diámetro (cm) de cormo de plantas de 7 accesiones de quequisque establecidas en scams y ssams	18
5	Valores promedios de a) altura de planta, b) diámetro de pseudotallo, c) número, d) longitud y e) ancho de hojas a 0, 21, 28, 35, 42 y 74 dds de plántulas 7 de las 14 accesiones de quequisque establecidas en bolsas en el sombreadero en scams.	21
6	Valores promedios de raíces sanas y afectadas de plantas establecidas en scams a los 0, 21, 28, 35, 42 y 74 dds en el sombreadero.	22
7	Afectación de <i>Pm</i> Raíces sanas (a) y raíces muertas (b).	22
8	Severidad promedio en raíces de las accesiones y fechas de muestreo	23
9	Síntomas en raíces causados por <i>Pm</i> (a) puntos necróticos, lesiones de un cm o más (b), al menos la mitad de la raíz afectada (c) y toda la raíz afectada (d).	23

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Promedio de altura de planta, diámetro de pseudotallo, número de hojas, longitud y ancho de hojas y las respectivas categorías estadísticas a los 95 dds de plantas establecidas en scams.	29
2	Promedios de altura de planta, diámetro de pseudotallo, número, longitud y ancho de hojas y las respectivas categorías estadísticas a los 143 dds de plantas establecidas en scams.	29
3	Promedio de altura de planta, diámetro de pseudotallo, número, longitud y ancho de hojas y las respectivas categorías estadísticas, a los 261 dds de plantas establecidas en scams.	30
4	Promedios de peso, longitud y diámetro de cormos con las respectivas categorías estadísticas, cosechados a los 13 meses después de siembra en scams.	30
5	Medios para aislamiento a partir de tejido o de suelo.	31
6	Valores promedios de altura de planta de 0, 21, 28, 35, 42 y 74 dds de 14 accesiones de quequisque establecidas en bolsas de polietileno en sombreadero en scams.	31
7	Valores promedios de diámetro del pseudotallo (cm) de 0, 21, 28, 35, 42 y 74 dds de 14 accesiones de quequisque establecidas en bolsas de polietileno en sombreadero en scams.	32
8	Valores promedios de número de hojas de 0, 21, 28, 35, 42 y 74 dds de 14 accesiones de quequisque establecidas en bolsas de polietileno en sombreadero en scams.	32
9	Valores promedios de longitud de hojas (cm) de 0, 21, 28, 35, 42 y 74 dds y categorías estadísticas de 14 accesiones de quequisque establecidas en bolsas de polietileno en sombreadero en scams.	33
10	Promedios, ancho de hoja (cm) de 0, 21, 28, 35, 42 y 74 dds y categorías estadísticas de 14 accesiones de quequisque establecidas en bolsas de polietileno en sombreadero en scams.	33
11	Valores promedios de raíces sanas de plantas establecidas en scams a los 0, 21, 28, 35, 42 y 74 dds en el sombreadero y sus categorías estadísticas.	34
12	Valores promedios de raíces afectadas de plantas establecidas en scams a los 0, 21, 28, 35, 42 y 74 dds en el sombreadero y sus categorías estadísticas.	34
13	Severidad promedio del Mal seco en tres plantas por accesión en base a síntomas en las raíces de 0, 21, 28, 35, 42, y 74 dds.	35

RESUMEN

El quequisque (*Xanthosoma* spp.), familia Aráceae, es importante para el consumo interno y la exportación en Nicaragua, tiene como problema principal al mal seco (*Pythium myriotylum* Drechs), que causa la pérdida total del rendimiento. Se establecieron cuatro ensayos para evaluar el efecto del mal seco sobre agromorfología de 15 accesiones de quequisque en suelos con (scams) y sin antecedentes de mal seco (ssams). Ensayo I: se evaluó el efecto del mal seco sobre la agromorfología de 15 accesiones en scams en Nueva Guinea. Se empleó el diseño BCA con tres bloques. Ensayo II: se estableció en DCA, se evaluó el comportamiento de 7 de las accesiones en ssams y se comparó con el rendimiento obtenido en scams. Ensayo III: se cultivó raíces de plantas infectadas en los medios de cultivo AN, V-8 y PARC y dilución en serie del scams para verificar la presencia de *P. myriotylum*. Ensayo IV: se evaluó el desarrollo de síntomas de la enfermedad en las raíces, se establecieron 14 accesiones en scams en bolsas de polietileno (15 plantas por accesión) en sombreadero. Todas las accesiones desarrollaron mal seco, produjeron plantas débiles de 30-40 cm de altura, con tres hojas máximo y ningún rendimiento. Las accesiones en ssams reportaron 3-12 t ha⁻¹ de rendimientos promedios. Las plantas en scams registraron 91-100 % de pérdidas en el rendimiento. La infección en las raíces ocurre a partir de los 21 días después de la siembra, la planta genera nuevas raíces que también se infectan y muere por agotamiento de las reservas. La dilución en serie no resultó en el aislamiento del patógeno. Sembrar raíces recién infectadas resultó en la presencia de micelios del hongo en los medios V-8 y PARC.

Palabras claves: *Xanthosoma*, germoplasma, *Pythium myriotylum*, comportamiento agromorfológico, rendimiento

ABSTRACT

Cocoyam (*Xanthosoma* spp.), Araceae family, is an important crop for domestic consumption and export in Nicaragua, its main drawback is the rot root disease (RRD) (*Pythium myriotylum* Drechs), which causes total yield losses. Four experiments were established with the objective of evaluate the effect of RRD on the agromorphology of 15 cocoyam accessions established in a soil with (swrrdb) and without RRD background (sworrrdb). Experiment 1: 15 accessions were established in a swrrdb in Nueva Guinea. The experimental set up consisted in a randomized complete block design with three blocks. Experiment II: established in randomized complete design, where the agronomical performance of 7 accessions established in a sworrrdb was evaluated and the plant yield compared with the obtained in plants grown in a swrrdb. Experiment III: roots of infected plants were sown in AN, V-8 y PARC culture media and swrrdb in serial dilution to detect the presence of *P myriotylum* Drechs. Experiment IV the symptom developed of the disease in the roots of 14 accessions established in swrrdb in polyethylene bags (15 plants per accession) was evaluated. All accessions registered diseased plants with 30-40 cm maximum in tall with three leaves and no yield. The sworrrdb accessions obtained 3-12 t ha⁻¹ yield averages. Swrrdb plants reported 91-100% yield losses. *P myriotylum* infection occurs rapidly in the roots from 21 days after sowing, the plant produces new roots that are also infected, and the plant dies due to exhaustion of reserves. The serial dilution of the swrrdb did not result in the isolation of *P myriotylum*. Plant roots infected recently resulted in the presence of mycelium in the media *P myriotylum* V-8 and PARC.

Keywords: *Xanthosoma*, germplasm, *Pythium myriotylum*, agromorphological performance, yield,

I. INTRODUCCIÓN

El quequisque (*Xanthosoma* spp.), familia de las *Aráceae*, es nativa de América tropical y subtropical y es cultivado en Centro y Suramérica (INTA 2000). El quequisque ha sido cultivado y consumido desde la época precolombina, es un cultivo importante en los países del trópico y subtropical, por ser fuente de carbohidratos, proteínas, grasas y vitaminas (Reyes y Aguilar 2005). Es una fuente de ingreso importante para los campesinos. Según Reyes *et al.* (2006) en Nicaragua es el cultivo farináceo más consumido después de la papa (*Solanum tuberosum* Linn) y yuca (*Manihot esculenta* Crantz), y segundo en relación en área total sembrada después de la yuca

En Nicaragua los cormelos son consumidos cocidos, fritos, puré, etc, esto lo hace atractivo en la dieta diaria. Según Reyes y Aguilar (2005) la demanda de este rubro en mercados internacionales lo convierte en un producto no tradicional de exportación, con muchas expectativas económicas dentro de las familias productoras. El CEI (2005) reporta que en 2004 el quequisque registró el mayor volumen de exportación entre todas las raíces y tubérculos, con 5,120 toneladas. Según INTA (2000) el quequisque se cultiva de manera artesanal en áreas pequeñas de 0.35-1.4 ha (0.5-2.0 mz) en los municipios Nueva Guinea, San Carlos y El Rama, con rendimientos de 19-22 t ha⁻¹ (300-340 qq mz⁻¹). Reyes *et al.*, 2006 señalan que el principal problema que enfrenta la producción quequisquera mundial es la reducción en rendimiento y la tendencia a desaparición del cultivo debido al ataque de las enfermedades como el mal seco y el Virus del Mosaico del Dasheen (DsMV), enfermedades diseminadas principalmente a través del material de propagación. El mal seco es causado por el hongo del suelo *Pythium myriotylum* Drechs (Perneel, 2006; Adiobo, 2006), y causa, según Nzietchuen (1983) y Picado *et al.*, (2008), hasta 90% de reducciones en la producción.

En Nicaragua el mal seco está presente en las zonas de producción para exportación y se reporta ya en zonas no tradicionales de la Región Central. En la década de los ochenta el incremento de la demanda internacional de quequisque motivó a los productores del trópico húmedo (Nueva Guinea, El Rama y Río San Juan) a sembrar pequeñas áreas para exportación, lo que se logró con éxito, y en los años subsiguientes las áreas de producción se incrementaron, según MAGFOR (2005), hasta llegar al máximo de 30 mil hectáreas sembradas en 2001. Para incrementar las áreas de siembra los productores del trópico húmedo utilizaron semilla proveniente de Costa Rica sin pasar ninguna norma cuarentenaria, como consecuencia se introdujo el mal seco y se contaminaron los suelos

con el hongo. Lo anterior explica la existencia y la persistencia de la enfermedad en estas áreas y los bajos rendimientos nacionales, por tanto su efecto se nota en la baja producción actual y los precios altos de los cormelos.

García (2007) colectó 63 accesiones cultivadas y silvestres del género *Xanthosoma* en diferentes zonas del país. Moreno y Suarez (2009) y Centeno y Orozco (2009) estudiaron la relación de parentesco entre las accesiones. La relación de especies cultivadas y silvestres brinda la oportunidad de aumentar la variabilidad de las especies cultivadas a través de la mejora genética. Debido que la producción de quequisque nicaragüense destinada a la exportación descansa en pocos genotipos, ninguno de ellos tolerante al mal seco, se hace necesario evaluar los genotipos cultivados y silvestres del banco de germoplasma en suelos con antecedentes de mal seco (scams) para determinar el grado de afectación que sufren las plantas en estas condiciones, del mismo modo verificar el tiempo en que la planta comienza a manifestar los primeros síntomas de la enfermedad. Para conocer la afectación y las pérdidas que ocasiona esta enfermedad se establecieron las accesiones en suelos con y sin antecedentes de mal seco. Para el estudio del desarrollo de los síntomas radiculares iniciales las accesiones se establecieron en scams en sombreadero y se verificó la presencia de *P. myriotylum* en los suelos por medio de técnicas microbiológicas.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar el efecto del mal seco sobre agromorfología de 15 accesiones de quequisque establecidas en suelo con y sin antecedentes de mal seco en campo y sombreadero.

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del mal seco sobre la morfología y el rendimiento de 15 accesiones de quequisque establecidas en scams y en ssams.
- Corroborar la presencia de *P myriotylum* mediante técnicas microbiológicas en laboratorio.
- Describir el desarrollo de síntomas del mal seco en plantas establecidas en scams en sombreadero.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

Xanthosoma es un género de cerca de 50 especies tropicales y sub-tropicales de la familia *Araceae*, todas nativas de regiones tropicales de América. La mayoría son utilizadas como plantas ornamentales y hortícolas. El hombre ha domesticado las especies *X. sagittifolium*, *X. atrovirens*, *X. violaceum*, *X. mafaffa*, y otros. Entre las especies comestibles se encuentran *X. violaceum* y *X. sagittifolium* (el quequisque), las que se cultivan especialmente en El Caribe, América Central, África Subsahariana y Asia (Wikipedia, 2010).

El quequisque es un cultivo herbáceo monocotiledónea. El tallo principal es una estructura subterránea rica en carbohidratos llamada cormo, a partir del cual emergen los cormelos. Con hojas sagitadas de 1-2 m de largo que emergen directamente del cormo con pecíolos largos acanalados. Las hojas tienen una vena marginal y dos lóbulos basales con pigmentación variable (Purseglove, 1972). La floración es rara, y cuando ésta ocurre, la inflorescencia consiste de un espádice de flores encerradas en una espata de 12-15 cm. Las flores son unisexuales con la flor femenina ubicada en la base del espádice y la flor masculina en la parte superior. Entre las flores estamidas y pistiladas se encuentran las flores estériles. La floración es más probable que ocurra en regiones húmedas (Purseglove, 1972).

El quequisque es un cultivo perenne, pero para efectos prácticos es cosechado a los 9-12 meses de crecimiento. El ciclo de crecimiento y desarrollo puede dividirse en tres principales períodos. Durante los dos primeros meses el crecimiento es lento. Este período inicia con la brotación de yemas y termina con la emergencia de los cormelos. El segundo período se caracteriza por un rápido crecimiento de las plantas hasta los 6-7 meses después de la siembra (mds), durante este período la planta logra su máxima área foliar, diámetro del seudotallo y altura. Durante el tercer período las hojas comienzan a secarse y el peso seco total de la parte aérea de la planta disminuye hasta la cosecha. Este es el momento de mayor movimiento de los fotoasimilatos de las hojas al cormo y cormelos (Wilson, 1984; López *et al.*, 1995). La senescencia de la planta al final del período (cerca de 9-10 meses) es usado por los agricultores como índice de cosecha.

Según Onwueme y Charles (1994) el quequisque es un cultivo estrictamente de clima cálido, que se ha convertido (Wilson, 1984) en un cultivo pantrópico. Es cultivado en zonas tropicales y subtropicales entre 30 grados latitud norte y 15 grados latitud sur del

ecuador (López *et al.*, 1995). No se adapta a las condiciones de anegamiento, aunque es un cultivo de tierras bajas (Onwueme, 1978), crece bien en regiones altas y lluviosas en suelos con buen drenaje y en un clima donde las lluvias (1400-2000 mm) son bien distribuidas durante el año. El quequisque tiene un crecimiento más vigoroso que la malanga y otras aráceas tropicales (Bown, 2000; Mathew, 2002). Puede crecer en pH en rango de 5.5-6.5 y temperaturas entre 20-25 grados. Temperaturas menos de 18 grados retarda el crecimiento de las hojas; temperaturas superiores a 35 grados incrementan el follaje pero limitan la formación de cormos y cormelos. De manera general el crecimiento se favorece cuando la temperatura nocturna está entre 14-29 grados, estas condiciones incrementan la producción de carbohidratos (López *et al.*, 1995).

El quequisque fue domesticado en Centro y Suramérica y el Caribe, ha sido cultivado desde la época precolombina (Coursey, 1968). Según Brown fue introducido en África del Sur en los siglos XVI y XVII de su centro de origen. Coursey (1968) y Purseglove (1972) indican que Oceanía y Asia comienzan a cultivar el quequisque en el siglo XIX. El quequisque es uno de los cultivos más antiguos en Nicaragua. Ya se consumía de forma extensiva desde el siglo XVII por misquitos y mayagnas, grupos étnicos de la costa Caribe (Wheelock, 1998). Hasta la década de los 70 del siglo XX la producción de quequisque estaba destinada al consumo local y se identificaban tres zonas donde se cultivaba de forma tradicional: en el Pacífico (Masaya), Centro-norte (Nueva Segovia) y el Caribe (Bluefields, Puerto Cabezas) (Reyes *et al.*, 2006).

Para incrementar las áreas de siembra durante las dos últimas décadas del siglo pasado los productores del trópico húmedo utilizaron semilla proveniente de Costa Rica, la que introdujeron sin pasar ninguna norma cuarentenaria, como consecuencia ocurrió la entrada de mal seco y la contaminación de los suelos con el hongo. Al presentarse las afectaciones con el mal seco en los primeros años, los agricultores obtenían altos rendimientos sembrando en suelos donde nunca antes se había sembrado quequisque. Al no utilizar semilla sana fueron infectando los suelos con el hongo. Hoy, la producción de Nueva Guinea y la zona del trópico húmedo se efectúa a 100-150 km de las ciudades, en la frontera agrícola. Los agricultores obtienen buenos rendimientos solamente por un ciclo del cultivo, luego abandonan el área para continuar la producción en otros suelos libres de la enfermedad (Reyes, 2006).

Pythium pertenece a la Clase de los Oomycetes, orden Peronosporales, familia *Pythiaceae*. Es causante de pudriciones en semillas, ahogamiento de plántulas, la pudrición de raíces de

muchas plantas y de pudrición blanda de frutos carnosos y otros órganos vegetales que se encuentran en contacto con el suelo (Agrios. 1988). Según Farr *et al.* (2007) *Pythium* spp. se distribuye en todo el mundo en regiones cálidas con una gran gama de hospederos y ha sido reportado en 79 géneros de plantas anfitrionas, atacando plantas jóvenes como adultas.

Las especies de *Pythium* se encuentran ampliamente distribuidas en los suelos y aguas de todo el mundo. Viven como organismos saprofitos sobre el resto de plantas y animales muertos, o bien como parásitos benignos atacando las raíces fibrosas de las plantas (Agrios, 1988). Nzietchueng (1983) indica que *Pythium* sobrevive tanto el suelo como el material vegetal infectado, las que se convierten en las principales fuentes de inóculo. Según Powell (2001) *Pythium* crece como micelio cerca de la superficie de las raíces (rizósfera) o como esporas en tejido del hospedero infectado, y puede destruir la totalidad de la planta. Las plantas afectadas por *Pythium* son propensas al ataque de otros patógenos. Según Agrios (1988) el desarrollo de la enfermedad se produce cuando el tubo germinal o el micelio entran en contacto con el tejido de las plántulas, ya sea al azar o bien debido a que los exudados de estas plántulas le sirven al hongo como nutrientes estimulantes quimiotrópicos para sus zoosporas y micelios.

Muchas especies de *Pythium*, junto con sus parientes cercanos, *Phytophthora*, son patógenos de plantas de importancia económica en la agricultura. *Pythium* ocasiona la podredumbre común de las raíces de las plantas. Esta es una enfermedad muy común en el campo y los invernaderos, donde el organismo mata a las plantas en los semilleros recién plantados (Jarvis, 1992). Según Owen (2002) las distintas especies de *Pythium* tienden a ser muy inespecíficas y generalistas en su gama de huéspedes, cada especie puede infectar a una amplia gama de huéspedes, Por esta razón, las especies de *Pythium* son devastadoras en las cosechas, puesto que la rotación de cultivos por sí sola a menudo no puede erradicar al agente patógeno. Levesque y Cock (2004) explican que el barbecho tampoco erradica al patógeno puesto que *Pythium* también es un saprofito y va a sobrevivir mucho tiempo en materia vegetal en descomposición. Sin embargo, los daños ocasionados por *Pythium* se limitan a un área de los cultivo. Esto se debe la poca movilidad de las zoosporas, que necesitan una superficie de agua para trasladarse y a la capilaridad de las partículas del suelo, que tienden a actuar como un filtro natural.

Powell (2001) menciona que si las condiciones del ambiente permanecen generalmente favorables para el hospedero, las plantas pueden sobrevivir por periodos indefinidos. Pero si las condiciones cambian, posiblemente el desarrollo del patógeno puede ser favorecido o

la susceptibilidad del hospedero puede incrementarse. De acuerdo con Elango (1998) la enfermedad se desarrolla en suelos pesados, mal drenados, bajo condiciones de pH de 5.5-8, temperatura de suelo de 26 °C, humedad relativa de 90 %. Páez (1993) menciona que algunas veces la enfermedad puede desarrollarse en suelos con deficiencias de potasio y magnesio.

Aunque se reportan importantes esfuerzos por obtener cultivares resistentes al mal seco a través de métodos convencionales y biotecnológicos, los resultados no son satisfactorios hasta el momento. Tambong *et al.* (1998) y Adiobo (2006) reportan en Camerún que el mal seco ataca de manera diferenciada a los cultivares *Xanthosoma*, los quequisques de pulpa blanca, diploides ($2n = 2X = 26$) y muy productivos son altamente susceptibles; los de pulpa rosada, también diploides ($2n = 2X = 26$), de menor rendimiento que los de pulpa blanca son tolerantes al mal seco. Finalmente los quequisque de pulpa amarilla, tetraploides ($2n = 4X = 52$), de rendimiento pobre, perenne con algunos grados de resistencia al mal seco. Por su parte, Fontem (2008) quien evaluó la resistencia de cultivares *X. sagittifolium* colectados en Camerún, Costa Rica y EEUU no encontró genotipos resistentes o tolerantes a *P myriotylum*.

Mal seco fue reportado por primera vez en Ghana en la década de 1930, alrededor de un siglo después que el cultivo fue introducido en Camerún (Purseglove, 1972). En realidad la enfermedad ocurrió en este periodo, sin embargo Nzietchueng (1983) fue el primero en reportar la etiología y epidemiología, este investigador demostró que el mal seco es causado por *P myriotylum*. Posteriormente Pacumbaba *et al.* (1992), Tambong *et al.* (1999), Saborío *et al.* (2004) arribaron a la misma conclusión. Nzietchueng (1983); Ofoegbu (1993) reportan el mal seco en América Central y Africa del Sur, mientras que Perneel (2006) lo reporta en las Islas del Pacífico. En Nicaragua no se han realizado estudios sobre la identificación de *P myriotylum*, ya se están realizando estudios de éste tipo.

A pesar de la importancia del quequisque para la economía nacional y la de pequeños y medianos agricultores de Nicaragua, no existen estudios del efecto de *P. myriotylum* sobre la morfología y rendimiento de los principales cultivares, ni sobre el proceso de infección del hongo en las raíces. Aunque el estudio de García (2007) demostró la existencia de una importante variabilidad genética en las especies *Xanthosoma* colectadas en el país, verificada después por los estudios de Moreno y Suárez (2009), Centeno y Orozco (2009)

y Alfaro (2010), se desconocía la respuesta de las accesiones cultivadas a la infección con *P. myriotylum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron cuatro ensayos, dos de campo en Nueva Guinea, uno en el sombreadero del laboratorio de cultivo de tejidos de la UNA, y uno en los laboratorios de microbiología y micología de la Facultad de Agronomía-UNA.

4.1. Ensayo I: Efecto del mal seco sobre la agromorfología de 15 accesiones de quequisque

4.1.1. Descripción de la zona

El estudio se realizó en el Centro Experimental del INTA-Nueva Guinea, Región Autónoma Atlántico Sur (RAAS), con coordenadas 11° 41' latitud Norte y 84° 27' longitud oeste ubicada a 150 msnm y precipitación promedio 2000 a 3000 mm anual, suelos de textura franco arcilloso.

4.1.2. Descripción y origen del material vegetativo

Se utilizaron 15 accesiones de quequisque (Cuadro 1) pertenecientes al banco de germoplasma de *Xanthosoma* spp colectadas por García en el 2007. Las accesiones se multiplicaron a través de la técnica de reproducción acelerada de semilla (TRAS) utilizada por Reyes y Aguilar (2005). Las yemas se aislaron, desinfectaron y establecieron luego en bolsas de polietileno (10 x 18 cm) con suelo sin antecedentes de mal seco, donde estuvieron por 2 meses antes de ser trasladadas al área experimental.

Cuadro 1. Accesiones estudiadas, código, procedencia y especies

Accesión	Código	Origen	Municipio/comunidad	Especies
1	TICX _v	Managua	Ticuantepé	<i>X. violaceum</i>
2	CRX _v	Costa Rica	Costa Rica	<i>X. violaceum</i>
3	MYX _v	Masaya	Pacaya	<i>X. violaceum</i>
4	CHX _v	Chinandega	Casita, Chinandega	<i>X. violaceum</i>
5	LEX _v	Matagalpa	La Escalera, San Ramón	<i>X. violaceum</i>
6	SLX _s	Madriz	San Lucas, San Juan del Río Coco	<i>X. sagittifolium</i>
7	APX _v	Nueva Segovia	Apalí, Nueva Segovia	<i>X. violaceum</i>
8	NGX _v	Nueva Guinea	Perla del Río	<i>X. violaceum</i>
9	SAX _v	Matagalpa	San Antonio, Pancasán	<i>X. violaceum</i>
10	SRX _v	Matagalpa	San Ramón	<i>X. violaceum</i>
11	ETX _v	Matagalpa	San Ramón, El Tuma	<i>X. violaceum</i>
12	RAANX _s	RAAN	Siuna, RAAN	<i>X. sagittifolium</i>
13	CHTX _s	Chontales	La Gateada	<i>X. sagittifolium</i>
14	EPX _v	Madriz	El Pericón, Telpaneca	<i>X. sagittifolium</i>
15	SAX _s	Matagalpa	San Antonio, Pancasán	<i>X. sagittifolium</i>

4.1.3. Descripción del diseño experimental

El ensayo se estableció en esquema de diseño de bloques completo al azar (BCA) con tres bloques, con 15 accesiones, cada una con 7 plantas, con distancias de 0.80 m entre plantas y 1.0 m entre surcos, para un área total de 312 m² (Figura 1).

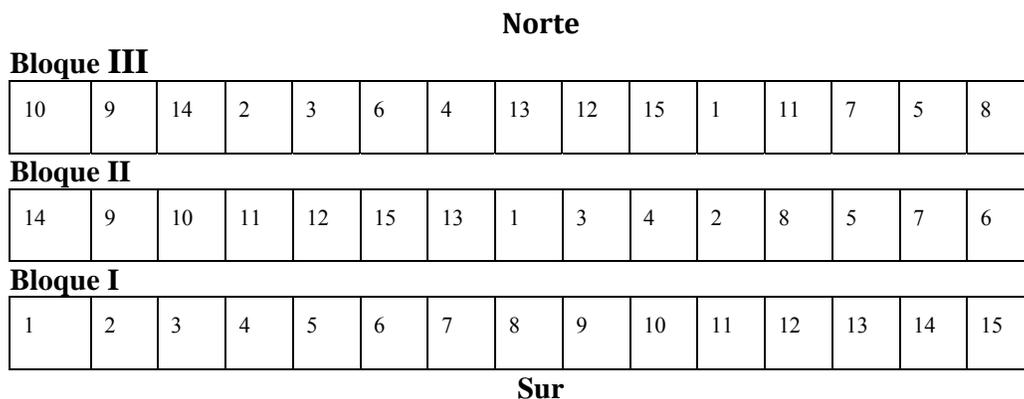


Figura 1. Plano de campo, ubicación de 15 accesiones de quequisque (*Xanthosoma* spp.) del ensayo realizado en el Centro Experimental INTA-Centro Sur.

4.1.4. Manejo agronómico

Para el establecimiento del cultivo se realizó la limpieza del terreno con azadón y machete. Se realizaron dos pases de grada de tal manera que la tierra quedó suelta facilitando la siembra y el establecimiento del cultivo. Se surcó manualmente, se colocaron las plantas sobre el surco a la distancia mencionada. Se realizaron tres aplicaciones de fertilizante completo NPK (12-30-10), al momento de la siembra, a los 50 y 120 dds, a razón de 129 kg/ha⁻¹ según lo recomendado por el INTA (2000). Se efectuaron controles manuales de

arvenses, con azadones y machetes coincidiendo con los aporques a la planta, la cosecha se efectuó a los 13 meses.

4.1.5. Variables evaluadas

4.1.5.1. Variables morfológicas

A cinco plantas centrales de cada surco por accesión se les midió altura de planta a partir de la base del pseudotallo hasta la parte de inserción del pecíolo con la hoja de mayor altura. Se contabilizó el número de hojas totales de la planta principal, se seleccionó la hoja de mayor altura en la planta y se midió el largo desde el punto de inserción del pecíolo con la lámina foliar hasta el ápice y el ancho, considerando la parte más ancha que hacen los lóbulos de las hojas extendidas. El diámetro del pseudotallo (cm) se obtuvo midiendo en la inserción de la vaina de la hoja en la base de la planta. A las cinco plantas centrales por surco de cada bloque al momento de la cosecha se midió el largo y diámetro del cormo, se midió el peso sin pseudotallo, se contabilizaron las raíces sanas y afectadas por cormo.

4.1.5.2. Variables de rendimiento

Se contabilizó el número de cormelos de la planta madre y se midió el peso de cormelos por planta (g), la longitud y diámetro (cm) de cormelos, para lo cual se seleccionaron 2 cormelos al azar por planta. El rendimiento estimado por hectárea ($t\ ha^{-1}$) se determinó a través de la siguiente fórmula:

$$R = \frac{PP * 12,750}{1,000,000}$$

Donde:

R = es rendimiento en $t\ ha^{-1}$

PP = es el peso promedio de los cormelos por planta (g)

12,750 = es el número de plantas por hectárea

1, 000,000 = gramos por tonelada

4.1.6. Análisis estadístico

A los datos de las variables morfológicas, rendimiento, número y longitud de raíces, raíces sanas y afectadas se les practicó un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar diferencias estadísticas entre las accesiones. En las variables donde se registraron diferencias significativas se les realizó la prueba de separación de medias para Duncan ($\alpha = 0.05$). A continuación se presenta el modelo aditivo lineal (MAL).

Para el ensayo I

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3, \dots, 15$ accesiones

$j = 1, \dots, 3$ bloques

Y_{ij} = La j -ésima observación de la i -ésima accesión

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

α_i = Efecto de la i -ésima accesión a estimar a partir de los datos del experimento

β_j = Efecto debido al j -ésimo bloque

e_{ij} = Efecto aleatorio de variación

4.2. Ensayo II. Comportamiento agromorfológico de 7 accesiones de quequisque en ssams

4.2.1. Ubicación y descripción del ensayo

El ensayo se estableció en la misma zona donde se efectuó el ensayo I, pero en suelo donde nunca antes se sembró quequisque. El ensayo se estableció en esquema de diseño completo al azar (DCA), constituido por 7 accesiones con 10 observaciones por surco, un total de 70 plantas, con distancias iguales que el ensayo I, para un área de 56 m² (Figura2).

La preparación de suelo y labores culturales fueron las mismas que se practicaron en el ensayo I. Para evaluar el efecto de mal seco sobre rendimiento los valores promedios de las variables del cormelos de plantas establecidas en ssams se compararon con los valores promedios registrados por plantas establecidas en scams.

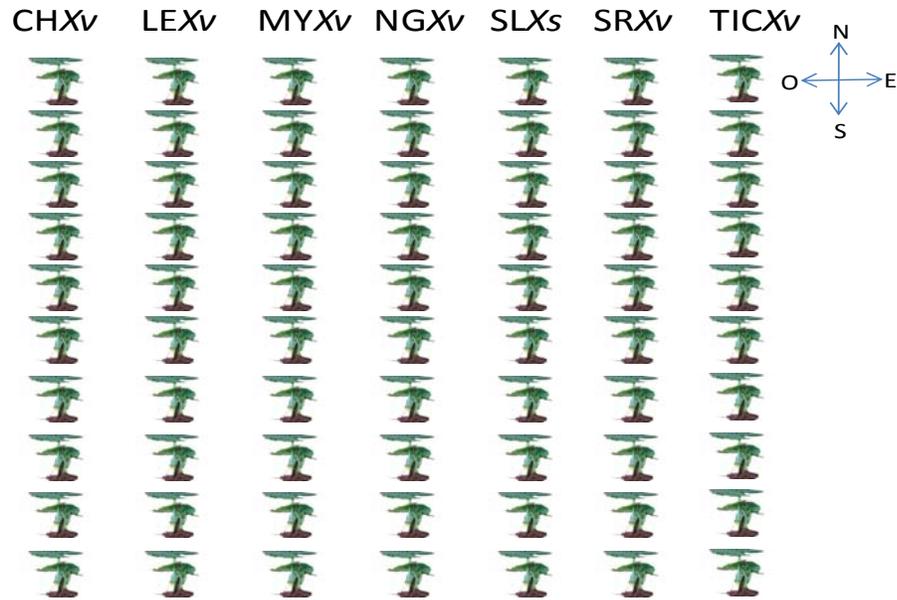


Figura 2. Plano de campo del Ensayo II. 7 accesiones de quequisque (*Xanthosoma* spp.) en ssams en el Centro Experimental INTA Centro-Sur, Junio 2008-2009.

4.2.2. Análisis estadístico

Para determinar diferencias estadísticas entre las accesiones a las variables morfológicas y de rendimiento se les practico el siguiente MAL.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij}$$

Donde

$i = 1, 2, 3, \dots, 7$ accesiones

$j = 1, \dots, 10$ observaciones

Y_{ij} = La j -ésima observación de la i -ésima accesión.

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

α_i = Efecto de la i -ésima accesión a estimar a partir de los datos del experimento.

e_{ij} = Efecto aleatorio de variación.

4.3. Ensayo III. Detección microbiológica de *Pythium myriotylum*

4.3.1. Aislamiento de *P myriotylum* a partir de suelo (método de dilución en serie, Picado *et al.*, 2008).

Para realizar este método se tomaron tres muestras de suelo de un kg cada una extraídas del área donde se estableció el ensayo I. Se mezclaron todas las muestras para obtener una mezcla homogénea. Se extrajo un gramo de suelo y se disolvió en 99 ml de agua estéril y se agitó por 3-5 minutos (dilución $1:10^2$), de esta dilución se tomaron 0.5 ml y se

trasladaron asépticamente a un tubo de ensayo con 9.5 ml de agua estéril (10^{-3}); se mezcló bien y de manera análoga se transfirió hasta el quinto tubo de ensayo (10^{-5}). Se depositó 0.2 ml de las diluciones 10^{-4} y 10^{-5} en cada plato petri en medios nutritivos agar nutritivo (AN) y PARC, se sembraron de 5-10 platos petri por medio de cada dilución.

4.3.2. Aislamiento de *P myriotylum* a partir de tejido de raíces

Se realizaron muestreos destructivos a 3 plantas por accesión por muestreo. Se tomaron raíces que presentaban síntomas de la enfermedad se llevaron al laboratorio. Las raíces se lavaron con agua para retirar el suelo. Se cortaron secciones de alrededor 8 cm de largo y se colocaron en un erlenmeyer. Se agregó hipoclorito de sodio (NaOCl) hasta cubrir las raíces, se tapó el erlenmeyer para evitar contaminación, agitándose por 3 minutos, para homogenizar dicha muestra.

Se decantó el hipoclorito de sodio, se agregó luego agua estéril hasta cubrir las raíces, se tapó y se agitó luego por 3 minutos más. Se decantó el agua estéril, y se volvió a agregar más agua. Se agitó por 1 minuto. Se introdujo el material en una cámara de flujo laminar, Se tomaron las secciones de raíces con una pinza estéril, se secaron en papel absorbente, se hicieron cortes transversales a las raíces para favorecer la salida del hongo y se sembraron en los medios respectivos: V-8+agar, Pimaricina, Ampicilina, Rifampicina y Harina de maíz (PARC) medios utilizados por Picado *et al.*, (2008), (Anexo 5). Se sembraron de 5-10 platos por medio.

4.4. Ensayo IV. Desarrollo de síntomas en plantas establecidas en scams en sombreadero

4.4.1. Origen del material de propagación y el suelo

Para la multiplicación de la semilla de quequisque se utilizó el mismo proceso utilizado en los ensayos I y II. El ensayo IV se estableció en sombreadero del laboratorio de cultivo de tejidos vegetales de la FAGRO-UNA. Las accesiones utilizadas en sombreadero se establecieron en scams proveniente del lugar donde se estableció el Ensayo I en Nueva Guinea. Se trabajó con las accesiones MYX_v, EPX_v, SLX_s, NGX_v, SRX_v, TICX_v, ETX_v, LEX_v, CRX_v, APX_v, SAX_s, RAANX_s, CHX_v y SAX_v. El día de trasplante se evaluaron las variables morfológicas a 5 plantas al azar por accesión. Se establecieron 15 plantas por accesión (210 plantas en total) sembradas en bolsas de polietileno de 2.5 libras. A los 21, 28, 35, 42 y 74 dds se hicieron muestreos destructivos a tres plantas por accesión.

4.4.2. Variables evaluadas

Además de las variables morfológicas descritas en los Ensayos I y II, se les registró el número y largo de raíces, el número de raíces sanas y afectadas.

4.4.3. Severidad del mal seco

Las plantas sembradas en sombreadero se evaluaron utilizando la escala de severidad a mal seco en raíces utilizada por Fontem (2008) (Cuadro 2), se registraron datos a los 0, 21, 28, 35, 42 y 74 dds. La severidad promedio en raíces se calculó usando la siguiente fórmula.

$$\text{Severidad} = \frac{\Sigma \text{ Valor dado en la escala}}{\text{Número plantas muestreadas}}$$

Cuadro 2. Escala de severidad en las raíces (Fontem 2008).

Sintomatología	Escala	Número
Sin síntomas visibles	Resistente	0
Con puntos necróticos en la raíz	Ligeramente resistente	1
Lesiones de un centímetro	Resistencia intermedia	2
Con al menos la mitad de la raíz afectada	Susceptible	3
Raíz totalmente afectada	Altamente susceptible	4

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Efecto del mal seco sobre la agromorfología de 15 accesiones de quequisque

5.1.1. Variables morfológicas

Por la escases de semilla y para describir mejor el proceso de desarrollo de las plantas se seleccionaron 7 de las 15 accesiones estudiadas, las cuales se presentan en la Figura 3. Los valores de altura de planta, diámetro del pseudotallo, número de hojas, largo y ancho de hojas registradas a 95, 143 y 261 dds se mantuvieron en rangos estrechos durante el ciclo de vida de las plantas (Figura 3, Anexos 1, 2 y 3). Las accesiones registraron plantas con alturas promedio en rangos de 15.2-40.9 cm, con diámetro promedio del pseudotallo en rangos de 0.8-2.8 cm. Las plantas desarrollaron de 1-3 hojas, con longitudes de 7.1-17.9 cm y ancho en promedio de 7.0-17.9 cm (Figura 3).

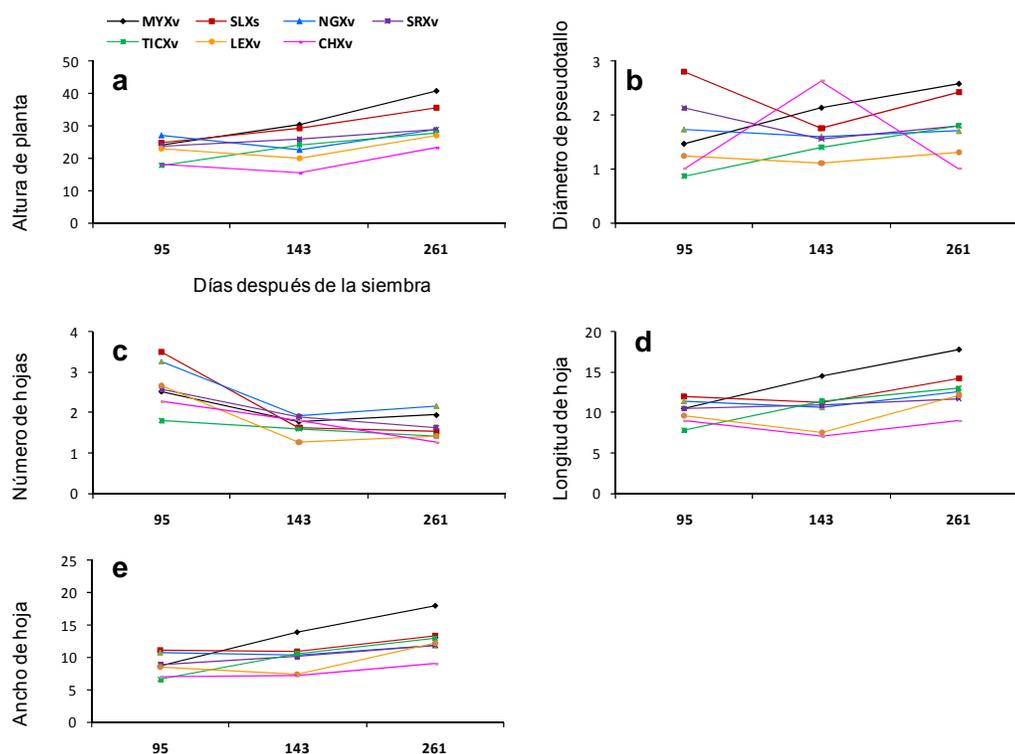


Figura 3. Variables morfológicas en 7 de las 15 accesiones de quequisque establecidas en scams a 95, 143 y 261 dds. a) altura de planta (cm), b) diámetro de pseudotallo (cm), c) número, d) longitud y e) ancho de hojas (cm).

Las accesiones MYXv y SLXs mantuvieron una tendencia sostenida a aumentar los valores en todas las variables, excepto en el número de hojas, donde todas las accesiones disminuyen el número a los 143 dds; y a disminuir o mantener el número de hojas a los 261 dds (Figura 3).

Cuadro 3. Promedio de peso (g), longitud y diámetro de cormo en (cm) y las respectivas categorías estadísticas de cormos de 15 accesiones de quequisque *Xanthosoma* spp establecidas en scams cosechados 13 meses después de la siembra.

Accesiones	Variables de cormos		
	Peso (g)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
MYX _v	129.11 a	7.61 ab	4.86 ab
EPX _v	100.80 abc	6.40 ab	3.75 abc
SLX _s	119.39 ab	8.31 a	4.88 ab
CHTX _s	95.67 abc	5.87 ab	5.13 a
NGX _v	92.40 abc	6.20 ab	3.97 abc
SRX _v	77.00 abc	5.15 ab	2.90 c
TICX _v	53.67 bc	6.38 ab	3.00 abc
ETX _v	60.04 bc	5.64 ab	3.64 abc
LEX _v	83.30 abc	6.63 ab	4.06 abc
CRX _v	60.67 bc	6.03 ab	3.43 bc
APX _v	77.70 abc	6.37 ab	3.62 abc
SAX _s	42.00 c	6.50 ab	3.75 abc
RAANX _s	58.33 bc	4.92 b	3.50 bc
CHX _v	40.44 c	5.75 ab	3.45 bc
SAX _v	84.23 abc	6.96 ab	3.97 abc
CV	38.33	23.60	18.33
R ²	0.57	0.40	0.56

Medias en columnas con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, Duncan, (α 0.005).

La accesión MYX_v resulto similar a las accesiones EPX_v, SLX_s, NGX_v, SRX_v, LEX_v, APX_v y SAX_v, pero estas a la vez son similares con las accesiones TICX_v, ETX_v, CRX_v, SAX_s, RAANX_s y CHX_v desarrollaron cormos con pesos estadísticamente inferiores. La accesión RAANX_s desarrolló cormos con longitudes estadísticamente inferior a la accesión SLX_s, pero similar al resto de las accesiones. La accesión CHTX_s desarrolló cormos con diámetros estadísticamente superior a las accesiones SRX_v, CRX_v, RAANX_s y CHX, pero similares a las accesiones EPX_v, NGX_v, TICX_v, ETX_v, LEX_v y SAX_s (Cuadro 3).

5.1.2. Variables de rendimiento

Las accesiones registraron valores estadísticamente similares en todas las variables de cormelos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Promedios y sus respectivas categorías estadísticas de peso (g), número, longitud y diámetro de cormelo (cm) de 15 accesiones de quequisque *Xanthosoma* spp establecidas en scams y cosechados a los 13 meses después de la siembra.

Accesiones	Variables de cormelos				Rendimiento estimado (t ha ⁻¹)
	Peso/planta (g)	Número	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	
MYX _v	50.56 a	1.00 a	2.80 a	1.58 a	0.64 a
EPX _v	33.60 a	1.10 a	1.45 a	1.34 a	0.43 a
SLX _s	19.99 a	0.61 a	2.41 a	1.65 a	0.25 a
CHTX _s	38.04 a	1.13 a	1.87 a	1.91 a	0.48 a
NGX _v	55.07 a	1.60 a	3.70 a	1.82 a	0.70 a
SRX _v	17.92 a	1.35 a	2.49 a	1.25 a	0.23 a
TICX _v	41.07 a	1.76 a	3.54 a	1.73 a	0.52 a
ETX _v	4.67 a	0.26 a	0.80 a	0.67 a	0.06 a
LEX _v	24.27 a	0.53 a	1.53 a	0.68 a	0.31 a
CRX _v	12.60 a	1.44 a	1.25 a	0.78 a	0.16 a
APX _v	55.30 a	1.98 a	2.98 a	1.75 a	0.71 a
SAX _s	11.20 a	2.00 a	2.25 a	1.55 a	0.14 a
RAANX _s	34.02 a	1.70 a	1.93 a	0.91 a	0.43 a
CHX _v	10.58 a	0.83 a	2.31 a	1.02 a	0.13 a
SAX _v	19.60 a	0.87 a	1.40 a	0.96 a	0.25 a
CV	112.49	95.92	74.78	60.26	112.49
R ²	0.33	0.27	0.32	0.38	0.33

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

Las accesiones registraron peso promedio de cormelos por planta en rango de 4.7-55.3 g, con número promedio de cormelos de 0.2-2, con longitudes promedio en rango de 0.8-3.7 cm y diámetro promedio en rangos de 0.7-1.9 (Cuadro 4).

Todas las accesiones evaluadas (*X. sagittifolium* y *X. violaceum*) en el presente estudio resultaron susceptibles al ataque de *P. myriotylum*, constancia de ello fue el escaso crecimiento de las plantas que se reflejó en la reducción total de la producción. Los primeros síntomas foliares de las plantas en el campo aparecieron desde los 3 meses después de la siembra, más tempranos que los reportados por Bonilla y Hernández (2004) quienes registraron los primeros síntomas de la enfermedad a los 6 meses después del establecimiento del cultivo.

5.2. Establecimiento de 7 accesiones en ssams

5.2.1. Comparación con plantas establecidas en scams

Las plantas de las 7 accesiones establecidas en ssams desarrollaron cormos con peso, diámetro y longitud superiores a las plantas de las mismas accesiones establecidas en scams. La accesión MYXv registró los valores más altos en diámetro y longitud de cormo, establecidas en ssams. El peso de cormo en ssams estuvo en rangos de 235.2-537.6 g (Figura 4, Anexos 4).

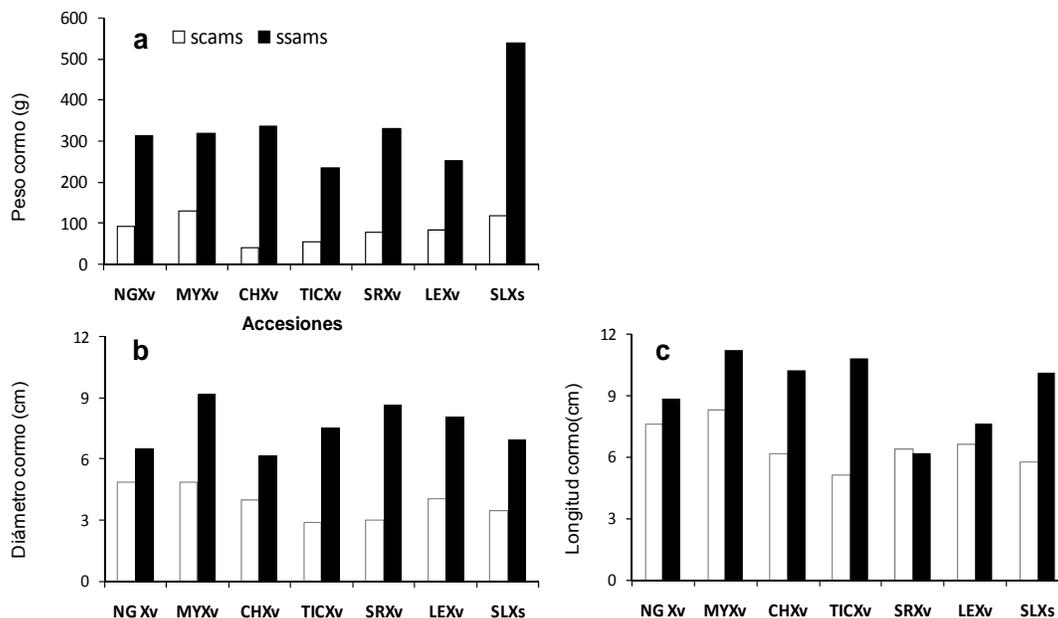


Figura 4. Comparación de los valores promedio de a) peso (g), b) longitud (cm) y c) diámetro (cm) de cormo de plantas de 7 accesiones de quequisque establecidas en scams y ssams.

La accesión MYXv desarrolló cormos de mayor longitud y diámetro que las otras accesiones en scams y ssams. Las plantas en scams presentaron peso de cormo en rango de 40.4-129.1 g. El diámetro en ssams presentó rangos de 6.2-9.2 cm y en scams de 2.9 a 4.9 cm. En longitud de cormo en plantas establecidas en ssams presentaron rangos de 6.2-11.2 cm y en scams rangos de 5.1 a 7.6 cm (Figura 4).

5.2.2. Variable de rendimiento

No hubo diferencias estadísticas significativas entre las accesiones desarrolladas en scams en las variables de cormelos. Las plantas desarrolladas en scams registraron de 0.5-1.8 cormelos por planta, con pesos promedio en rango de 10.6-55.1 g; con longitudes promedio de 1.5-3.7 cm y diámetros de 0.7-1.8 cm. Las plantas desarrolladas en ssams registraron 2.8-10.6 cormelos por planta, con pesos promedio de cormelos por planta de 229.-918 g; con longitudes promedio de 4.5-9.0 cm y diámetros de 2.7-4.8 cm (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de varianza y categorías estadísticas de las variables de cormelos en scams y ssams, rendimiento promedio en t ha⁻¹, porcentaje de pérdida.

Suelo	Accesiones	Variables de cormelos				Rdto estimado (t ha ⁻¹)	Pérdida (%)
		Peso/planta (g)	Número	Longitud (cm)	Diámetro (cm)		
scams	CHX _v	10.58 a	0.83 a	2.31 a	1.02 a	0.13 a	98.10
	LEX _v	24.27 a	0.53 a	1.53 a	0.68 a	0.31 a	93.38
	MYX _v	50.56 a	1.00 a	2.80 a	1.58 a	0.64 a	91.15
	NGX _v	55.07 a	1.60 a	3.70 a	1.82 a	0.70 a	94.02
	SLX _s	19.99 a	0.61 a	2.41 a	1.65 a	0.25 a	91.44
	SRX _v	17.92 a	1.35 a	2.49 a	1.25 a	0.23 a	95.45
	TICX _v	41.07 a	1.76 a	3.54 a	1.73 a	0.52 a	91.63
	CV	112.49	95.92	0.32	0.32	112.49	
R ²	0.33	0.27	0.32	0.38	0.33		
ssams	CHX _v	515.20 bc	7.00 b	5.90 bc	4.80 a	6.57 bc	
	LEX _v	366.80 bcd	6.80 b	6.98 bc	4.44 a	4.68 bcd	
	MYX _v	593.60 b	6.00 b	9.00 ab	3.94 ab	7.57 b	
	NGX _v	918.40 a	10.60 a	6.60 bc	3.24 ab	11.71 a	
	SLX _s	229.60 cd	2.80 c	8.98 ab	3.78 ab	2.92 cd	
	SRX _v	397.60 bcd	7.40 b	4.48 c	2.68 b	5.06 bcd	
	TICX _v	487.20 bc	6.40 b	8.68 ab	3.86 ab	6.21 bc	
	CV	47.75	34.11	33.57	28.81	47.75	
R ²	0.63	0.53	0.59	0.37	0.63		

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

Las accesiones establecidas en ssams desarrollaron diámetro de cormelos estadísticamente similar, con excepción de la accesión SRX_v que resultó significativamente inferior. NGX_v establecida en ssams resultó estadísticamente superior a las demás accesiones en peso y número de cormelos por planta (Cuadro 5).

Las plantas establecidas en ssams desarrollaron peso, longitud y diámetro del cormo ampliamente superiores a las registradas en plantas establecidas en scams. Estas mismas accesiones establecidas en ssams en Nueva Guinea (Zamora, 2009) y Managua (Moreno y Suárez, 2009; Centeno y Orozco, 2009) registraron mayor rendimiento. Las cultivares evaluados desarrollan su potencial en condiciones apropiadas, es decir en lugares donde no falta el agua y no hay presencia del mal seco. El efecto de esta enfermedad sobre el rendimiento es devastador. Las plantas desarrolladas en scams registraron pérdidas de 91-100%, al compararse con las plantas desarrolladas en ssams. Este porcentaje de pérdida es ligeramente superior al registrado por Picado *et al.*, (2008) quien reporta reducciones de hasta 90% de rendimiento en Costa Rica. Se coinciden con lo planteado por Adiobo (2006) quien reporta pérdidas de 100% en condiciones de ataques severos, condiciones a las que estuvieron expuestas las plantas en el presente ensayo.

5.3. Detección microbiológica de *P myriotylum*

5.3.1. Aislamiento de *P myriotylum* en diferentes medios de cultivos

En los aislados de diluciones en serie crecieron solamente bacterias, no se observó crecimiento de hongos en ninguno de los medios utilizados. En los tejidos de raíces tanto en el medio V8+Agar como el PARC (Anexos 5) crecieron especies de hongos los cuales se repiten en cada una de las siembras realizadas (Cuadro 6).

Cuadro 6. Aislados de suelo y tejidos de raíces, medios de cultivo y hongos encontrados en las cuatro siembras realizadas

Aislados	Medios	Siembras			
		1	2	3	4
Dilución en serie	AN	Bacterias	-	-	-
	PARC	-	-	Bacterias	-
Tejido de raíces	Jugo V8+Agar	<i>P myriotylum</i>	<i>P myriotylum</i>	<i>P myriotylum</i>	<i>P myriotylum</i>
		<i>Fusarium</i> spp.	<i>Macrophomina</i> sp.	<i>Macrophomina</i> sp.	<i>Macrophomina</i> sp.
		<i>Macrophomina</i> sp.	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.
		Bacterias	Bacterias	Bacterias	Bacterias
	PARC	<i>P myriotylum</i>	<i>P myriotylum</i>	<i>P myriotylum</i>	-
		<i>Fusarium</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.	
	Bacterias	Bacterias	Bacterias		

El método de dilución en serie del suelo utilizado en este estudio aunque no fue eficiente en el crecimiento y detección de *P myriotylum*, si lo fue en la detección de bacterias en el suelo. En el medio de cultivo PARC donde se sembraron raíces, el crecimiento de microorganismos se observó una semana después de la siembra. El crecimiento de bacterias en este medio se debe posiblemente a la ineficacia de los antibióticos utilizados. El crecimiento de microorganismos en el medio de cultivo V8 clarificado+agar ocurrió a partir de los 3 días después de la siembra. El medio de cultivo V8 favoreció el crecimiento de hongos y bacterias y en él se detectaron micelios y esporangios de *P myriotylum*. La constitución altamente nutritiva y el empleo de raíces frescas con lesiones (iniciales o avanzadas) explican los resultados.

En los medios de cultivo PARC y V8 clarificado+agar crecieron de manera repetida *Fusarium* y *Macrophomina*. Únicamente *Fusarium* ha sido asociado en varios estudios anteriores con el mal seco, cuando aún se creía que mal seco era causado por un complejo hongos-bacterias. *Fusarium* es un patógeno oportunista y ataca cuando *P myriotylum* y otro organismo ha iniciado la infección. El crecimiento de *Macrophomina* spp lo explica el hecho de que en áreas donde se realizó el experimento se siembra rutinariamente frijol (*Phaseolus* spp) y este hongo es plaga de ese cultivo.

5.4. Desarrollo de síntomas en plantas establecidas en scams en sombreadero

5.4.1. Variables morfológicas

Hasta los 28 dds hubo tendencia al aumento sostenido de los valores de las variables morfológicas en todas las accesiones. Las accesiones registraron alturas promedio en rango de 6.0-32.7 cm, con diámetro promedio del pseudotallo en rango de 0.4-1.8 cm. Las plantas desarrollaron de 0.6-3.3 hojas, con longitudes promedio de 3.0-15.3 cm y ancho en promedio entre 2.0-12.0 cm (Figura 5).

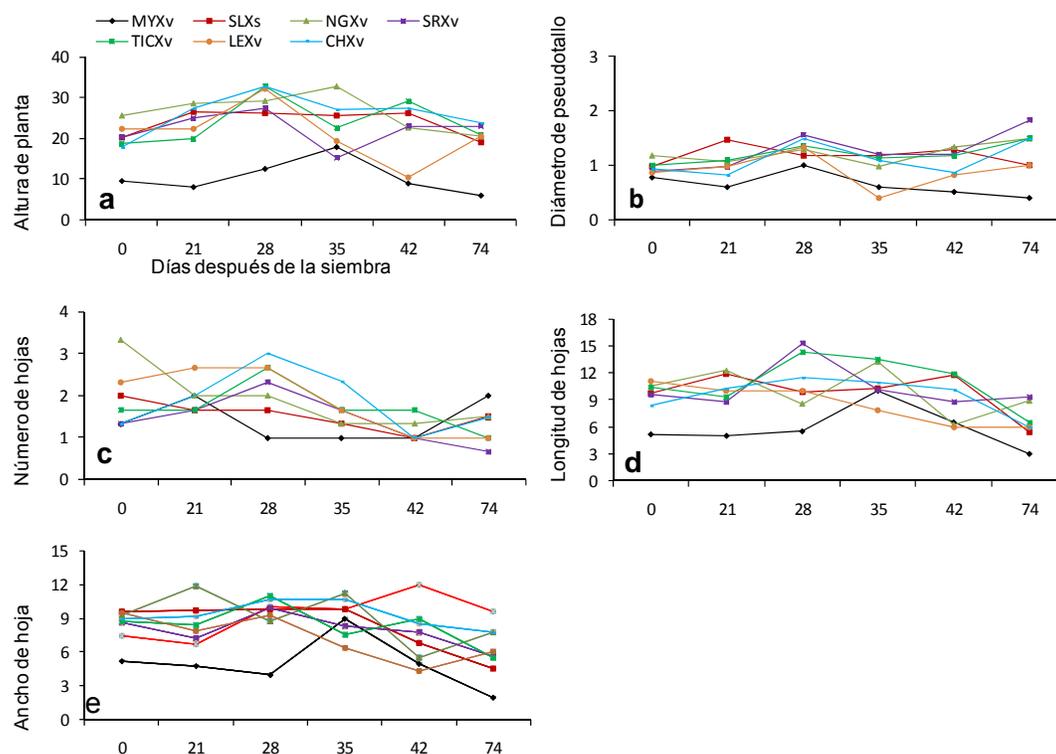


Figura 5. Valores promedios de a) altura de planta, b) diámetro de pseudotallo, c) número, d) longitud y e) ancho de hojas a 0, 21, 28, 35, 42 y 74 dds de plántulas, 7 de las 14 accesiones de quequisque establecidas en bolsas en el sombreadero en scams.

A partir de los 28 dds todas las accesiones presentaron tendencia a disminuir en los valores de las variables evaluadas durante los periodos de muestreo (Figura 5). Los valores de las variables morfológicas registradas a los 0, 21, 28, 35, 42 y 74 dds se mantuvieron en promedios ligeramente estables, bajos, con tendencia general a decrecer en todas las variables (Figura 5, Anexos 6, 7, 8, 9 y 10).

5.4.2. Variables de raíz

Las plantas registraron tendencia inversamente proporcional a disminuir el número de raíces sanas y aumentar el número de raíces afectadas por el mal seco en la medida que avanza el tiempo (Figura 6). A los 74 dds hubo una leve tendencia a aumentar el número de raíces sanas. El número de raíces afectadas aumentó substancialmente a los 42 días para disminuir a los 74 dds (Figura 6, anexos 11 y 12).

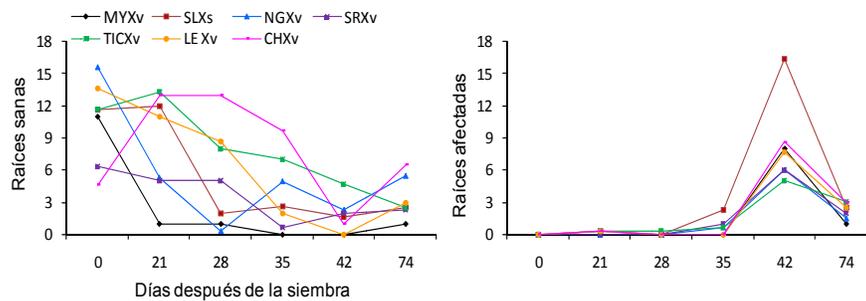


Figura 6. Valores promedios de raíces sanas y afectadas de plantas establecidas scams a los 0, 21, 28, 35, 42 y 72 dds en el sombreadero.

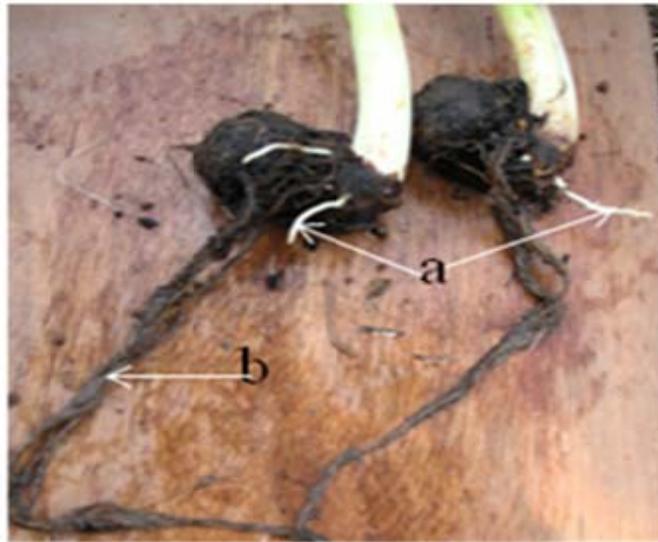


Figura 7. Afectación de *P. myriophyllum* (a) Raíces sanas y (b) raíces muertas.

Los valores promedios de severidad incrementan o disminuyen en las accesiones en el transcurso del periodo de muestreo. A los 42 dds todas las accesiones alcanzaron el valor máximo en la escala de severidad 4 (altamente susceptible), excepto la acción TICXv que registra 2.66 en la escala, catalogada para ese momento como susceptible (Figura 8, Anexo 13).

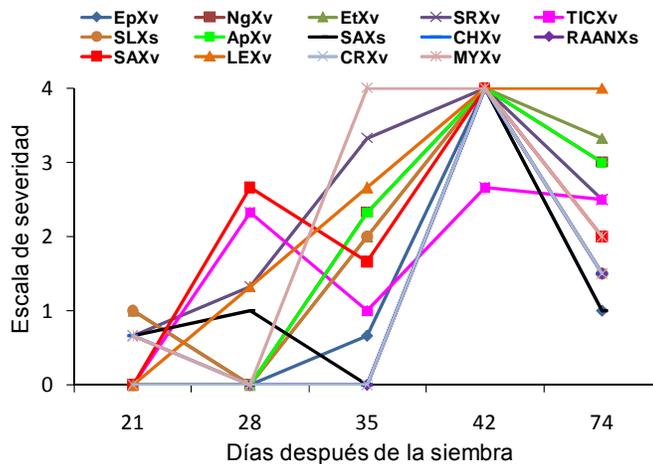


Figura 8. Severidad promedio en raíces de las accesiones y fechas de muestreo

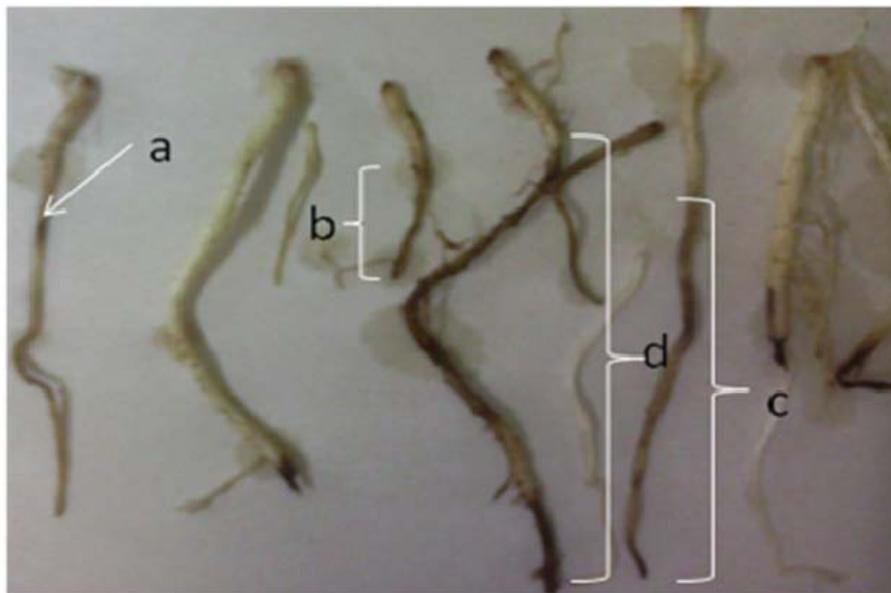


Figura 9. Síntomas en raíces causados por *P. myriotylum* (a) puntos necróticos, lesiones de un cm o más (b), al menos la mitad de la raíz afectada (c) y toda la raíz afectada (d).

P. myriotylum ataca la planta destruyendo el sistema radicular completo afectando los demás sistemas. La planta 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 la planta muere.

Los síntomas de esta enfermedad son bastante particulares, cuando el daño ya está avanzado la planta presenta clorosis o amarillamiento, las hojas comienzan a tornarse verde pálido, el pecíolo de la hoja en algunos casos se dobla, y forma una especie de arco, las raíces se secan. Un indicio de posible ataque de mal seco es que a la hora de arrancar

una planta afectada, esta se puede extraerse fácilmente. Las plantas enfermas concentran la energía en producción de raíces y no en desarrollo de cormos y cormelos afectando drásticamente los rendimientos. El escaso crecimiento de todas las accesiones en scams comparadas con plantas establecidas en ssams es la evidencia del daño.

VI. CONCLUSIONES

- *P. myriotylum* afectó severamente las 15 accesiones establecidas en suelo con antecedentes de mal seco, observándose en el crecimiento discreto de todas las variables evaluadas. La enfermedad causó 90-100% de pérdidas en el rendimiento.
- El medio de cultivo V8 clarificado+agar favoreció el crecimiento de micelio de *P. myriotylum* a partir de los tejidos de raíces.
- Los síntomas foliares de mal seco en campo aparecieron tres meses después de la siembra. En las plantas en sombreadero las afectaciones en raíces se registraron a partir de los 21 y se generalizó a los 42 días después de la siembra.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar trabajos de mejora genética en las accesiones del banco de germoplasma, posibles cruces entre accesiones silvestres y cultivadas utilizando técnicas biotecnológicas y convencionales dirigidos a resistencia a mal seco.
- Realizar estudios orientados a la identificación específica del agente causal del mal seco.
- Debido a la contaminación de los suelos agrícolas con el patógeno y la ausencia de cultivares resistentes a *P myriotylum* es necesario buscar alternativas orgánicas y microbiológicas para el manejo de mal seco en quequisque.

VIII. LITERATURA CITADA

- ADIOBO, A.** 2006. Biological control on cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott) root rot disease caused by *Pythium myriotylum* Dreschl. Importance of soil organic matter content and cultural practices. ISBN 13: 97-8905-98915-00.
- AGRIOS, G.N.** 1988. Plant pathology, 3th edition, Academic Press. San Diego, California.
- ALFARO, J.V.** 2010. Comportamiento agromorfológico y plagas asociadas de 18 accesiones cultivadas del banco de germoplasma de quequisque (*Xanthosoma* spp.) de Nicaragua, CNIAB-INTA Managua. Tesis UNA.
- BONILLA, J.N Y HERNÁNDEZ, L.** 2004. Evaluación de dos estrategias para el control de mal seco en tiquisque blanco [*xanthosoma sagittifolium* (L.) schott.] en la región atlántica de costa rica. Tesis universidad Earth.
- BOWN, D.** 2000 Aroid. Plant of the Arum Family. 2nd Edition. Timber press. Portlan, Oregon, USA. 392 P.
- CEI** (Centro de Exportaciones e Inversiones de Nicaragua). (2005). Servicio de Inteligencia Comercial. Nicaragua: exportaciones Enero-Diciembre 2004.
- CENTENO, G.B. Y OROZO, C.C.** 2009. Caracterización morfológica de 18 accesiones del banco de germoplasma del genero *Xanthosoma* en condiciones del CENIAB-INTA, Managua. Tesis UNA. 41 p.
- COURSEY, D.M.** (1968). The edible aroids. World crops
- ELANGO, F.** 1998. Enfermedades en la producción de raíces y tubérculos. San José Costa Rica, EARTH. 35 p.
- FARR, DF., ROSSMAN, AY., PALM, ME., Y MCCRAY, EB.** 2007. Hongos Bases de datos, Botánica Sistemática y Laboratorio de Micología, ARS, USDA. Obtenida 25 de abril 2007.
- FONTEM, D.A.** 2008. Response of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott) asseccions to (*Pythium myriotylum* Dreschl) inoculation.
- GARCÍA, V.M.** 2007. Colecta y establecimiento de banco de germoplasma en colección viva e *in vitro* del género *Xanthosoma* en Nicaragua. Tesis UNA. 53 p.
- INTA** (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria), 2000. El cultivo del quequisque. Guía tecnológica, Managua, Nicaragua, 24 p.
- JARVIS, W.R.** 1992. Managing diseases in greenhouse crops. APS Press, St. Paul, Minn.
- LEVESQUE, C.A., Y DE COCK, A.W.** 2004. Molecular phylogeny and taxonomy of the genus *Pythium*. Mycological Research.

- LÓPEZ ZADA, M. VÁZQUEZ BECALLI, E. LOPEZ FLEITES, R.** 1995 Raíces Y tubérculos. Pueblo y educación. Universidad central de las villas 304 p.
- MAGFOR.** 2005. Informe de producción agropecuaria de Nicaragua 2003-2004. Dirección de Estadísticas del MAGFOR. Nicaragua.
- MORENO, M.D., Y SUÁREZ, C.A.** 2009. Caracterización morfológica de veinte accesiones del banco de germoplasma del genero *Xanthosoma* en condiciones de campo de la UNA, Managua. Tesis UNA. 48 p.
- Mathews, P.J. 2002. *An introduction to the history of taro as a food*. In: Potential of root crops for food and industrial resources. Twelfth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (ISTRC). (Eds. M. Nakatami & K. Komaki). Tsukuba, Japan, p.
- NZIETCHUENG, S.** 1983. La pourriture racinaire du macabo (*Xanthosoma sagittifolium*) au cameroon; 1. symptomatologie et etiologie de la maladie. Agronomie trpicale 38, 321-325.
- OFOEGBU, C.A.** 1993. root rot disease of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott).in the south eastern state of Nigeria. Discovery and Innovation.
- ONOKPISE, U.O., WUTOG, J.G. NDSANA, X., TAMBONG, J.T. MEBACA, M.M. SAMA, A.E. NYOCHEMBERG, L. AGUEGUIA, A. NZIETCHUENG, S. WILSON, J.G. & BURNS, M.** 1999. Gerplasm collection and evaluation of cocoyam macoba (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). In: perspectives on new crops and new uses. Janick J(ed), ASHS Press, Virginia.
- ONWUEME, I.C.** 1978. The tropical tuber crops: yams, cassava, sweet potato, and cocoyam, John Wiley& Sons, New yorck.
- ONWUEME, I.C. & W.B, CHARLES,** 1994. Tropical root and tuber crops. Production, perspectives and future prospects. FAO Plant Production and Protection Paper, 126 p.
- OWEN-GOING, T.N.** 2002. Etiology and epidemiology of *Pythium* root rot in bell pepper (*Capsicum annuum* L.) in commercial-scale and small-scale hydroponic systems. M.Sc. thesis, University of Guelph, Guelph, Ontario.
- PACUMBABA, R.P., WUTOH, J.G., SAMA, A.E., TAMBON, J.T. Y NYOCHEMBENG, L.M.** 1992 Isolation and pathogenicity of rhizosphaera fungi of cocoyam in relation to cocoyam root rot disease. Jounal of phitopathology.
- 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.

- PERNEEL, M.** 2006. The root rot pathogen *Pythium myriotylum* on cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott): interespecific variability and biological control. ISBN 97-8905-98914-94.
- PICADO, I., TAMBONG, J.T., SABORÍO, F., Y GOMES, L.** 2008. Phylogenetic relationships between *Pythium myriothylun* isolates from cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) and *P myriothylun* from other host crops and other species of *Pythium* based on cytochrome oxidase I, cytochrome oxidase II and β -Tubulin gene sequences. Centro de investigación Agronómico. Costa Rica.
- POWELL, C.** 2001. Causes of *Pythium* root rot and how to manage it. Flower TECH
- PURSEGLOVE, J.W.** 1972. Tropical crop. In: Manocotyledons 1. Longman, London.
- REYES, G.** 2006. Studies on cocoyam (*Xanthosoma* spp.) in Nicaragua, with emphasis on *Dasheen mosaic virus*. Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences. Uppala 35 P.
- REYES, G. Y AGUILAR, M.** 2005. Reproducción acelerada de semilla de quequisque (*Xanthosoma* spp.) y malanga (*Colocasia* spp.) Guía Técnica No. 8 Pg. 1-10.
- REYES, G., NYMAN, M., Y RÖNNBERG-WÄSTLJUNG.** 2006. Studies on Cocoyam (*Xanthosoma* spp) in Nicaragua with emphasis on Dasheen mosaic virus. Tesis Doctoral. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppala. 35 p.
- SABORÍO, F.; UMAÑA, G.; SOLANO, W.; UREÑA, G.; MUÑOZ, G.; HIDALGO, N. Y BRENES, A.** 2004. Mejoramiento genético del tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium* Schott) contra el Mal Seco. Memoria REDBIO 2004.
- TAMBONG, J.T.; SAPRA, V.T. Y GARTON, S.** 1998. *In vitro* induction of tetraploids in cochicine- treated cocoyam plantlets. *Euphytica*.
- TAMBONG, J.T. POPE, J. Y HÖFTE M.** 1999. Pathogenicity, electrophoretic characterization and in planta detection of the cocoyam root rot disease pathogen, *Pythium myriotylum*. *European Journal of plant Pathology*.
- WHEELOCK, J.** 1998. La comida nicaragüense. Editorial Hispamer. Impreandes Presencia, S.A. Colombia.
- WIKIPEDIA.** Centro de Nuevos cultivos y Productos de plantas. Distribución y nombres de aráceas comestibles. Universidad de Purdue. Obtenido el 20 de mayo del 2010 disponible en <http://en.wikipedia.org/wiki/Xanthosoma> *Xanthosoma* spp.
- WILSON, J.E.** (1984) Cocoyam in: The Physiology of tropical field crops. (Goldsworthy R.P. y Fisher N.M. Ed) New Yorck, John Wiley & Sons.

ZAMORA, A. 2009. Producción de semilla en tres localidades de Nueva Guinea de cinco cultivares de quequisque (*Xanthosoma* spp.) obtenidos de callos *in vitro*. Tesis de grado Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. Tesis UNA. 28 p.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Promedio de altura de planta, diámetro de pseudotallo, número de hojas, longitud y ancho de hojas y las respectivas categorías estadísticas a los 95 dds de plantas establecidas en scams.

Accesiones	Variables morfológicas				
	Altura de planta (cm)	Diámetro del pseudotallo (cm)	Número de hojas	Longitud de hojas (cm)	Ancho de hojas (cm)
MYX _v	24.00 a	1.47 a	2.53 a	10.53 a	8.70 a
EPX _v	20.83 a	0.80 a	2.27 a	8.70 a	6.37 a
SLX _s	24.80 a	1.80 a	2.80 a	11.97 a	11.03 a
CHTX _s	15.50 a	0.47 a	1.00 a	6.90 a	5.63 a
NGX _v	26.87 a	1.73 a	3.00 a	11.33 a	10.70 a
SRX _v	23.67 a	2.13 a	2.57 a	10.47 a	8.90 a
TICX _v	17.87 a	0.87 a	1.80 a	7.77 a	6.60 a
ETX _v	19.73 a	0.97 a	2.33 a	8.90 a	8.37 a
LEX _v	22.87 a	1.23 a	2.67 a	9.60 a	8.43 a
CRX _v	23.93 a	0.97 a	2.27 a	8.20 a	7.33 a
APX _v	22.53 a	1.03 a	2.20 a	9.43 a	8.10 a
SAX _s	16.67 a	0.63 a	2.00 a	7.80 a	6.07 a
RAANX _s	22.27 a	0.93 a	2.17 a	9.87 a	7.70 a
CHX _v	18.17 a	1.00 a	2.27 a	9.03 a	7.07 a
SAX _v	21.87 a	1.17 a	2.00 a	9.73 a	8.43 a

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

Anexo 2. Promedios de altura de planta, diámetro de pseudotallo, número, longitud y ancho de hojas y las respectivas categorías estadísticas a los 143 dds de plantas establecidas en scams.

Accesiones	Variables morfológicas				
	Altura de planta (cm)	Diámetro del pseudotallo (cm)	Número de hojas	Longitud de hojas (cm)	Ancho de hojas (cm)
MYX _v	30.16 ab	2.13 a	1.76 a	14.53 a	13.96 a
EPX _v	31.23 a	1.46 a	2.46 a	11.96 ab	11.66 ab
SLX _s	29.10 ab	1.76 a	1.63 a	11.30 ab	10.90 ab
CHTX _s	20.06 ab	1.03 a	2.00 a	9.00 ab	7.86 b
NGX _v	22.40 ab	1.60 a	1.93 a	10.70 ab	10.40 ab
SRX _v	25.76 ab	1.56 a	1.90 a	10.90 ab	10.10 ab
TICX _v	24.16 ab	1.40 a	1.60 a	11.40 ab	10.60 ab
ETX _v	16.26 ab	0.96 a	1.23 a	7.23 b	6.86 b
LEX _v	16.90 ab	1.10 a	1.26 a	7.56 b	7.46 b
CRX _v	26.53 ab	3.10 a	2.20 a	11.26 ab	11.70 ab
APX _v	15.16 b	2.13 a	1.90 a	8.50 ab	9.40 ab
SAX _s	18.06 ab	0.83 a	1.63 a	7.50 b	7.70 b
RAANX _s	27.46 ab	1.53 a	1.96 a	10.93 ab	10.90 ab
CHX _v	15.56 b	2.63 a	1.80 a	7.10 b	7.23 b
SAX _v	21.10 ab	1.13 a	1.56 a	9.46 ab	8.86 ab

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

Anexo 3. Promedio de altura de planta, diámetro de pseudotallo, número, longitud y ancho de hojas y las respectivas categorías estadísticas, a los 261 dds de plantas establecidas en scams.

Accesiones	Variables morfológicas				
	Altura de planta (cm)	Diámetro Pseudotallo (cm)	Número de hojas	Longitud de hojas (cm)	Ancho de hojas (cm)
MYX _v	40.90 a	2.57 a	1.93 a	17.80 a	17.90 a
EPX _v	35.17 a	1.77 a	2.17 a	14.07 ab	13.20 ab
SLX _s	31.50 a	2.43 a	1.53 a	14.23 ab	13.40 ab
CHTX _s	29.67 a	1.90 a	1.57 a	12.10 ab	12.50 ab
NGX _v	28.70 a	1.70 a	2.17 a	12.60 ab	11.80 ab
SRX _v	28.67 a	1.80 a	1.63 a	11.73 ab	11.93 ab
TICX _v	27.60 a	1.80 a	1.43 a	12.97 ab	12.90 ab
ETX _v	27.30 a	1.67 a	1.43 a	11.93 ab	12.20 ab
LEX _v	27.17 a	1.30 a	1.40 a	12.17 ab	12.27 ab
CRX _v	27.10 a	1.60 a	1.53 a	12.37 ab	11.67 ab
APX _v	26.27 a	1.43 a	1.40 a	11.53 ab	11.60 ab
SAX _s	26.07 a	1.47 a	1.60 a	11.23 ab	11.57 ab
RAANX _s	24.70 a	1.70 a	1.30 a	9.50 ab	10.00 ab
CHX _v	23.27 a	1.00 a	1.26 a	9.00 ab	9.00 ab
SAX _v	18.40 a	1.23 a	1.26 a	7.60 b	7.73 b

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

Anexo 4. Promedios de peso, longitud y diámetro de cormos con las respectivas categorías estadísticas, cosechados a los 13 meses después de siembra en ssams.

Accesiones	Variables de cormos cosechados a los 470 dds		
	Peso (g)	Largo (cm)	Diámetro (cm)
NGX _v	319.20 ab	8.80 ab	6.50 a
MYX _v	537.60 a	11.20 a	9.20 a
CHX _v	313.60 ab	10.20 a	6.20 a
TICX _v	329.60 ab	10.80 a	7.56 a
SRX _v	235.20 b	6.20 b	8.70 a
LEX _v	252.00 b	7.60 ab	8.10 a
SLX _s	336.00 ab	10.10 a	7.00 a

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

Anexo 5. Medios para aislamiento a partir de tejido o de suelo (Picado *et al.*, (2008))

Medio de cultivo	Materiales	Preparación
V-8 clarificado + agar	200 ml Jugo de vegetales marca V-8 2.5 g CaCO ₃ 800 ml agua destilada 15 g agar	Añadir el CaCO ₃ al jugo de vegetales, clarificar por centrifugación a 13.200 g por 30 minutos. Llevar a volumen de 1 litro con agua destilada, autoclavar. Agregar agar si es medio sólido, dispensar o guardar en botella de plástico.
PARC Utilizado generalmente para cultivos contaminados o bien para aislar <i>Pythium</i> de muestras de suelo o raíces, debido a la especificidad del medio de cultivo	60 g Harina de maíz 12 g Agar 1 L Agua desionizada	Pesar la harina de maíz, mezclar con el agua, poner en un erlenmeyer, esterilizar en autoclave por 15 minutos a 121 °C, filtrar la suspensión, aforar el filtrado a 1 L, poner agar, llevar a ebullición, autoclavar por 15 minutos a 121°C. Dejar enfriar el CMA a 50-45°C (cuando pueda mantener el dorso del brazo en contacto con el erlenmeyer durante 5 segundos sin sufrir quemaduras), agregar los antibióticos, agitar suavemente y dispensar en platos petri. Importante resaltar que si los antibióticos se agregan antes que el medio se enfrie lo necesario, se inactivan ya que son termolábiles
Antibióticos	10 mg/L Pimaricina (20 de 50% i.a.) 10 mg/L Rifampicina (100% i.a.) 250 mg/L Ampicilina (100% i.a.)	

Anexo 6. Valores promedios de altura de planta de 0, 21, 28, 35, 42 y 74 dds de 14 accesiones de quequisque establecidas en bolsas de polietileno en sombreadero en scams.

Accesión	Días después de la siembra					
	0	21	28	35	42	74
MYX _v	9.67 d	8.00 e	12.50 bc	18.00 cd	9.00 d	6.00 c
EPX _v	18.67 bcd	21.67 bcd	22.50 abc	26.57 abcd	26.23 bc	18.67 ab
SLX _s	20.17 bcd	27.67 ab	26.17 ab	25.67 abcd	26.23 bc	19.00 ab
NGX _v	25.67 ab	28.67 ab	29.33 a	32.66 ab	22.83 bc	20.50 ab
SRX _v	20.33 bcd	25.00 bc	27.50 a	15.33 d	23.00 bc	23.00 ab
TICX _v	18.67 bcd	20.00 bcd	32.83 a	22.67 bcd	29.17 b	21.00 ab
ETX _v	17.00 bcd	23.00 bcd	25.00 abc	23.83 bcd	28.83 b	19.67 ab
LEX _v	22.33 bc	22.33 bcd	32.33 a	19.33 cd	10.60 d	20.50 ab
CRX _v	13.17 cd	15.00 de	14.00 bc	15.00 d	16.20 cd	13.50 bc
APX _v	13.33 cd	21.67 bcd	32.00 a	28.67 abc	28.17 b	24.00 ab
SAX _s	34.33 a	35.00 a	35.33 a	37.00 a	39.93 a	31.00 a
RAANX _s	32.83 a	26.67 abc	26.83 ab	31.00 abc	22.40 bc	17.00 bc
CHX _v	18.00 bcd	27.50 ab	32.67 a	27.00 abcd	27.57 b	24.00 ab
SAX _v	13.50 cd	18.33 cd	22.83 abc	29.33 abc	23.83 bc	16.00 bc

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

Anexo 7. Valores promedios de diámetro del seudotallo (cm) de 0, 21, 28, 35, 42 y 74 dds de 14 accesiones de quequisque establecidas en bolsas de polietileno en sombreadero en scams.

Accesión	Días después de la siembra					
	0	21	28	35	42	74
MYX _v	0.77 b	0.60 d	1.00 ab	0.60 ef	0.50 c	0.40 d
EPX _v	4.30 a	1.06 abc	1.07 ab	0.90 cde	0.93 abc	1.17 abc
SLX _s	0.97 ab	1.47 a	1.17 ab	1.17 abcd	1.30 ab	1.00 abc
NGX _v	1.17 ab	1.07 abc	1.30 ab	0.97 cde	1.33 ab	1.50 ab
SRX _v	0.90 ab	0.97 bcd	1.57 a	1.20 abc	1.20 abc	1.83 a
TICX _v	1.00 ab	1.10 abc	1.37 ab	1.13 bcd	1.17 abc	1.50 ab
ETX _v	1.10 ab	0.97 bcd	1.50 a	0.67 def	1.23 abc	1.33 abc
LEX _v	0.87 ab	0.97 bcd	1.33 ab	0.40 f	0.83 abc	1.00 abc
CRX _v	0.50 b	0.85 cd	0.60 b	0.70 cdef	0.70 bc	1.00 abc
APX _v	0.97 ab	0.83 cd	1.27 ab	0.90 cde	0.80 abc	1.50 ab
SAX _s	1.47 ab	1.40 ab	1.60 a	1.63 a	1.47 a	1.83 a
RAANX _s	3.87 ab	1.07 abc	1.40 ab	1.60 ab	0.85 abc	1.00 abc
CHX _v	0.93 ab	0.83 cd	1.50 a	1.10 cde	0.87 abc	1.50 ab
SAX _v	0.50 b	0.93 cd	0.87 ab	0.93 cde	0.97 abc	0.70 cd

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

Anexo 8. Valores promedios de número de hojas de 0, 21, 28, 35, 42 y 74 dds de 14 accesiones de quequisque establecidas en bolsas de polietileno en sombreadero en scams.

Accesión	Días después de la siembra					
	0	21	28	35	42	74
MYX _v	1.33 b	2.00 abc	1.00 c	1.00 b	1.00 a	2.00 a
EPX _v	2.00 b	2.67 ab	1.67 bc	2.33 ab	1.33 a	1.00 bc
SLX _s	2.00 b	1.67 bc	1.67 bc	1.33 b	1.00 a	1.50 ab
NGX _v	3.33 a	2.00 abc	2.00 abc	1.33 b	1.33 a	1.50 ab
SRX _v	1.33 b	1.67 bc	2.33 ab	1.67 b	1.00 a	0.67 c
TICX _v	1.67 b	1.67 bc	2.67 ab	1.67 b	1.67 a	1.00 bc
ETX _v	2.00 b	1.67 bc	2.67 ab	2.67 ab	1.33 a	2.00 a
LEX _v	2.33 b	2.67 ab	2.67 ab	1.67 b	1.00 a	1.00 bc
CRX _v	1.33 b	3.00 a	1.00 c	4.00 a	1.00 a	1.50 ab
APX _v	2.00 b	1.67 bc	2.00 abc	2.00 b	1.33 a	1.00 bc
SAX _s	2.33 b	2.67 ab	2.33 ab	2.00 b	1.33 a	1.00 bc
RAANX _s	2.33 b	1.33 c	2.00 abc	1.00 b	1.50 a	1.50 ab
CHX _v	1.33 b	2.00 abc	3.00 a	2.33 ab	1.00 a	1.50 ab
SAX _v	1.00 b	1.67 bc	1.67 bc	2.33 ab	1.00 a	2.00 a

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

Anexo 9. Valores promedios de longitud de hojas (cm) de 0, 21, 28, 35, 42 y 74 dds y categorías estadísticas de 14 accesiones de quequisque establecidas en bolsas de polietileno en sombreadero en scams.

Accesión	Días después de la siembra					
	0	21	28	35	42	74
MYX _v	5.17 c	5.00 d	5.50 d	10.00 ab	6.50 ab	3.00 b
EPX _v	7.97 bc	9.33 bc	11.70 abc	11.50 ab	12.17 a	5.83 ab
SLX _s	9.83 abc	12.00 ab	10.00 abcd	10.33 ab	11.83 a	5.50 ab
NGX _v	10.70 abc	12.33 ab	8.67 b	13.33 a	6.33 ab	9.00 ab
SRX _v	9.66 abc	8.83 bc	15.33 a	10.17 ab	8.83 ab	9.33 ab
TICX _v	10.40 abc	9.37 bc	14.33 ab	13.50 a	11.90 a	6.50 ab
ETX _v	8.63 bc	10.33 abc	14.17 ab	10.00 ab	12.30 a	7.00 ab
LEX _v	11.10 abc	10.00 abc	10.00 abcd	7.83 b	6.00 ab	6.00 ab
CRX _v	5.93 c	6.65 cd	6.50 cd	7.50 b	4.00 b	5.00 ab
APX _v	6.9 bc	8.50 bc	11.33 abcd	11.50 ab	11.50 a	10.00 a
SAX _s	12.63 ab	12.33 ab	10.83 abcd	12.33 ab	11.97 a	9.67 ab
RAANX _s	15.26 a	13.67 a	11.17 abcd	13.50 a	6.00 ab	6.50 ab
CHX _v	8.46 bc	10.33 abc	11.50 abcd	11.00 ab	10.17 ab	9.00 ab
SAX _v	7.10 bc	8.67 bc	9.43 abcd	12.33 ab	9.83 ab	6.00 ab

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

Anexo 10. Promedios, ancho de hoja (cm) de 0, 21, 28, 35, 42 y 74 dds y categorías estadísticas de 14 accesiones de quequisque establecidas en bolsas de polietileno en sombreadero en scams.

Accesión	Días después de la siembra					
	0	21	28	35	42	74
MYX _v	5.23 c	4.80 d	4.00 c	9.00 ab	5.00 b	2.00 c
EPX _v	7.46 bc	7.83 bcd	7.90 abc	9.40 ab	9.63 ab	5.00 bc
SLX _s	9.66 bc	9.67 abc	9.83 ab	9.83 ab	6.83 ab	4.50 bc
NGX _v	9.26 bc	11.83 ab	8.73 abc	11.23 ab	5.50 b	7.75 ab
SRX _v	8.66 bc	7.26 cd	9.97 ab	8.33 ab	7.77 ab	5.67 abc
TICX _v	8.73 bc	8.40 bc	10.97 a	7.57 ab	8.97 ab	5.50 abc
ETX _v	8.66 c	8.67 abc	9.73 ab	8.67 ab	10.10 ab	6.00 abc
LEX _v	9.50 bc	7.90 bcd	9.30 ab	6.33 b	4.30 b	6.00 abc
CRX _v	6.23 bc	4.65 d	5.30 bc	6.00 b	4.30 b	4.00 bc
APX _v	7.43 bc	6.70 cd	10.07 ab	9.83 ab	9.37 ab	7.00 ab
SAX _s	11.53 bc	11.17 ab	10.67 a	12.60 a	12.00 a	9.67 a
RAANX _s	15.00 a	11.83 a	10.07 ab	6.50 b	4.25 b	5.50 abc
CHX _v	8.90 bc	9.17 abc	10.63 a	10.66 ab	8.53 ab	7.75 ab
SAX _v	7.43 bc	6.50 cd	7.43 abc	8.87 ab	7.77 ab	4.50 bc

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

Anexo 11. Valores promedios de raíces sanas de plantas establecidas en scams a los 0, 21, 28, 35, 42 y 74 dds en el sombreadero y sus categorías estadísticas.

Accesión	Días después de la siembra					
	0	21	28	35	42	74
MYX _v	11.00 abc	1.00 c	1.00 c	0.00 b	0.00 b	1.00 c
EPX _v	14.00 abc	10.00 abc	2.00 c	3.67 b	1.00 ab	3.33 abc
SLX _s	11.66 abc	12.00 abc	2.00 c	2.67 b	1.67 ab	2.50 bc
NGX _v	15.66 abc	5.33 bc	0.33 c	5.00 ab	2.33 ab	5.50 ab
SRX _v	6.33 bc	5.00 bc	5.00 bc	0.67 b	2.00 ab	2.33 bc
TICX _v	11.66 abc	13.33 abc	8.00 bc	7.00 ab	4.67 ab	2.50 bc
ETX _v	10.33 abc	10.33 abc	8.33 bc	3.67 b	1.33 ab	2.67 bc
LEX _v	13.66 abc	11.00 abc	8.67 b	2.00 b	0.00 b	3.00 abc
CRX _v	8.66 abc	2.00 bc	0.00 c	10.00 ab	0.00 b	0.50 c
APX _v	11.66 abc	15.33 ab	8.00 bc	6.67 ab	0.33 b	3.50 abc
SAX _s	21.33 ab	21.33 a	20.00 a	14.00 a	7.00 a	6.00 ab
RAANX _s	22.00 a	2.33 bc	4.17 bc	1.50 b	0.00 b	1.50 c
CHX _v	4.66 c	13.00 abc	13.00 ab	9.67 ab	1.00 ab	6.50 a
SAX _v	8.33 abc	10.00 abc	2.67 c	2.67 b	0.67 ab	2.50 bc

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

Anexo 12. Valores promedios de raíces afectadas de plantas establecidas en scams a los 0, 21, 28, 35, 42 y 74 dds en el sombreadero y sus categorías estadísticas

Accesión	Días después de la siembra					
	0	21	28	35	42	74
MYX _v	0.0 a	0.00 b	0.00 a	0.00 a	8.00 ab	1.00 c
EPX _v	0.0 a	0.33 ab	0.00 a	0.67 a	9.33 ab	2.67 bc
SLX _s	0.0 a	0.33 ab	0.00 a	2.33 a	16.33 a	2.50 bc
NGX _v	0.0 a	0.00 b	0.00 a	0.67 a	6.00 b	1.50 c
SRX _v	0.0 a	0.00 b	0.00 a	1.00 a	6.00 b	2.00 c
TICX _v	0.0 a	0.33 ab	0.33 a	0.67 a	5.00 b	3.00 bc
ETX _v	0.0 a	0.33 ab	0.00 a	0.33 a	7.00 ab	1.00 c
LEX _v	0.0 a	0.33 ab	0.00 a	0.00 a	7.67 ab	2.50 bc
CRX _v	0.0 a	0.50 ab	0.00 a	0.00 a	6.00 b	0.50 c
APX _v	0.0 a	0.00 b	0.00 a	0.33 a	7.67 ab	7.50 a
SAX _s	0.0 a	1.00 a	0.33 a	0.33 a	8.67 ab	6.33 ab
RAANX _s	0.0 a	0.00 b	0.67 a	0.00 a	11.50 ab	1.00 c
CHX _v	0.0 a	0.33 ab	0.00 a	0.00 a	8.67 ab	3.00 bc
SAX _v	0.0 a	0.33 ab	0.00 a	2.00 a	5.67 b	2.00 c

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

Anexo 13. Severidad promedio del Mal seco en tres plantas por accesión en base a síntomas en las raíces de 0, 21, 28, 35, 42, y 74 dds.

Accesiones	Días después de la siembra					
	0	21	28	35	42	74
EPX _v	0.0	1.0	0.0	0.7	4.0	1.0
NGX _v	0.0	0.0	0.0	2.3	4.0	3.0
ETX _v	0.0	1.0	0.0	2.0	4.0	3.3
SRX _v	0.0	0.7	1.3	3.3	4.0	2.5
TICX _v	0.0	0.0	2.3	1.0	2.7	2.5
SLX _s	0.0	1.0	0.0	2.0	4.0	1.5
APX _v	0.0	0.0	0.0	2.3	4.0	3.0
SAX _s	0.0	0.7	1.0	0.0	4.0	1.0
CHX _v	0.0	0.7	0.0	0.0	4.0	1.5
RAANX _s	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	1.5
SAX _v	0.0	0.0	2.7	1.7	4.0	2.0
LEX _v	0.0	0.0	1.3	2.7	4.0	4.0
CRX _v	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	1.5
MYX _v	0.0	0.7	0.0	4.0	4.0	2.0