



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

**Morfología, rendimiento y potencial de
reproducción de quequisque (*Xanthosoma
violaceum* L. Schott) propagado con las
técnicas de reproducción *in vitro*, TRAS y
convencional, Managua, 2019-2020**

Autoras

**Br. Emma Patricia Amador Téllez
Br. Regina Lizbeth Hernández Benavides**

Asesores

**MSc. Heeidy Guadalupe Corea Narvárez
Ing. Rosario del Socorro García Loáisiga
Dr. Guillermo del Carmen Reyes Castro**

**Managua, Nicaragua
Diciembre 2020**



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Morfología, rendimiento y potencial de reproducción de quequisque (*Xanthosoma violaceum* L. Schott) propagado con las técnicas de reproducción *in vitro*, TRAS y convencional, Managua, 2019-2020

Autoras

**Br. Emma Patricia Amador Téllez
Br. Regina Lizbeth Hernández Benavides**

Asesores

**MSc. Heedy Guadalupe Corea Narvárez
Ing. Rosario del Socorro García Loáisiga
Dr. Guillermo del Carmen Reyes Castro**

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

**Managua, Nicaragua
Diciembre 2020**

Hoja de aprobación del Tribunal Examinador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Tribunal Examinador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Miembros del Tribunal Examinador

Presidente (Grado académico y nombre)

Secretario (Grado académico y nombre)

Vocal (Grado académico y nombre)

Lugar y Fecha: _____

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
I. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivo específico	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1. Ubicación del estudio	4
3.2. Condiciones climáticas	4
3.3. Diseño metodológico	4
3.3.1. Material vegetativo	4
3.3.1.1. Propagación <i>in vitro</i>	5
3.3.1.2. Propagación TRAS	5
3.3.1.3. Propagación convencional	6
3.3.2. Descripción del diseño experimental	6
3.4. Manejo agronómico del ensayo	6
3.4.1. Preparación del terreno	6
3.4.2. Método de siembra	7
3.4.3. Riego	7
3.4.4. Fertilización	7
3.4.5. Aporque	7
3.4.6. Manejo de arvenses	7
3.4.7. Cosecha	8

3.5 Variables evaluadas	8
3.5.1. Variables morfológicas	8
3.5.2. Variables relacionadas con la presencia del mal seco	8
3.5.3. Variables de rendimiento	9
3.5.4. Potencial de reproducción de las plantas por técnica	10
3.6. Análisis de los datos	10
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
4.1. Variables morfológicas	12
4.2. Variables relacionadas con la presencia del mal seco	15
4.3. Variables de rendimiento	18
4.4. Potencial de reproducción de las plantas por técnica	21
V. CONCLUSIONES	23
VI. RECOMENDACIONES	24
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
VIII. ANEXOS	29

DEDICATORIA

A mis padres, Manuel de Jesús Amador Cerda y Blanca Patricia Téllez Araúz, por todos estos años de esfuerzos continuos, apoyándome en esta travesía con amor y paciencia.

A mi hermana, Bianca Paola Amador Téllez, por todos estos años de apoyo mutuo e incondicional y ser un pilar fundamental en mi vida día a día.

A mi abuela Rosa Argentina Araúz Castro (q.e.p.d.) por amarme incondicionalmente en mis primeros años de vida.

Emma Patricia Amador Téllez

DEDICATORIA

A Dios porque me permitió llegar hasta esta etapa de mi vida.

A mis padres que con mucho amor me apoyaron a terminar mi carrera universitaria, a mi padre Tito Mario Hernández (q.e.p.d.) que en el cielo gozas de felicidad eterna, a mi madre Regina del Carmen Benavides Romero porque a pesar de todas las dificultades que atravesamos en el camino, decidimos seguir luchando para poder lograr esta meta.

A mi hermana Estefanía del Rosario Hernández Benavides.

A mi sobrino que tanto quiero, Mario Tadeo Hernández Benavides.

Regina Lizbeth Hernández Benavides

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirle a mis padres la vida y la fuerza para presenciar la culminación de mis estudios.

Agradezco a mis asesores, MSc. Heidy Guadalupe Corea Narváz e Ing. Rosario del Socorro García Loáisiga, por el apoyo incondicional y brindarme una asesoría de calidad, al Dr. Guillermo del Carmen Reyes Castro, por brindarme la oportunidad de colaborar bajo las instrucciones de grandes personas.

A mi compañera de tesis, Regina Lizbeth Hernández Benavidez, por aceptar incursionar conmigo la tesis.

Al Ing. Jorge Lenin Peña Quiroz, por su apoyo y consejos en nuestra etapa de campo en el Centro de Experimentación y Validación Finca El Plantel.

A cada uno de los trabajadores del Centro de Experimentación y Validación Finca El Plantel, que desde el primer momento me brindaron ayuda en toda nuestra etapa de campo.

A mi tía Ing. Martha Elizabeth Moraga Quezada, por su amor incondicional y por permitirme ver que, aunque a uno se le cierre una puerta, siempre va haber otras.

A mis compañeros y grupo de trabajo por estar conmigo en esta travesía llamada carrera universitaria: Fernanda, Francys, Aníbal, Julián, Renato, Jordyng, Roberto y Norman.

A la UNA y a todos sus docentes, por haberme admitido en sus instalaciones como estudiante y haber cedido las parcelas para realizar el ensayo en campo.

Emma Patricia Amador Téllez

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a Dios y a nuestra Madre Santísima por haberme dado la oportunidad de culminar mis estudios en esta alma mater.

A mis padres Tito Mario Hernández (Q.E.P.D.) y Regina del Carmen Benavides Romero por ser una persona fundamental en el transcurso de mis estudios dándome siempre ánimos para seguir adelante y brindándome su amor incondicional.

A mis tíos Verónica Benavides y Juan Alberto Ordóñez por ofrecerme su apoyo incondicional.

A la familia Baca Mayorga por brindarme su apoyo incondicional.

A Jonathan Alejandro Baca Mayorga por apoyarme y motivarme cada día a ser una mejor persona, gracias por ser parte de mi vida.

A mis asesores, MSc. Heidy Guadalupe Corea Narváez por darnos un asesoramiento de calidad y tener paciencia de explicarnos cada etapa de la tesis, a la Ing. Rosario del Socorro García Loáisiga por su apoyo incondicional y al Dr. Guillermo del Carmen Reyes Castro por dejarnos ser parte de este gran equipo.

Al Ing. Jorge Lenin Peña Quiroz por darnos todo su apoyo y consejos en la etapa de campo en colaboración con los trabajadores del Centro de Experimentación y Validación Finca El Plantel Gracias por apoyarnos.

A mi compañera de tesis por darme la oportunidad de trabajar a su lado a pesar de tantos altos y bajos.

A mis amigos y grupo de trabajo por brindarme su amistad y cariño todo este tiempo (Bryan, Rommel, Alexander Roseling y Carlos).

A la Universidad Nacional Agraria y docentes a lo largo de los cinco años por acogerme y brindarme todos los conocimientos.

Regina Lizbeth Hernández Benavides

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Altura de la planta (cm), área foliar (cm ²), diámetro de pseudotallo (cm) y número de hojas e hijos evaluadas a los 67, 137 y 214 dds en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción del quequisque propagado <i>in vitro</i> , TRAS y convencional, establecidos en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnología El Plantel, Managua	8
2. Variables relacionadas a la presencia del mal seco al momento de la cosecha en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción del quequisque propagado <i>in vitro</i> , TRAS y convencional, establecidos en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnología El Plantel, Managua	9
3. Variables de rendimiento evaluadas al momento de la cosecha en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción del quequisque propagado <i>in vitro</i> , TRAS y convencional, establecidos en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnología El Plantel, Managua	9
4. Análisis de varianza de las variables largo (cm), ancho (cm) y peso (kg) del corno por planta, número, largo (cm), ancho (cm) y peso (kg) de cormelos por planta evaluados al momento de la cosecha a los 217 dds en el tratamiento <i>in vitro</i> y a los 316 días en los tratamientos TRAS y Convencional en la finca El Plantel, Managua, 2019-2020	19
5. Análisis de la varianza del rendimiento estimado y rendimiento real al momento de la cosecha (217 y 319 dds) en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción del quequisque propagado <i>in vitro</i> , TRAS y convencional en el Centro de Experimentación y validación de tecnología El Plantel, Managua, 2019-2020	20
6. Potencial como fuente de propagación de semilla convencional y TRAS/In vitro proveniente de los tratamientos convencional, TRAS e <i>in vitro</i>	21

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Precipitación acumulada (mm), temperatura máxima y mínima (°C), en los meses septiembre de 2019 hasta julio de 2020, durante el desarrollo del ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de semilla del quequisque propagado <i>in vitro</i> , TRAS y convencional, establecidos en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnología El Plantel, Managua (INETER, 2020)	4
2. Promedios de altura de la planta (a), área foliar (b), diámetro del pseudotallo (c), número de hojas (d) número de hijos (e) de plantas de quequisque lila (<i>Xanthosoma violaceum</i> L. Schott) propagadas a partir de <i>in vitro</i> , TRAS y convencional, en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y potencial de reproducción establecido en el Centro de Experimentación y Validación El Plantel, 2019-2020	12
3. Desarrollo de plantas de quequisque del tratamiento propagación <i>in vitro</i> a los 45 (a), 112 (b) y 214 (c) dds, en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción de quequisque propagado <i>in vitro</i> , TRAS y convencional, establecidos en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019-2020	14
4. Promedio de número de raíces totales, sanas y afectadas evaluadas al momento de la cosecha de plantas de Quequisque Lila (<i>Xanthosoma violaceum</i> L. Schott) en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción de quequisque propagado <i>in vitro</i> , TRAS y convencional en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019-2020	15
5. Cormo con raíces y cormelos cosechados de plantas del cultivar de quequisque lila establecidas en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción del quequisque propagado <i>in vitro</i> , TRAS y convencional, en el Centro de Experimentación y validación de tecnología El Plantel, Managua, 2019-2020	16
6. Afectaciones del mal seco eco a los 214 dds en plantas de quequisque, cultivar Quequisque Lila, en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción del quequisque propagado <i>in vitro</i> , TRAS y convencional en el Centro de Experimentación y validación de tecnología El Plantel, Managua, 2019-2020. a) planta sin hojas del tratamiento convencional; b)	17

plantas con hojas afectadas del tratamiento TRAS, y c) como con afectaciones en la producción de raíces y cormelos del tratamiento TRAS

7. Porcentaje de sobrevivencia de plantas de quequisque en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción del quequisque propagado *in vitro*, TRAS y convencional en el Centro de Experimentación y validación de tecnología El Plantel, Managua, 2019-2020, a los 186 dds 17
 8. Afectaciones del mal seco en las plantas de quequisque establecidas en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción del quequisque propagado *in vitro*, TRAS y convencional en el Centro de Experimentación y validación de tecnología El Plantel, Managua, 2019-2020, a los 214 dds 18
-

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1.	Llenado de bolsas plásticas de polietileno con sustrato Compost y Kekkila y establecimiento siembra de vitroplantas de quequisque en el sombreadero de REGEN-UNA, 2019	29
2.	Aclimatización de vitroplantas de quequisque en el sombreadero perteneciente al REGEN-UNA a los 58 (a), 84 (b) y 100 (c) dde, 2019	29
3.	Traslado de vitroplantas del sombreadero (a) hacia el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel (b) a los 105 dde	30
4.	Establecimiento y aclimatización de plantas propagadas por la técnica de reproducción acelerada de semilla en canteros del Laboratorio de Cultivo de Tejidos de la UNA a los 0 (a), 20 (b) y 44 (c) dde, 2019	30
5.	Traslado de plantas propagadas por técnica reproducción acelerada de semilla del cantero (a y b) hacia el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel (c) a los 47	31
6.	Propagación convencional de cormos en campo, en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019	31
7.	Plano de campo del experimento establecido en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019-2020	31
8.	. Área donde se estableció las plantas propagadas a partir de in vitro, TRAS y convencional en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019	32
9.	Anexo 9. Sistema de riego por aspersion establecido en el área del ensayo, en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019-2020	32
10.	Manejo de arvenses, aporque y fertilización realizados en el cultivo de quequisque a los 73 dds, en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019-2020	33
11.	Cosecha de del cormo (a) y cormelos (b) tratamiento <i>in vitro</i> a los 217 dds y los tratamientos TRAS y convencional a los 316 dds en el Centro	33

de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019-2020

12. Análisis de varianza no paramétrica (Prueba de Kruskal Wallis) de altura de la planta (cm), área foliar (cm²), diámetro de pseudotallo (cm) y número de hojas e hijos evaluadas a los 67, 137 y 214 dds en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción del quequisque propagado *in vitro*, TRAS y convencional, establecidos en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnología El Plantel, Managua. 34
 13. Análisis de varianza del número de raíces sanas y número de raíces afectadas evaluadas al momento de la cosecha de plantas de quequisque lila (*Xanthosoma violaceum* L. Schott) propagadas a partir de *in vitro*, TRAS y convencional, en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019-2020 34
 14. Distribución por tratamiento y bloque del porcentaje de plantas sobrevivientes de quequisque registradas en el ensayo a los 186 dds propagados a partir de *in vitro*, TRAS y convencional al momento de la cosecha, en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019-2020 35
 15. Esquema de uso de la técnica de reproducción acelerada de semilla partiendo de vitroplantas libres de principales plagas y enfermedades (Reyes *et al.*, 2013) 35
-

RESUMEN

El quequisque (*Xanthosoma violaceum* L. Schott) es un alimento esencialmente energético, rico en carbohidratos y con mayor contenido de proteínas, es afectado por el mal seco (*Pythium myriotylum* Drechsler) y se propaga por medios vegetativos a partir de secciones del cormo primario. Se conocen tres técnicas de propagación: convencional, Técnica de reproducción acelerada de semillas (TRAS) e *in vitro*. No existen estudios recientes donde se comparen estas técnicas y se evalúe la incidencia de mal seco en las plantas multiplicadas. En el presente estudio se evaluó el efecto de las técnicas de propagación TRAS, *in vitro* y convencional en la morfología y el rendimiento del cultivo de quequisque. El ensayo se estableció en un esquema de bloques completos al azar con cuatro bloques y tres tratamientos (*in vitro*, TRAS y convencional). Se evaluaron las variables morfológicas (altura de planta, área foliar, diámetro del pseudotallo y número de hojas e hijos), variables relacionadas con la presencia de mal seco (raíces sanas y afectadas y porcentaje de plantas sobrevivientes), variables de rendimiento (largo, ancho y peso de cormo, número, ancho, largo y peso de cormelos y rendimiento real y estimado) y el potencial como fuente de semilla. En las variables morfológicas el tratamiento *in vitro* registró plantas con mayor altura, área foliar, diámetro de pseudotallo y número de hojas e hijos que los tratamientos TRAS y convencional. Las plantas *in vitro* registraron un número de raíces sanas significativamente superior. No hubo diferencias estadísticas en las raíces afectadas. El porcentaje de sobrevivencia de las plantas *in vitro* fue 86.51 %, de TRAS 70.17% y de convencional 46.43%. El tratamiento *in vitro* fue superior estadísticamente en las variables ancho de cormo y número de cormelos. Los tratamientos TRAS y convencionales fueron estadísticamente superiores en la variable de ancho de cormelos. En el rendimiento estimado y real el tratamiento *in vitro* fue estadísticamente superior con 11.83 t ha⁻¹. En el tratamiento *in vitro* se podría obtener 956 secciones para semillas convencional y 3,294 yemas para semilla TRAS y establecimiento *in vitro*, superior a los tratamientos TRAS y convencional en el potencial de semilla y en estado fitosanitario.

Palabras clave: mal seco, *Pythium myriotylum*, potencial de semilla

ABSTRACT

Cocoyam (*Xanthosoma violaceum* L. Schott) is an essentially energetic food, rich in carbohydrates, with a high protein content, it is affected by root rot disease (*Pythium myriotylum* Drechsler) is vegetative propagated from sections of the primary corm. Three propagation techniques are known: conventional, Accelerated Seed Reproduction Technique (TRAS) and *in vitro*. There are no recent studies where these techniques are compared and the incidence of root rot disease in multiplied plants is evaluated. In this study, the effect of TRAS, *in vitro* and conventional propagation techniques on the morphology and yield of the cocoyam culture was evaluated. The trial was established on a randomized complete block scheme with four blocks and three treatments (*in vitro*, TRAS and conventional). Morphological variables (plant height, leaf area, pseudostem diameter and secondary shoots and leaves and numbers), variables related to the presence of root rot diseases (healthy and affected roots and percentage of surviving plants), yield components (length, width and weight corm, number, width, length and weight of cormels and real and estimated yield) and the potential as a seed source. In the morphological variables, the *in vitro* treatment registered plants with higher height, leaf area, pseudostem diameter and leaves and secondary shoots number than TRAS and conventional treatments. *In vitro* plants had a significantly higher number of healthy roots. affected roots were no statistical differences. The survival percentage of *in vitro* plants was 86.51%, TRAS 70.17% and conventional 46.43%. *In vitro* treatment was statistically superior in the variables corm width and number of cormels. The TRAS and conventional treatments were statistically superior in the cormel width variable. In estimated and real yield, *in vitro* treatment was statistically higher with 11.83 t ha⁻¹. In *in vitro* treatment, 956 sections for conventional seeds and 3,294 shoots for TRAS seed and *in vitro* establishment could be obtained, superior to the TRAS and conventional treatments in seed potential and in phytosanitary status.

Keywords: root rot disease, *Pythium myriotylum*, seeds potential

I. INTRODUCCIÓN

El quequisque (*Xanthosoma violaceum* L. Schott) pertenece a la familia de las Aráceae; originaria de América y distribuido por los indios de las Antillas. El quequisque es un producto valioso para los países tropicales y subtropicales (López *et al.*, 1984), es un alimento esencialmente energético, rico en carbohidratos y con mayor contenido de proteínas que las demás raíces y tubérculos (INTA, 2000; Reyes *et al.*, 2013). El quequisque es utilizado para consumo humano y animal (ya sean cormos y cormelos, hojas y peciolos, ensilaje), además es la materia prima de diversas áreas industriales (su fruto es transformado en harina, almidón, alcohol y otros productos) (López *et al.*, 1984; FAO, 1994; Lebot, 2009).

Según el Banco Central de Nicaragua (2019) en el ciclo 2018-2019, el área sembrada de quequisque fue de 1,334.94 ha y se obtuvo una producción de 28,500 t, 69.6% menor al año 2017 (93,840 t).

Según Tambong *et al.* (1998) el mal seco (*Pythium myriotylum* Drechsler) es la enfermedad más devastadora del quequisque en los países tropicales. Saborío *et al.* (2004) menciona que reduce significativamente los rendimientos hasta un 90-100 %. En Nicaragua según Saavedra y Reyes (2012) el mal seco está presente en las zonas de producción para exportación y se reporta ya en zonas no tradicionales de la Región Central, ya que han traspasado la frontera agrícola y solo obteniendo buenos rendimientos por ciclo y lo que conlleva al finalizar el ciclo abandonar el área para buscar zonas libres de la enfermedad.

Reyes *et al.* (2013) mencionan que la planta de quequisque rara vez florece, y cuando lo hace las flores pocas veces producen frutos, por lo que es muy difícil la reproducción sexual. Este hecho obstaculiza los trabajos de mejora genética y propagación a través de semilla sexual del cultivo. Por esta razón, se propaga por medios vegetativos a partir de secciones del cormo primario; garantizando la identidad genética de la descendencia con respecto a la planta madre. Esta forma de propagación podría significar una fuente de diseminación de plagas y enfermedades como el mal seco si no se realiza un adecuado manejo fitosanitario de los cormos. Se conocen tres técnicas de propagación asexual de quequisque: convencional, técnica de reproducción acelerada de semillas (TRAS) e *in vitro*.

La propagación convencional o tradicional conlleva a la extracción de las semillas directamente de los cormos o cepas (Reyes *et al.*, 2013), se obtienen varios trozos de ella, con al menos una yema; dando origen a plantas genéticamente idénticas a la planta madre. Según Salazar (1991) esta técnica de propagación tiene la desventaja que la semilla no mantiene a los genotipos libre de plagas y enfermedades por la falta de desinfección, lo que puede influir en una baja significativa de los rendimientos y diseminación de enfermedades.

A partir de la técnica de propagación *in vitro* o reproducción por cultivos de tejidos vegetales se obtienen plantas sanas, libres de plagas y enfermedades; se reportan incrementos en los rendimientos, su crecimiento acelerado es una ventaja en comparación con plantas propagadas convencionalmente (García y Acuña, 2000; López, 2002; Zeledón, 2006; Reyes *et al.*, 2013).

La técnica reproducción acelerada de semilla (TRAS) eleva la cantidad de semilla por cormo, en relación a la técnica convencional. Las yemas axilares y apicales de los cormos y cormelos son extraídas individualmente, aumentando los coeficientes de multiplicación del cultivo. La técnica establece la desinfección del material de siembra y se elabora un sustrato adecuado para el desarrollo de la nueva planta. Reyes y Aguilar, 2005, Reyes *et al.*, 2013 registran aumento en el rendimiento, recuperando la calidad genética y contribuyendo la uniformidad en la cosecha.

No existen estudios recientes donde se comparen estas técnicas de propagación y se evalúe la incidencia de mal seco en las plantas multiplicadas; el objetivo del presente fue evaluar la morfología, rendimiento y potencial de semilla de quequisque (*Xanthosoma violaceum* L. Schott) propagado por medio de cultivo de tejidos o *in vitro*, TRAS y convencional, establecidas en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019-2020.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar la morfología, rendimiento y potencial de reproducción del quequisque propagado a partir de *in vitro*, técnica de reproducción acelerada de semilla y convencional.

2.2. Objetivo específico

- Determinar el efecto de las técnicas de reproducción *in vitro*, TRAS y convencional en las características morfológicas del Quequisque Lila.
- Estimar las afectaciones de mal seco producidas en plantas de Quequisque Lila reproducidas a partir de las técnicas *in vitro*, TRAS y convencional.
- Cuantificar el efecto de las técnicas de reproducción *in vitro*, TRAS y convencional en el rendimiento de Quequisque Lila.
- Estimar el potencial de reproducción de corno bajo las de técnicas de propagación *in vitro*, TRAS y convencional como fuente de semilla de calidad en quequisque.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del estudio

El ensayo se estableció en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnología El Platel de la Universidad Nacional Agraria (UNA) ubicado en el km 30 carretera Tipitapa - Masaya al sureste de la cabecera municipal de Tipitapa, en las coordenadas 86°05'13" longitud Oeste y 02°06'39" latitud Norte y una elevación de 108 m.

3.2. Condiciones climáticas

Las precipitaciones acumuladas y las temperaturas máximas y mínimas promedio de Centro de Experimentación y Validación de Tecnología El Platel durante el establecimiento del ensayo (septiembre 2019- julio 2020) se presentan en figura 1.

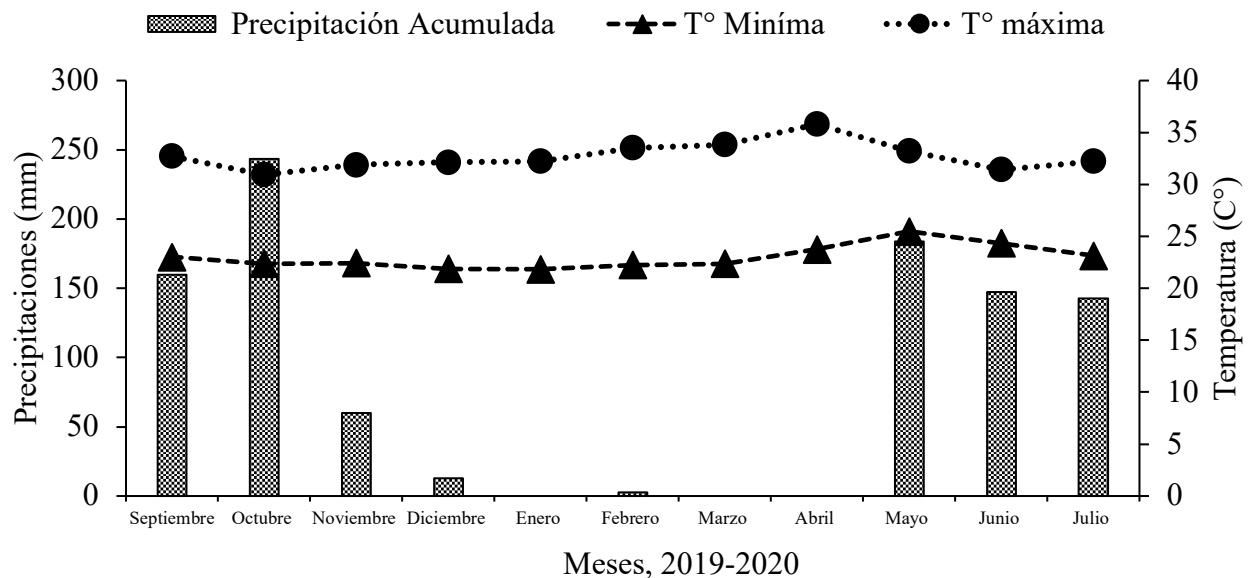


Figura 1. Precipitación acumulada (mm), temperatura máxima y mínima (°C), en los meses septiembre de 2019 hasta julio de 2020, durante el desarrollo del ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de semilla del quequisque propagado *in vitro*, TRAS y convencional, establecidos en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnología El Platel, Managua (INETER, 2020).

3.3. Diseño metodológico

3.3.1. Material vegetativo

Se utilizaron plantas del cultivar Quequisque Lila provenientes de plantaciones comerciales del departamento de Río San Juan. Para la obtención de la semilla se emplearon las técnicas de

propagación: propagación *in vitro*, técnica de reproducción acelerada de semilla (TRAS) y propagación convencional.

3.3.1.1. Propagación *in vitro*

La propagación *in vitro* se realizó en el laboratorio de cultivo de tejidos vegetales y sombreadero de la UNA.

Fase 0: Preparación de la planta madre. Se seleccionaron plantas de quequisque lila de un área comercial en Río San Juan, las plantas seleccionadas tenían buenas características físicas, fitosanitarias y de producción.

Fase 1: Establecimiento del cultivo. Se utilizaron ápices meristemáticos de quequisque como explantes para el establecimiento *in vitro*, se utilizó el medio Murashige y Skoog (MS, 1962) sin reguladores de crecimiento por un período de 30 días.

Fase 2: Multiplicación de brotes. Se realizaron tres subcultivos en el medio MS + 2.5 mg l⁻¹ de 6-Bencil amino purina (6_BAP) para la inducción de nuevos brotes en cada explante, cada subcultivo tuvo una duración de 30 días.

Fase 3: Enraizamiento. Para la inducción al enraizamiento individual de los brotes, se utilizó el medio de MS + 1 mg l⁻¹ de Ácido indolacético (AIA), por un período de 30 días.

Fase 4: Aclimatización. Las vitroplantas fueron trasladadas al sombreadero, para su adaptación al medio ambiente y desarrollo del sistema radical. Las plántulas se establecieron en bolsas plásticas de polietileno sustrato a base de Compost y Kekkila proporción 1:1 (Anexo 1 y 2). El riego fue manual con regadora día de por medio.

Las vitroplantas se trasladaron hacia el Centro de Experimentación y Validación de Tecnología El Plantel a los 105 días después de su establecimiento (dde) en el sombreadero (Anexo 3).

3.3.1.2. Propagación TRAS

La propagación TRAS se realizó en los canteros del Laboratorio de Cultivo de Tejidos de la UNA. Previamente, los cormos de plantas de cultivar Quequisque Lila, colectados de una plantación comercial de San Carlos, Río San Juan, se sometieron a estimulación de las yemas apicales y axilares, mediante eliminación de la dominancia apical y etiolación, en condiciones de poca luz y riego constante por 1 mes. Al momento de establecimiento en los canteros se

eliminaron los restos de hojas secas, raíces y tierra, luego se seccionaron en trozos de tamaños promedios de 2 x 2 cm, estas secciones de cormos tenían una yema bien desarrollada y fueron sembradas en canteros que contenían arena, a una distancia de 3 cm entre cormo. El riego fue manual con regadora día de por medio y se eliminó malezas semanalmente (Anexo 4). Las plantas TRAS se trasladaron del cantero al campo del Centro de Experimentación y Validación de Tecnología El Plantel a los 47 dde en el mismo (Anexo 5).

3.3.1.3. Propagación convencional

La preparación de la semilla propagada convencionalmente se realizó en el área del ensayo. A los cormos se les eliminó todo rastro de tierra, raíces y material seco que poseían y se seccionaron en trozos con tamaños promedios de 5 cm de largo y 6 cm de ancho, en donde se encontraban aproximadamente entre 2 a 3 yemas (Anexo 6).

3.3.2. Descripción del diseño experimental

El ensayo se estableció en un esquema de bloques completos al azar con cuatro bloques y tres tratamientos por bloque (plantas: *in vitro*, TRAS y convencional). La parcela experimental consistió en 11 surcos de nueve plantas propagación *in vitro*, ocho plantas propagación TRAS y siete plantas propagación convencional. Distancias de 0.80 m entre plantas y 1.0 m entre surcos. El área del tratamiento de la propagación *in vitro* fue de 10 x 8 m, el de la propagación TRAS de 10 x 7 m y el de la propagación convencional de 10 x 6 m. La distancia entre tratamiento fue de 1.5 m y entre bloque fue de 2 m. El tamaño de cada bloque fue de 10 m x 24 m, siendo el área total por bloque de 240 m². El área total del ensayo correspondió a 1,020 m² (Anexo 7).

3.4. Manejo agronómico del ensayo

3.4.1. Preparación del terreno

Se eliminaron los rastrojos que se encontraron en el área. La preparación de suelo se ejecutó de forma mecanizada, incluyó dos pases de arado y para los surcos se utilizó la acamadora en donde se estableció una distancia de 1 m entre surcos.

3.4.2. Método de siembra

La semilla propagada de forma convencional, las yemas fueron posicionadas de forma inversa hacia el suelo y con un espesor de suelo de 5 cm, para ayudar en la emisión de raíces y el anclaje de las plantas. Las plantas TRAS y vitroplantas se sembraron en hoyos hechos con palas y azadones. La distancia de siembra de las plantas y secciones de cormos fue de 0.8 m entre planta y a 1 m entre surco (Anexo 8).

3.4.3. Riego

El ensayo se irrigó empleando un sistema de aspersión; se garantizó un régimen de riego de acuerdo a la necesidad del cultivo y el grado de humedad del suelo. En el mes de septiembre 2019 el riego establecido fue de tres horas cada tres días, en octubre 2019 no se realizó riego al coincidir con el mes de mayores precipitaciones. En el período noviembre 2019 a abril 2020 se regó cada tres horas día de por medio. En los meses de mayo a junio 2020 se disminuyó la intensidad de riego a tres horas cada tres o cuatro días (Anexo 9).

3.4.4. Fertilización

Se realizaron aplicaciones de fertilizantes de fosfato diamónico (18-46-0) y fertilizante completo (15-15-15). La primera fertilización se realizó al momento de la siembra con la formulación fosfato diamónico a razón de 129 kg ha⁻¹, la segunda a los 73 días después de la siembra (dds) y la tercera a los 147 dds con fertilizante completo (15-15-15), a razón de 129 kg ha⁻¹ (Anexo 10).

3.4.5. Aporque

Se realizaron cuatro labores de aporques a las plantas, acumulando suelo en la base del pseudotallo con ayuda del azadón, esta actividad coincidió con el segundo y tercera fertilización a la incorporación del fertilizante en sus dos aplicaciones en los 73 y 147 dds.

3.4.6. Manejo de arvenses

Se efectuaron controles manuales de arvenses con azadones y machetes cada 15 días hasta el sexto mes.

3.4.7. Cosecha

El tratamiento *in vitro* se cosechó a los 217 dds y los tratamientos TRAS y convencional a los 316 dds; la cosecha se realizó de forma convencional introduciendo una barra usándola como palanca para remover la tierra y extraer los cormos y cormelos con mayor facilidad (Anexo 11).

3.5. Variables evaluadas

3.5.1. Variables morfológicas

La altura de plantas, el área foliar, el diámetro de pseudotallo y número de hojas e hijos se evaluaron periódicamente a los 67, 137 y 214 dds (Cuadro 1).

Cuadro 1. Altura de la planta (cm), área foliar (cm²), diámetro de pseudotallo (cm) y número de hojas e hijos evaluadas a los 67, 137 y 214 dds en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción del quequisque propagado *in vitro*, TRAS y convencional, establecidos en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnología El Plantel, Managua.

Variables morfológicas	Descripción
Altura de plantas (cm)	Se midió la altura de planta a partir de la base del pseudotallo hasta la parte de inserción del pecíolo de la hoja de mayor altura.
Área foliar (cm ²)	Se obtuvo multiplicando el largo por el ancho de la hoja de mayor altura de la planta principal por el factor de corrección 0.927 sugerido por Agueguia (1993). La longitud de la hoja se midió desde el punto de inserción del pecíolo con la lámina foliar hasta el ápice y el ancho, se consideró la parte más ancha que hacen los lóbulos de las hojas extendidas.
Diámetro del pseudotallo (cm)	Se tomó en parte basal de la planta donde se observa la inserción de las vainas de las hojas.
Número de hojas (unidad)	Se realizó un recuento del número de hojas totales de la planta principal.
Número de hijos (unidad)	Es el conteo del número de vástagos originados en la base de la planta madre a lo largo de la vida de la planta.

3.5.2. Variables relacionadas con la presencia del mal seco

Se utilizó la metodología de Sequeira y Silva (2010) que constata la presencia de mal seco sin análisis microbiológico, tomando parámetros como el porcentaje de plantas sobrevivientes de quequisque a los 186 dds, contabilizando el número de raíces sanas y afectadas al momento de la cosecha y la disminución del rendimiento estimado como resultado del porcentaje de plantas muertas por el ataque del patógeno. Se evaluaron al momento de la cosecha (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variables relacionadas a la presencia del mal seco al momento de la cosecha en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción del quequisque propagado *in vitro*, TRAS y convencional, establecidos en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnología El Plantel, Managua.

Variables evaluadas	Descripción
Número de raíces sanas	Conteo de raíces sanas por planta.
Número de raíces afectadas	Conteo de raíces afectadas por planta, con síntomas de la enfermedad: puntos necróticos, lesiones o raíz totalmente dañada (esqueleto vascular no funcional).
Porcentaje de plantas sobrevivientes	Conteo del número de plantas sobrevivientes en cada tratamiento y se calcula el porcentaje.

$$\%S = \frac{P_f}{P_i * 100}$$

Donde:
 %S: Porcentaje de sobrevivencia
 P_f: Plantas finales
 P_i: Plantas iniciales

3.5.3. Variables de rendimiento

Se evaluaron al momento de la cosecha, se utilizó una balanza y una regla milimetrada (Cuadro 3).

Cuadro 3. Variables de rendimiento evaluadas al momento de la cosecha en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción del quequisque propagado *in vitro*, TRAS y convencional, establecidos en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnología El Plantel, Managua.

Variables evaluadas	Descripción
Ancho del corno (cm)	Medido en el punto medio del corno con una regla milimetrada.
Largo del corno (cm)	Medido desde la base de la yema principal de crecimiento hasta la base del corno, con una regla milimetrada.
Peso del corno (kg)	Se evaluó individualmente el peso de cada corno utilizando una balanza de plataforma mecánica de 20 kg.
Número de cormelos (unidad)	Se contabilizó los cormelos totales por planta.
Peso de cormelos (kg)	Se registró el peso de cinco cormelos por planta en (kg).
Largo de cormelos (cm)	Medido desde el ápice a la base del cormelo, con una regla milimetrada.
Ancho de cormelos (cm)	Medido en el punto medio de cada cormelo, con una regla milimetrada.
Rendimiento estimado (t ha-1)	Se calculó para determinar la cantidad de cormelos que se obtendrían si estuvieran las 12,750 plantas en una hectárea con afectaciones de la enfermedad

$$Re = \frac{Nc * Pc * 12,750}{1,000 \text{ kg}}$$

Dónde:

Re: Rendimiento estimado (t ha-1)

Nc: Número promedio de cormelos por planta

Pc: Peso de cormelos por planta (g)

12,750: es el número de plantas por hectárea

1, 000 kg: kilogramos por tonelada

Rendimiento real (t ha-1)

Se calculó el rendimiento real por ha-1 considerando el porcentaje de sobrevivencia de plantas de cada tratamiento.

$$Rr = \frac{\%S * Re}{100}$$

Donde:

%S: porcentaje de sobrevivencia

Re: Rendimiento estimado

3.5.4. Potencial de reproducción de las plantas por técnica

Determinación del potencial como fuente de semilla para propagación convencional.

Se utilizó el peso promedio del cormo (g) de cada bloque por tratamiento y se dividió entre el peso de un trozo de cormo que se utiliza comúnmente como semilla convencional (150 g), el resultado se multiplicó por 0.7 (70 por ciento de porción de cormo utilizada como semilla). El número de secciones de cormo resultantes se multiplicó por el porcentaje de sobrevivencia de plantas en cada bloque y se sumaron para obtener el total de semilla potencial para propagación convencional para cada tratamiento.

Determinación del potencial como fuente de semilla para TRAS y establecimiento in vitro

Una vez cosechadas las plantas, se multiplicó el porcentaje de sobrevivencia de plantas por bloque en cada tratamiento por el promedio de número de yemas 9.52 del cultivar Nueva Guinea (Quequisque Lila) obtenido por García y Calero (2007), luego se realizó la suma de todos los bloques por tratamiento para determinar la cantidad de semilla potencial para propagación a partir de TRAS o para establecimiento *in vitro*.

3.6. Análisis de los datos

A los datos de las variables morfológicas se les realizó la prueba de normalidad de los datos basados en Shapiro Wilks y la prueba de la homogeneidad de la varianza de los residuos Levene, lo que indicó que no cumple con los supuestos en las variables.

A los datos de las variables de rendimiento, número y longitud de corno y cormelos, raíces sanas y afectadas se les realizó la prueba de normalidad de los datos basados en Shapiro Wilks y la prueba de la homogeneidad de la varianza de los residuos Levene, lo que indicó que si cumple con los supuestos en las variables. A estas variables se les realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar diferencias estadísticas entre las accesiones y la prueba de separación de medias para Tukey ($\alpha = 0.05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables morfológicas

Según el análisis de varianza no paramétricas (Kruskal Wallis) en altura de la planta, área foliar y diámetro de pseudotallo hubo diferencias estadísticas significativas en las tres evaluaciones realizadas y en número de hojas e hijos hubo diferencias estadísticas a los 67 y 214 dds (Anexo 12). Las plantas *in vitro* registraron rangos superiores en las variables morfológicas, en comparación a las plantas TRAS y convencional. A los 214 dds las vitroplantas registraron plantas con alturas promedio 78.99 cm, área foliar promedio 1,145.42 cm², diámetro de pseudotallo 9.86 cm y desarrollaron en promedio cuatro hojas y dos hijos (Figura 2).

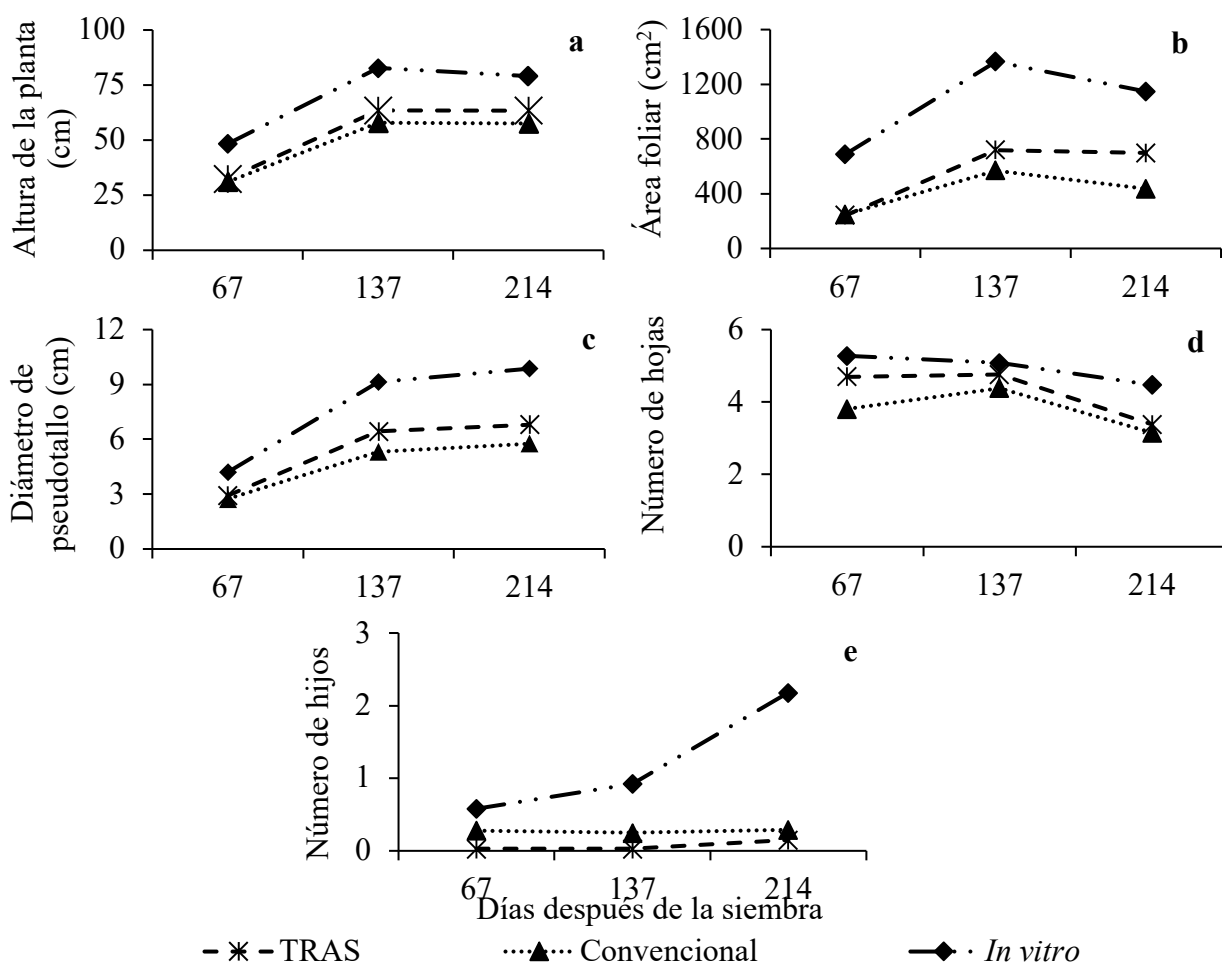


Figura 2. Promedios de altura de la planta (a), área foliar (b), diámetro del pseudotallo (c), número de hojas (d) número de hijos (e) de plantas de quequisque lila (*Xanthosoma violaceum* L. Schott) propagadas a partir de *in vitro*, TRAS y convencional, en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y potencial de reproducción establecido en el Centro de Experimentación y Validación El Plantel, 2019-2020.

La FAO (1994) indica que la altura de la planta está determinada por la altura de las hojas que varían de 1 a 2 m. Según Soto y Arze (1986) y Picado y Velásquez (2001) la altura está influenciada por el tamaño que presenta el material de siembra y el estado fitosanitario.

Las plantas del tratamiento *in vitro* presentaron plantas con mayor altura, área foliar y número de hojas e hijos, en cambio las plantas de los tratamientos TRAS y convencional presentaron rangos inferiores y similares en su tendencia de crecimiento. Estos resultados no coinciden con los resultados reportados por García y Acuña (2000), Acevedo (2001) y Maradiaga (2002) donde las plantas TRAS reportaron alturas promedio superior a las plantas *in vitro* y convencionales. El crecimiento avanzado que presentaron las plantas *in vitro*, fue debido al período de tres meses de aclimatización a las que fueron sometidas proporcionando una ventaja en los resultados obtenidos (Figura 2).

Según López *et al.* (1984) en la fenología del cultivo se puede distinguir tres fases o períodos. El primer periodo de crecimiento está comprendido entre los 80 a 90 días, en donde hay un lento crecimiento del follaje e inicia la brotación de los comerlos; el crecimiento acelerado de hojas y el máximo desarrollo foliar, ocurre en el segundo período de crecimiento en el cual se desarrolla a los 80 a 180 días. Según Lebot (2009) entre los periodos de 140 a 175 dds las plantas de quequisque alcanzan su máxima altura, para luego disminuir y la disminución progresiva del área foliar y de la altura de la planta coinciden con un aumento y abultamiento del cormo y de los cormelos; en el ensayo se observó una disminución de la altura, área foliar y el número de hojas en la última evaluación. Argüello (2001) indica que esta tendencia se manifiesta a causa del traslado de las sustancias de reserva de estos órganos a los cormelos, que crecen con rapidez a medida que decrece la materia seca en los pseudotallo. Según Maradiaga (2002) después de alcanzar la máxima área foliar y el decrecimiento de la misma, comienza la senescencia de la planta y el amarillamiento el follaje (Figura 3).

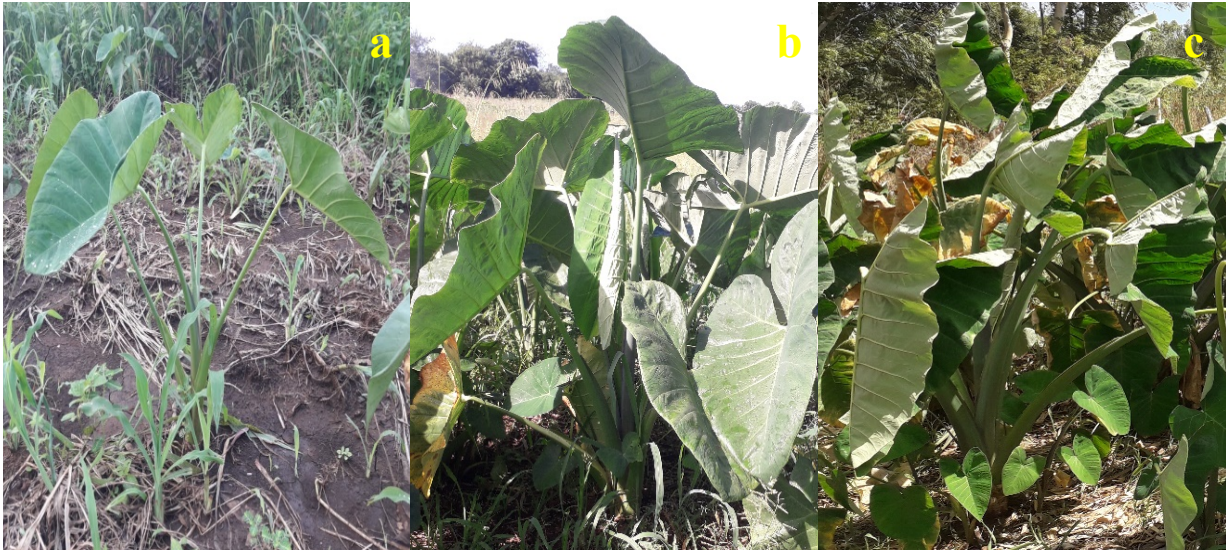


Figura 3. Desarrollo de plantas de quequisque del tratamiento propagación *in vitro* a los 45 (a), 112 (b) y 214 (c) dds, en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción de quequisque propagado *in vitro*, TRAS y convencional, establecidos en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019-2020.

Castillo (2000) sugiere que la variable diámetro de pseudotallo tiene una estrecha relación con la variable del corno principal. Según León (2000) la formación de la base de pseudotallo se realiza cuando las hojas se unen y dan una forma cilíndrica al mismo, las hojas externas al secarse y desintegrarse son remplazadas por nuevas en el centro de la planta, siendo un proceso repetitivo hasta formar una capa corchosa muy delgada. Lebot (2009) señala que la asimilación actual de los productos fotosintéticos de las nuevas hojas (después del quinto y sexto mes) se debe por la disminución del índice del área foliar y de la acumulación de la materia seca en el pseudotallo lo que produce el aumento de tamaño del corno y de los comerlos por el traslado de las sustancias de reserva. Los resultados de este estudio indican que las plantas *in vitro* sobrepasan en las variables morfológicas a las plantas de los tratamientos TRAS y convencional en cada uno de los registros realizados (67, 137 y 214 dds).

López *et al.* (1984) indican que la mayor emisión de hojas ocurre entre los 80 a 180 dds, coincidiendo con los resultados obtenidos porque el número de hojas se encuentra en este rango específico, en el periodo comprendido entre los 67 y los 137 dds se registró un aumento de 2 a 5 hojas en las plantas *in vitro* y TRAS, en cambio las plantas convencionales presentaron de 2 a 4 hojas. A los 214 dds el número de hojas declinó ya que estaba próximo a la cosecha, fue una tendencia en todos los tratamientos.

Según FAO (1994) los bulbos secundarios al surgir de las yemas axilares del cormo, estos suelen dar lugar a hijos alrededor de la planta principal. Lebot (2009) hace hincapié que estos hijos crean un efecto competitivo entre las plantas vecinas y una deformidad. Las plantas *in vitro* registraron mayor número de hijos que las plantas convencionales y TRAS. Lo que coincide con lo reportado por García y Acuña (2000) quienes señalan que en las plantas *in vitro* el ahijamiento es un elemento fenológico favorable pero no deseable, causado por las porciones restantes de reguladores de crecimiento que permanecieron en las células de las plantas *in vitro* sometidas a las condiciones de laboratorio. Las plantas convencionales registraron mayor número de hijos que las plantas TRAS, posiblemente se deba a que las plantas TRAS al ser seccionada en pequeñas porciones, solo contienen dos yemas como máximo, en cambio las plantas convencionales las secciones son de mayor tamaño lo que conlleva a mayor presencia de yemas y desarrollar mayor número de hijos.

4.2. Variables relacionadas con la presencia del mal seco

Las plantas *in vitro* registraron diferencias estadísticas significativas, obteniendo el mayor número de raíces sanas, seguido del tratamiento TRAS y convencional. En el número de raíces afectadas no hubo diferencias significativas. El número total de raíces en el tratamiento *in vitro* fue 85, superior a los demás tratamientos, en TRAS 57 y en convencional 45 (Figura 4; Anexo 13).

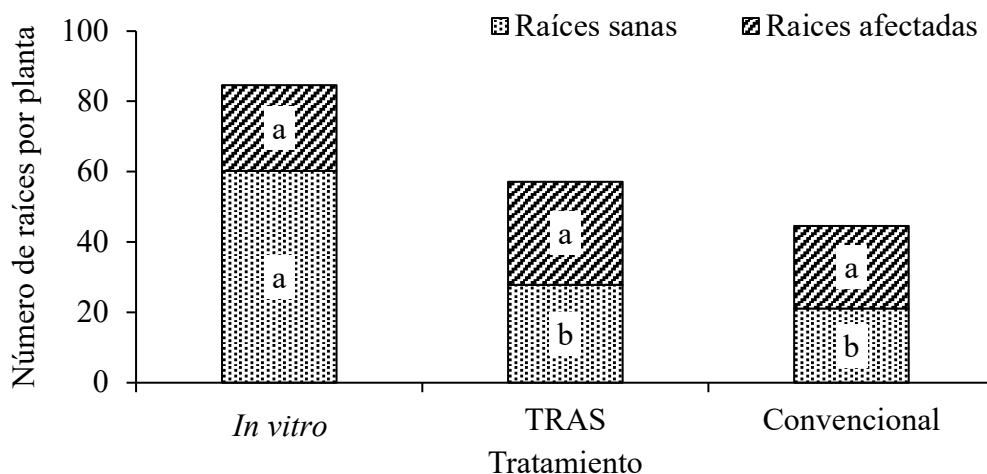


Figura 4. Promedio de número de raíces totales, sanas y afectadas evaluadas al momento de la cosecha de plantas de Quequisque Lila (*Xanthosoma violaceum* L. Schott) en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción de quequisque propagado *in vitro*, TRAS y convencional en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019-2020.

Según FAO (1994) el sistema radicular del quequisque es fibroso y superficial, surgiendo de las porciones inferiores del cormo. Reddy (2015) menciona que las raíces sanas son de color crema o rosa y turgentes, mientras que las raíces enfermas son oscuras y flácidas antes de la necrosis completa. López *et al.* (1984) indica que el quequisque produce entre 60 a 300 raíces en todo su ciclo de vida, el número de raíces sanas en las plantas del tratamiento *in vitro* registró un promedio de 60 raíces sanas y 84 raíces totales, en cambio las plantas de los tratamientos TRAS y convencional registraron 28 y 21 raíces sanas, respectivamente. Las raíces en las plantas de los tratamientos TRAS y convencional resultaron más afectadas por mal seco, el número de raíces afectadas superó al número de raíces sanas registradas en estos tratamientos (Figura 5).



Figura 5. Cormo con raíces y cormelos cosechados de plantas del cultivar de quequisque lila establecidas en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción del quequisque propagado *in vitro*, TRAS y convencional, en el Centro de Experimentación y validación de tecnología El Plantel, Managua, 2019-2020.

Los síntomas que presentaron las plantas (Figura 6) concuerdan con los descritos por Nzietchueng (1984) que son retraso en el crecimiento y amarillamiento de las hojas (cuando el ataque es brutal las semillas no germinan y si lo hacen tienen un crecimiento deficiente), el parásito al destruir las raíces jóvenes por medio de lesiones (que pueden ocurrir en cualquier parte de la raíz), provoca que el tejido se descomponga cambiando la tonalidad de las raíces de blancas a marrón y de marrón a negro, la raíz infestada al ser presionada todavía se presencia el cilindro central intacto; esto no permite una formación adecuada de las raíces y por consecuencia la planta tiene un crecimiento atípico. Acevedo y Navarro (2010) señalan que las plantas enfermas están concentradas en la producción de nuevas raíces para sustituir las viejas, y no se desarrolla correctamente el cormo y los cormelos y afectando drásticamente los rendimientos.



Figura 6. Afectaciones del mal seco eco a los 214 dds en plantas de quequisque, cultivar Quequisque Lila, en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción del quequisque propagado *in vitro*, TRAS y convencional en el Centro de Experimentación y validación de tecnología El Plantel, Managua, 2019-2020. a) planta sin hojas del tratamiento convencional; b) plantas con hojas afectadas del tratamiento TRAS, y c) cormo con afectaciones en la producción de raíces y cormelos del tratamiento TRAS.

La Figura 7 representa el porcentaje de sobrevivencia por tratamiento de las plantas de quequisque a los 186 dds. Las plantas *in vitro* registraron 86.51% de sobrevivencia, las plantas TRAS de 70.17% y las plantas propagadas convencionalmente de 46.43%.

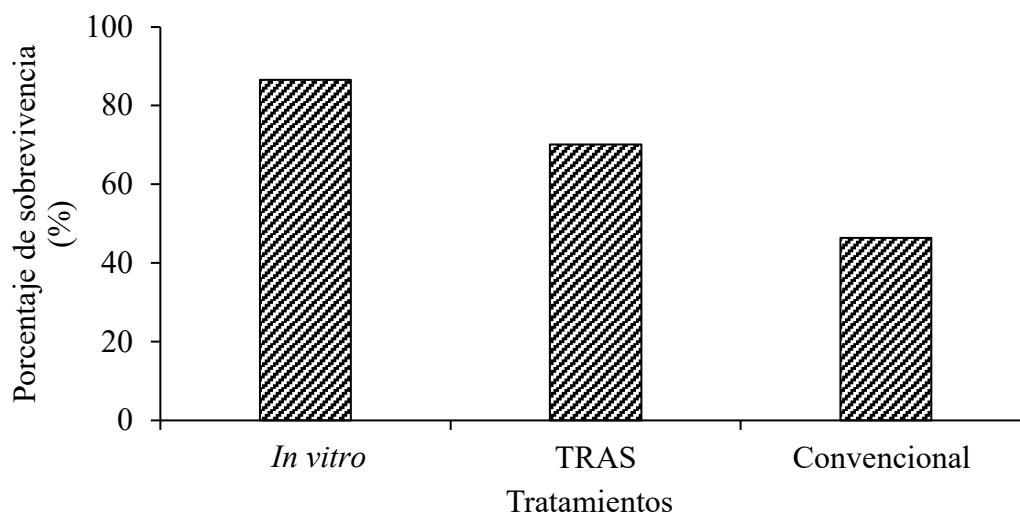


Figura 7. Porcentaje de sobrevivencia de plantas de quequisque en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción del quequisque propagado *in vitro*, TRAS y convencional en el Centro de Experimentación y validación de tecnología El Plantel, Managua, 2019-2020, a los 186 dds.

El menor porcentaje de sobrevivencia lo registró el tratamiento convencional (Figura 8; Anexo 14). El efecto del mal seco también se reflejó en las variables morfológicas evaluadas. Según Adiobo *et al.* (2007) *Pythium myriotylum* puede atacar en varias etapas de crecimiento de la planta, al infectar tempranamente al quequisque (etapa raíz emergente) induce retraso en su crecimiento y al infectar tardíamente (del quinto al sexto mes después de la siembra) reduce el número de raíces adventicias, causando clorosis y bajos rendimientos, lo que conlleva a que al cultivo se le dificulta la capacidad de absorción de agua y nutrientes del suelo, Acevedo y Navarro (2010) indican que el cormo utiliza sus reservas para su sobrevivencia y atrofiando la funcionalidad de los demás sistemas.



Figura 8. Afectaciones del mal seco en las plantas de quequisque establecidas en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción del quequisque propagado *in vitro*, TRAS y convencional en el Centro de Experimentación y validación de tecnología El Plantel, Managua, 2019-2020, a los 214 dds.

4.3. Variables de rendimiento

Las variables largo y peso de cormo y cormelos no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Se registraron diferencias significativas en el ancho del cormo y número de cormelos, donde el tratamiento *in vitro* fue superior estadísticamente. Los tratamientos TRAS y convencional fueron estadísticamente superiores en el ancho de comerlos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de varianza de las variables largo (cm), ancho (cm) y peso (kg) del cormo por planta, número, largo (cm), ancho (cm) y peso (kg) de cormelos por planta evaluados al momento de la cosecha a los 217 dds en el tratamiento *in vitro* y a los 316 días en los tratamientos TRAS y Convencional en la finca El Plantel, Managua, 2019-2020.

Tratamiento	Cormo			Número	Cormelos		
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso/planta (kg)		Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso/planta (kg)
<i>In vitro</i>	9.69 a	8.41 a	0.61 a	9.82 a	9.63 a	3.67 b	0.14 a
TRAS	9.57 a	7.79 ab	0.52 a	2.95 b	9.66 a	4.52 a	0.13 a
Convencional	8.67 a	7.15 b	0.60 a	1.33 c	8.17 a	4.49 a	0.10 a
p-valor	0.2115	0.0268	0.7668	<0.0001	0.1144	0.0002	0.0814
R ²	0.58	0.65	0.48	0.93	0.42	0.64	0.59
CV	13.54	11.96	52.16	25.06	17.99	10.79	0.38

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

Rojas (1998) plantea que la reducción del número de hojas como la pérdida del área foliar influye directamente en el rendimiento, las plantas del tratamiento *in vitro* obtuvieron el mayor número de hojas, mayor desarrollo de área foliar (1,365.11 cm²), y el mayor número de cormelos con 9.82. Las plantas TRAS desarrolló un área foliar de 718.33 cm², y produjeron en promedio 2.95 cormelos. Las plantas convencionales obtuvieron el menor número de hojas (4 hojas) y la menor área foliar (568.61 cm²) y 1.33 cormelos promedio por planta. Las plantas de los tratamientos TRAS y convencional se encuentran por debajo del valor expuesto por Onwueme y Charles (1994), los cuales señalan que el cultivo de quequisque puede llegar a producir entre 10 a más comerlos.

El largo y ancho de comerlo como menciona Picado y Velásquez (2001) son variables en donde no se emiten criterios o no se calculan en su totalidad, pero son componentes importantes en el rendimiento. Según García y Acuña (2000) las alteraciones de las dimensiones se deben a que las plantas al aumentar el número de hijos la extracción de nutrientes es proporcional al mismo, lo que ocasiona la disminución de las dimensiones del cormelo, como es el caso de las plantas *in vitro* las cuales registraron el mayor número de cormelos, pero sus dimensiones fueron inferiores en comparación al tratamiento TRAS.

P. myriotylum afectó la formación, desarrollo y producción de comerlos en el ensayo. Como indica Viennot-Bourgin (1964), citado por Nzietchueng (1984), el desarrollo del hongo puede coincidir cuando la planta es joven o comienzan a almacenar reservas o al iniciar la formación de comerlos, como resultado las plantas producen varios cormelos, pero no bien desarrollados.

La planta al ser infectada sobrevivirá de las reservas del cormo y se concentrará en la formación de nuevas raíces, lo que impacta en gran medida al rendimiento. Al atacar severamente a la planta provoca la muerte de la misma tal como puntualizan Acevedo y Navarro (2010); como es el caso de los resultados del presente estudio con las plantas TRAS y Convencional.

En el rendimiento estimado y real el tratamiento *in vitro* fue estadísticamente superior. En rendimiento estimado el tratamiento *in vitro* registró 11.83 t ha⁻¹, TRAS 6.35 t ha⁻¹ y convencional 3.48 t ha⁻¹. En rendimiento real, el tratamiento *in vitro* registró 10.2 t ha⁻¹, TRAS 4.56 t ha⁻¹ y convencional 1.95 t ha⁻¹ (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de la varianza del rendimiento estimado y rendimiento real al momento de la cosecha (217 y 319 dds) en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción del quequisque propagado *in vitro*, TRAS y convencional en el Centro de Experimentación y validación de tecnología El Plantel, Managua, 2019-2020.

Tratamiento	Rendimiento (t ha ⁻¹)	
	Estimado	Real
<i>In vitro</i>	11.83 a	10.20 a
TRAS	6.35 b	4.56 b
Convencional	3.48 b	1.95 c
p-valor	<0.0001	<0.0001
R ²	0.77	0.84
CV	39.79	38.77

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

Bradshaw (2010) establece que el potencial individual de cada planta o la densidad de la plantación del cultivo de quequisque son un parámetro para el aumento o disminución del rendimiento; el desarrollo anómalo en las plantas y el índice elevado de mortalidad de plantas en los tratamientos TRAS y convencional, trajo consigo una diferencia en los rendimientos en comparación con el tratamiento *in vitro*. Según Pérez (1998) el incremento en los rendimientos en las plantas *in vitro* es debido al rejuvenecimiento y al saneamiento al que las plantas son sometidas.

El rendimiento estimado y real del tratamiento *in vitro* superó al rendimiento promedio nacional reportado para el año 2018 (BCN, 2019) de 9.70 t ha⁻¹. Los rendimientos estimados y reales para los tratamientos TRAS y convencional están por debajo de la media nacional.

Según Ivancic y Lebot (2000) el rendimiento es un rasgo cuantitativo complejo que depende del genotipo, los factores ambientales y las interacciones Genotipo x Ambiente; y que su complejidad adicional, según Bradshaw (2010) proviene de la influencia sobre el rendimiento del tamaño, la naturaleza (planta madre versus retoño) y el estado sanitario de los materiales de siembra. Los resultados en el rendimiento real del tratamiento convencional demuestran lo devastadora que es el mal seco, con reducciones del rendimiento de hasta el 90-100% (Picado *et al.*, 2008; Adiobo, 2006), en este caso se utilizó para los tratamientos TRAS y convencional semilla proveniente de una plantación comercial en Río San Juan posiblemente contaminada con *P. myriotylum*, por lo que se obtuvo estos resultados en el rendimiento. Otro factor que influyó en la diseminación de hongo fue el encharcamiento causadas por el sistema de riego por aspersión y la planicie del terreno. El tratamiento *in vitro* no fue afectado en gran medida por la enfermedad solo se observó afectaciones en algunas de las raíces, ya que la semilla era un material clonal libre de enfermedades, y el área dispuesta en la finca El Plantel en donde se llevó acabo la etapa de campo era la primera vez que se establecía el cultivo de quequisque.

4.4. Potencial de reproducción de las plantas por técnica

Se estimó que del tratamiento *in vitro* se podría obtener 980 secciones para semillas convencional y 3,294 yemas para semilla TRAS y establecimiento *in vitro*. En el tratamiento TRAS se podría obtener 738 secciones para semillas convencional y 2,675 yemas para semilla TRAS y establecimiento *in vitro*. En el tratamiento convencional se podría obtener 536 secciones para semillas convencional y 1,771 yemas para semilla TRAS y para establecimiento *in vitro* (cuadro 6).

Cuadro 6. Potencial como fuente de propagación de semilla convencional y TRAS/*In vitro* proveniente de los tratamientos convencional, TRAS e *in vitro*.

Tratamiento	Potencial según tipo de semilla	
	Convencional	TRAS/ establecimiento <i>In vitro</i>
<i>In vitro</i>	980	3,294
TRAS	738	2,675
Convencional	536	1,771

En el tratamiento *in vitro* se obtiene mayor cantidad de semillas para uso convencional y TRAS/*in vitro* en comparación a los demás tratamientos, debido a que hay mayor porcentaje de sobrevivencia de plantas, por lo tanto, hay mayor cantidad de cormos que se pueden utilizar como semilla, Zok *et al* (1998) menciona que las plantas de *in vitro* tienen una tuberización

temprana y tienen gran potencial de semilla. Reyes *et al.* (2013) propuso un esquema de producción de semilla certificada de quequisque combinando plantas *in vitro* con TRAS (Anexo 15), debido a que el precio de producción de plantas *in vitro* es muy elevado para ser utilizadas en la producción comercial, se pueden utilizar los cormelos e hijos de estas plantas incrementado el potencial de semilla, García y Calero (2007) mencionan que se pueden obtener hasta 31.42 yemas totales/plantas al incluir el corno, comerlos e hijos de plantas *in vitro*, extraídas utilizando la TRAS.

En el tratamiento *in vitro* se reflejó menor presencia de mal seco, por lo que puede ser utilizada como fuente de semilla para el próximo ciclo de cultivo. Reyes *et al.* (2008), recomiendan que para plantas con reproducción vegetativa el uso del material de siembra debe ser libre de enfermedades. Nzietchueng (1984) menciona que el mal seco se disemina a través del material de propagación y los tratamientos convencionales y TRAS presentaron síntomas de la enfermedad que se reflejaron en el porcentaje de sobrevivencia de plantas y el rendimiento.

Saavedra y Reyes (2012) exponen que la ineficacia de los fungicidas en la desinfección de la semilla, la falta de semilla de calidad y la desaparición del cultivo en varias zonas del país, es un factor determinante a la hora de tratar de encontrar soluciones viables para que los pequeños productores no sigan propagando la enfermedad. El uso de plantas *in vitro* es la alternativa más viable para evitar más la diseminación de la enfermedad y el traspaso de la frontera agrícola y evitar la contaminación de los suelos. La propagación TRAS, es viable para seguir en la cadena de producción de plantas libres del mal seco, permitiendo en espacios reducidos la obtención de mayor cantidad de semillas por medio de las yemas, siempre y cuando, el proceso de propagación sea a partir de plantas sanas sin síntomas de mal seco, que provengan de plantas *in vitro* y que sean establecidas en áreas sin antecedentes de enfermedades.

V. CONCLUSIONES

- Las plantas propagadas de forma *in vitro* presentaron mayor altura, diámetro de pseudotallo, área foliar, número de hojas e hijos en comparación con las plantas propagadas por la técnica de reproducción acelerada de semilla y técnica de propagación convencional.
- El tratamiento *in vitro* registró el mayor número de raíces sanas, porcentaje de sobrevivencia y rendimiento lo que muestra menos afectaciones de mal seco en comparación a los tratamientos propagadas por la técnica de reproducción acelerada de semilla y técnica de propagación convencional.
- Las plantas del tratamiento *in vitro* en las variables ancho del cormo, número de cormelos y rendimiento estimado y real fueron estadísticamente superiores a las plantas de los tratamientos técnica de reproducción acelerada de semilla y técnica de propagación convencional.
- El potencial de los cormos del tratamiento *in vitro* como fuente de propagación de semilla convencional y de reproducción acelerada de semilla o *in vitro* fue superior a los tratamientos propagadas por la técnica de reproducción acelerada de semilla y técnica de propagación convencional y puede ser utilizada como fuente de semilla por poseer mejor calidad fitosanitaria y de rendimiento.

VI. RECOMENDACIONES

- Establecer plantaciones de quequisque con plantas *in vitro* para producción de semilla sana en áreas no tradicionales y sin antecedentes del mal seco.
- Las plantas *in vitro* complementado con la técnica de reproducción acelerada de semilla puede ser utilizada como una alternativa en la producción de semilla quequisque de calidad.
- Desinfectar el material de siembra en plantaciones comerciales de quequisque para disminuir la diseminación del mal seco.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo Chávez, L.N. 2001. Comportamiento de dos cultivares clonales de quequisque (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott) obtenidas a través de dos técnicas de propagación, establecidas en condiciones de Yolaina, municipio de Nueva Guinea. Tesis. Ing. Agro. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 46 p. Consultado 28 de junio 2020. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf30a174.pdf>
- Acevedo Rivera, J.A. y Navarro Matute, E.R. 2010. Efecto del mal seco (*Pythium myriotylum* Dreschs) en campo y sombreadero sobre la agromorfología de 15 acciones de quequisque (*Xanthosoma* spp.), desarrollo de síntomas y detección microbiológica. Tesis. Ing. Agro. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 50 p. Consultado 24 de septiembre 2020. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnh20a174.pdf>
- Adiobo, A. 2006. Biological control of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott) root rot disease caused by *Pythium myriotylum* Dreschl: importance of soil organic matter content and cultural practices. Doctoral thesis applied Biological Sciences: Agricultural Sciences. 181 P.
- Adiobo, A.; Oumar, O.; Perneel, M.; Zok, S.; & Hofte, M. 2007. Variation of Pythium-induced cocoyam root rot severity in response to soil type. *Soil Biology & Biochemistry* 39, 2915-2925.
- Agueguia, A. 1993. Non-destructive estimation of leaf area in cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). *J. Agronomy & crop science* 171, 138-141.
- Argüello Woo, A.I. 2001. Comportamiento agronómico de dos cultivares clonales de quequisque (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott), en condiciones de Yolaina, Nueva Guinea, Primera 200-2001. Tesis. Ing. Agro. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 51 p. Consultado 30 de junio 2020. Disponible en: <http://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/1799>
- Banco Central de Nicaragua (BCN). 2019. Plan Nacional de Consumo y Comercio: Ciclo 2019-2020. 67 p. Consultado de 30 septiembre 2020. Disponible en: https://www.lavozdelsandinismo.com/wp-estaticos/2019/05/PPCC-2019-2020_100519.pdf
- Bradshaw, J.E. 2010. Taro and Cocoyam. In *Root and Tuber Crops*. Springer New York Dordrecht Heidelberg London. pp. 149-172.
- Food Agricultural Organization (FAO). 1994. Section D: Edible Aroids. In *Tropical root and tuber crop: Production, perspectives and future prospects*. Roma, Italy. pp. 144-167.
- Castillo Lara, J.L. 2000. Comportamiento de dos cultivares clonales de quequisque (*Xanthosoma* sp. (L.) Schott), en condiciones del REGEN-UNA, Managua, Postrera 99-00. Tesis. Ing. Agro. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 43 p. Consultado 24 de junio 2020. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/1777/1/tnf02c352.pdf>
- García Altamirano, A.M. y Acuña Ríos, E.S. 2000. Comportamiento en condiciones de Masaya de plantas de quequisque (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott), cultivar Masaya, obtenidas

- de tres técnicas de propagación. Tesis. Ing. Agro. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 40 p. Consultado 24 de septiembre. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/1793/1/tnf02g216.pdf>
- García Loáisiga, R.S. y Calero Gutiérrez, H.A., 2007. Producción acelerada de semilla de dos cultivares de quequisque (*Xanthosoma* spp.) a partir de plantas *in vitro* en la zona de Quilalí, Nueva Segovia. Tesis. Ing. Agro. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 48 p. Consultado 24 de Julio 2020. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf03g216.pdf>
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2000. Cultivo de quequisque. NI, INTA (Guía tecnológica 24). 21 p.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). 2020. Dirección de meteorología, datos de parámetros climatológicos de las precipitaciones y temperaturas medias de Guanacastillo, Masaya, Nicaragua.
- Ivancic, A. & Lebot, V. (2000) Taro (*Colocasia esculenta*): Genetics and Breeding. Collection 'Repères', CIRAD, Montpellier, France.
- Lebot, V. 2009. Section IV: ARIODS. In Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yams and aroids. Crop production and sciences horticulture, 17, 298-381.
- León, J. 2000. ARALES: Aráceas: Yautía, Tiquisque, Malanga, *Xanthosoma* spp. En Botánica de los cultivos tropicales. San Jose, CR. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). pp. 399-400.
- López Rosales, R.C. 2002. Producción de plantas libres de virus y morfogénesis indirecta a partir del cultivo de meristemo de tres genotipos de quequisque (*Xanthosoma sagittifolium* (L) Schott. Tesis. Ing. Agro. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 42 p. Consultado 10 de septiembre 2020. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf301864p.pdf>
- López Zada, M.; Vásquez Becalli, E. y López Fletes, F. 1984. Malanga. En Raíces y tubérculos. Pueblo y educación, Universidad Central de las Villas, Cuba. pp. 112-179.
- Maradiaga Parriles, A.J., 2002. Comportamiento agronómico de plantas del clon de quequisque Nueva Guinea (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott), reproducidas a través de dos técnicas de propagación en condiciones de El Viejo, Chinandega. Tesis. Ing. Agro. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 53 p. Consultado 13 de junio 2020. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf02m298.pdf>
- Murashige, T. & Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiologia plantarum, 15(3): 473-497.
- 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-Africa Branch held in Douala, Cameroon, 14-19 Aug. 1983. IDRC, Ottawa, ON, CA.
- Onwueme, I.C. & Charles, W.B. 1994. Cultivation of cocoyam. In: Tropical root in tuber crops. Production, perspectives and future prospects. FAO plant production and protection paper

- 126, Rome, pp. 139-161.
https://books.google.com.ni/books?hl=es&lr=&id=vHprLAOlOkYC&oi=fnd&pg=PA1&ots=py-v315cSm&sig=eIEoGZgTzLD4Hd-jgdrITmA6XzU&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Pérez Ponce, J.N. 1998. Generalidades del cultivo *in vitro*. En: Propagación y mejora genética de plantas por biotecnologías. pp. 13-22.
- Picado Reyes, F.A. y Velasquez González, J.C. 2001. Comportamiento de tres cultivares clonales de quequisque (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott) en condiciones de Pacayita, Masaya, Primera 2000-2001. Tesis. Ing. Agro. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 54 p. Consultado 24 de junio 2020. Disponible en: <http://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/1815>
- Picado, I.; Tambong, J.T.; Saborío, F.; & Gomes, L. 2008. Phylogenetic relationships between *Pythium myriotylum* isolates from cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) and *P. myriotylum* 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.
- Reddy, P.P. 2015. Tannia, *Xanthosoma sagittifolium*. In Plant protection in tropical root and tuber crops. New Delhi: Springer India. pp. 304-312.
- Reyes Castro, G. y Aguilar Maradiaga, M. 2005. Reproducción acelerada de semilla de quequisque (*Xanthosoma* spp) y malanga (*Colocasia* spp). Ed. F. Alemán. NI, Universidad Nacional Agraria. 11 p. (Guía Técnica 8). Consultado de 11 septiembre 2019. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/Textos/nf03r456.pdf>
- Reyes Castro, G.; Rivers Carcache, E.; López, R.; García Loáisiga, R.; y Calero, H. (2008) Producción, comportamiento agronómico y uso de vitroplantas sanas en la producción de semilla de quequisque (*Xanthosoma sagittifolium*; *X. violaceum* (L.) Schott). La Calera, 8 (11). pp. 39-47. Consultado de 04 de agosto 2020. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/2305/4/ppf02r456.pdf>
- Reyes, G.C.; Corea, H.G. y Guatemala, T.V. 2013. Guía de manejo agronómico del quequisque en Nicaragua. Managua, NI. 24 p. Consultado de 11 septiembre 2019. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01R457g.pdf>
- Rojas, C.R. 1998. Reproducción de semilla limpia de tiquisque blanco y morado a partir de plántulas *in vitro*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. MAG. CR. 39 p.
- Saavedra Montano, D. y Reyes Castro, G. 2012. Prospección tecnológica para el manejo de mal seco en quequisque. 5 p.
- Saborío, F.; Umaña, G.; Solano, W.; Amador, P.; Muñoz, G.; Valerin, A.T.; Torres, S.; & Valverde, R. 2004. Induction of genetic variation in *Xanthosoma* spp. In Genetic improvement of under-utilized and neglected crops in low income food deficit countries through irradiation and related techniques. FAO- IAEA. pp. 143-154.

- Salazar, S. 1991. Micropropagación de aráceas comestibles. En: Cultivo de tejidos en la agricultura. Fundamentos y Aplicaciones. Ed. Wiliam M. Roca y Luis A. Mroginski. CO. 469-480 p.
- Sequeira Orozco, M.I. y Silva Mendoza, Z.T. 2010. Manejo de mal seco (*Pythium myriotylum*) en quequisque (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott) mediante la siembra tardía, control de arvenses, enmiendas orgánicas y Trichoderma spp. En Nueva Guinea, Nicaragua. Tesis. Ing. Agro. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 46 p. Consultado 30 de junio 2020. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnh20s480.pdf>
- Soto, J.A. y Arze, J.A. 1986. Variabilidad en las poblaciones de tiquisque morado (*Xanthosoma violaceum*) en relación con el material de propagación. II. Peso, prebrotación y seccionamiento del propágulo. Turrialba, CR. 36(1): 81-90. Consultado de Julio 2020. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0785e/A0785e01.pdf#page=82>
- Tambong, J.T.; Sapra, V.T.; & Garton, S. 1998. *In vitro* induction of tetraploids in cochicine-treated cocoyam plantlets. Euphytica, 104: 191-197.
- Valverde, R.; Gómez, L.; Saborío, F.; Torres, S.; Arias, O. & Thorpe, T. 1996. Field evaluation of Dasheen Mosaic Virus Free cocoyam plant produced by *in vitro* techniques.
- Viennot-Bourgin, G. 1964. Interactions entre les champignons parasites telluriques et les autres organismes composants de la rhizosphère. Paris, France, Institut national agronomique de Paris (mimeo).
- Zeledón Mairena, M.A. 2006. Organogénesis directa y embriogénesis indirecta en el cultivo *in vitro* de quequisque (*Xanthosoma sagittifolium* (L) Schott), cultivar blanco. Tesis. Ing. Agro. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 88 p. Consultado de 11 septiembre 2019. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf62z49.pdf>
- Zok, S.; Sama, A.E.; Nyochempeng, L.; Tambong, J.T.; Ndzana, X.; & Wutoh, J.G. 1998. Culture *in vitro* et multiplication rapide de plantes à tubercules et racines au Cameroun. Dans: Cahiers Agricultures, 7: 63-66.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Llenado de bolsas plásticas de polietileno con sustrato Compost y Kekkila y establecimiento siembra de vitroplantas de quequisque en el sombreadero de REGEN-UNA, 2019.



Anexo 2. Aclimatización de vitroplantas de quequisque en el sombreadero perteneciente al REGEN-UNA a los 58 (a), 84 (b) y 100 (c) dde, 2019.



Anexo 3. Traslado de vitroplantas del sombreadero (a) hacia el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel (b) a los 105 dde.



Anexo 4. Establecimiento y aclimatización de plantas propagadas por la técnica de reproducción acelerada de semilla en canteros del Laboratorio de Cultivo de Tejidos de la UNA a los 0 (a), 20 (b) y 44 (c) dde, 2019.



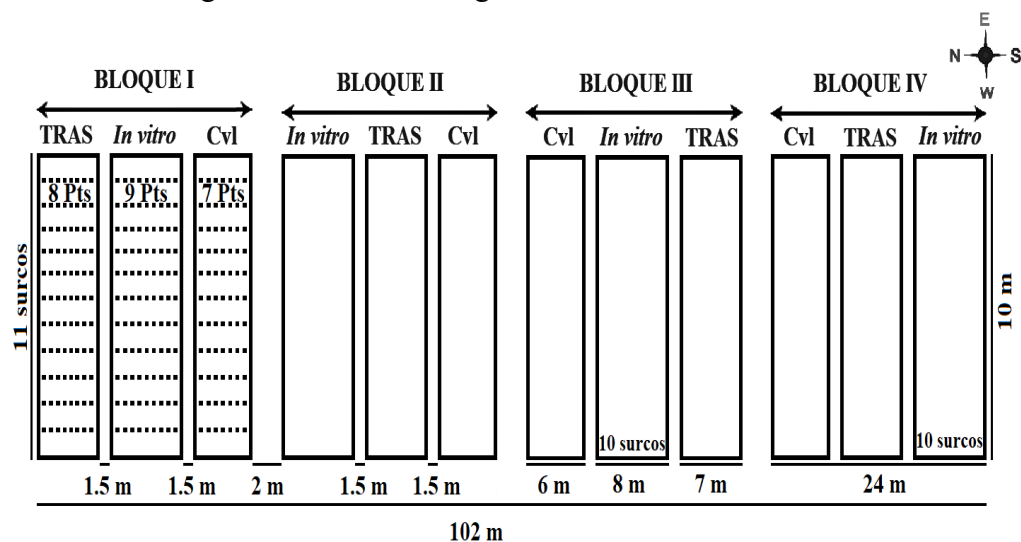
Anexo 5. Traslado de plantas propagadas por técnica reproducción acelerada de semilla del cantero (a y b) hacia el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel (c) a los 47 dde.



Anexo 6. Propagación convencional de cormos en campo, en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019.



Anexo 7. Plano de campo del experimento establecido en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019-2020.



Anexo 8. Área donde se estableció las plantas propagadas a partir de in vitro, TRAS y convencional en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019.



Anexo 9. Sistema de riego por aspersión establecido en el área del ensayo, en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019-2020.



Anexo 10. Manejo de arvenses, aporque y fertilización realizados en el cultivo de quequisque a los 73 dds, en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019-2020.



Anexo 11. Cosecha de del cormo (a) y cormelos (b) tratamiento *in vitro* a los 217 dds y los tratamientos TRAS y convencional a los 316 dds en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019-2020.



Anexo 12. Análisis de varianza no paramétrica (Prueba de Kruskal Wallis) de altura de la planta (cm), área foliar (cm²), diámetro de pseudotallo (cm) y número de hojas e hijos evaluadas a los 67, 137 y 214 dds en el ensayo de evaluación de la morfología, rendimiento y el potencial de reproducción del quequisque propagado *in vitro*, TRAS y convencional, establecidos en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnología El Plantel, Managua.

Tratamientos	Altura de la planta (cm)			Área foliar (cm ²)			Diámetro de pseudotallo (cm)			Número de hojas			Número de hijos		
	67	137	214	67	137	214	67	137	214	67	137	214	67	137	214
<i>In vitro</i>	48.34 a	82.78 a	78.99 a	688.49 a	1365.11 a	1145.42 a	4.2 a	9.12 a	9.86 a	5.28 a	5.08 a	4.47 a	0.58 a	0.92 a	2.18 a
TRAS	32.51 b	63.50 b	63.47 b	240.61 b	718.33 b	697.86 b	2.92 b	6.42 b	6.79b	4.7 b	4.76 a	3.38 b	0.03 a	0.03 a	0.29 b
Convencional	31.06 b	57.89 b	57.65 b	248.01 b	568.61 b	434.82c	2.74 b	5.31c	5.76 b	3.8 c	4.38a	3.15 b	0.28 a	0.25a	0.15b
p-valor	<0.0001	<0.0001	0.0037	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.1134	<0.0001	0.0209	>0.9999	0.0209

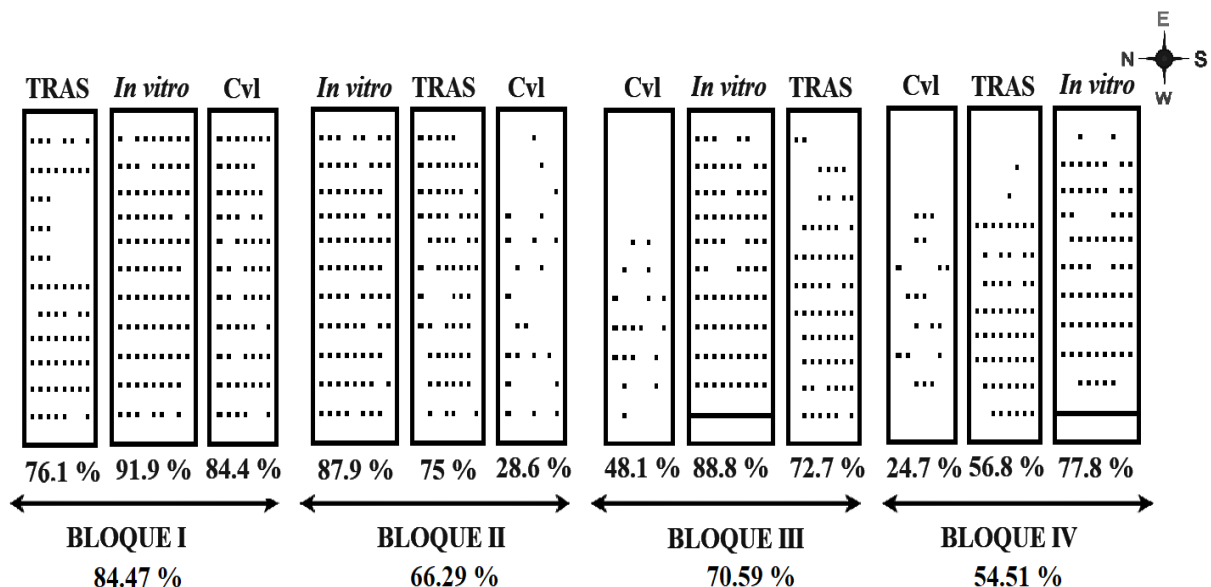
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 13. Análisis de varianza del número de raíces sanas y número de raíces afectadas evaluadas al momento de la cosecha de plantas de quequisque lila (*Xanthosoma violaceum* L. Schott) propagadas a partir de *in vitro*, TRAS y convencional, en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019-2020.

Tratamiento	Raíces sanas	Raíces afectadas
<i>In vitro</i>	60.32 a	24.28 a
TRAS	27.87 b	29.30 a
Convencional	21.13 b	23.38 a
P-valor	<0.0001	0.0542
R ²	0.71	0.71
CV	37.93	21.94

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

Anexo 14. Distribución por tratamiento y bloque del porcentaje de plantas sobrevivientes de quequisque registradas en el ensayo a los 186 dds propagados a partir de *in vitro*, TRAS y convencional al momento de la cosecha, en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnologías El Plantel, Managua, 2019-2020.



Anexo 15. Esquema de uso de la técnica de reproducción acelerada de semilla partiendo de vitroplantas libres de principales plagas y enfermedades (Reyes *et al.*, 2013).

