



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

**Efecto de tipos de semilla asexual y
fertilización sobre la morfología y
rendimiento del cultivo de quequisque
(*Xanthosoma violaceum* (L). Schott)
Managua, 2021**

Autores

**Br. Geldin Eskerlill Castellano González
Br. Ballardó José Benítez Castellón**

Asesores

**MSc. Rosario del Socorro García Loáisiga
MSc. Heedy Guadalupe Corea Narváez
PhD. Guillermo del Carmen Reyes Castro**

**Managua, Nicaragua
Diciembre, 2021**





“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

**Efecto de tipos de semilla asexual y
fertilización sobre la morfología y
rendimiento del cultivo de quequisque
(*Xanthosoma violaceum* (L). Schott)
Managua, 2021**

Autores

**Br. Geldin Eskerlill Castellano González
Br. Ballardo José Benítez Castellón**

Asesores

**MSc. Rosario del Socorro García Loáisiga
MSc. Heedy Guadalupe Corea Narváez
PhD. Guillermo del Carmen Reyes Castro**

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

**Managua, Nicaragua
Diciembre, 2021**



Hoja de aprobación del Tribunal Examinador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador 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
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1. Generalidades del cultivo de quequisque	4
3.2. Morfología y taxonomía del cultivo del quequisque	4
3.2.1. Taxonomía del quequisque	4
3.2.2. Morfología del quequisque	4
3.3. Importancia del cultivo de quequisque	4
3.4. Propagación del cultivo del quequisque	5
3.5. Reproducción de plantas de quequisque <i>in vitro</i>	5
3.6. Característica de corno y cormelo del quequisque	5
3.6.1. El corno de la planta de quequisque	5
3.6.2. El cormelo del quequisque	6
3.7. Enfermedad mal seco en quequisque	6
3.8. Fertilización del cultivo del quequisque	6
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	7
4.1. Ubicación del estudio	7
4.2. Condiciones climáticas	7
4.3. Material vegetal	8
4.4. Diseño metodológico	8
4.5. Manejo agronómico	8

4.5.1. Preparación del suelo	8
4.5.2. Siembra	8
4.5.3 Fertilización	9
4.5.4. Aporque	10
4.6. Variables evaluadas	10
4.6.1 Variables morfológicas	10
4.6.2. Variables de rendimiento	11
4.7. Recolección de datos	11
4.8. Análisis de datos	11
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
5.1. Variables morfológicas	13
5.2. Variable de rendimiento	18
5.2.1. Separación de medias de Duncan según el tipos de semilla asexual	18
5.2.2. Separación de medias tipos de fertilizante según Duncan	19
VI. CONCLUSIONES	23
VII. RECOMENDACIONES	24
VIII. LITERATURA CITADA	25
IX. ANEXOS	29

DEDICATORIA

Dios el dueño del universo por haber permitido alcanzar con éxito esta etapa importante de mi vida.

A mí mismo por que puedo y me lo merezco, “el que puede puede y el que no critica”, a pesar de muchas dificultades logré mi meta, con mucha dedicación, empeño, perseverancia y responsabilidad los sueños si se cumplen.

A mi madre Mariana de Jesús González, mi padre Alvin Munguía Castellano que con mucho sacrificio y limitantes económicas nunca me dejaron solo en este camino. El amor incondicional de ellos me acompañó hasta el último día en este proceso que no fue fácil, pero jamás imposible, este éxito es ejemplo que una familia unida se puede lograr cumplir cada una de las metas que uno se propone.

A mi hermanito Alvin Josué Munguía por ser incondicional y demostrarme un cariño sincero, apoyándome hasta alcanzar esta meta.

Mi hermana Neysi González y mi sobrino Janiel Miranda por apoyarme con sus consejos que fueron fundamental en este proceso motivándome a seguir con fuerza cada día hasta culminar este proceso de formación profesional.

Br. Geldin Eskerlill Castellano González

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico con todo mi amor a mi padre y mejor amigo Dios, por darme aliento, sabiduría y gracia para terminar con éxito mi investigación.

A la memoria de mi abuelo Ballardo de Jesús Castellón, quien con sus consejos me animó en este campo de estudio y durante este proceso me apoyo incondicionalmente. La fe y disciplina de mi abuelo durante sus últimos años de su vida, me dieron una escuela de aprendizaje del significado del amor y la bondad. Vivió su vida en entrega a su familiares y amigos necesitados. Sus palabras que resuenan en mi corazón me dieron fuerza para terminar mi investigación.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi abuela, mis. padres y hermanos, por apoyarme cuando más los necesite con su amor y consejos constantemente, por llenar mi vida con sueños y metas de superación.

Br. Ballardo José Benítez Castellón

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por darme la fuerza, salud, sabiduría y amor para poder culminar mis estudios universitarios.

A mis padres que han sido el pilar fundamental para poder culminar mis estudios sin la ayuda de ellos esto no hubiera sido posible. A mi hermano, hermana y sobrino por ser la inspiración del alcanzar mi meta.

A mis mejores asesoras y amigas MSc. Rosario García y MSc. Heeidy Corea por confiar en nuestro potencial y permitir trabajar juntos, por su apoyo incondicional, por brindarnos una asesoría única y de calidad para hasta el último momento, me siento feliz y contento de haber compartido este proceso con estas grandes personas.

A mi compañero de tesis, Ballardo Benítez Castellón por ser un buen amigo e incondicional con quien pude compartir muchos momentos y conocimientos, por apoyarme con sus consejos, por su confianza brindada y haber aceptado desarrollar conmigo este tema.

A la Ing. Mercedes González Valdivia y su familia por acogerme y hacerme sentir como su hijo desde que la conocí, su apoyo incondicional me lo ha demostrado en todo momento, por brindarme confianza, amor, y consejos esto se resume en motivación a seguir luchando por mis metas hasta lograr alcanzar el éxito poniendo en prácticas valores aprendidos por mis padres.

A las profesoras Mercedes Ordoñez, Martha Moraga, por ser parte de mi formación desde el primer año de mi carrera. Al MSc. Álvaro Benavides por su apoyo en la realización de los análisis estadísticos que fueron fundamental en nuestro estudio.

A mis amigos Wesling, fajardo, Iván Ortiz, Elizabeth Lackwood, Vilma Altamirano, Jael Meza y Lemuel Garay por compartir sus conocimientos, amistad, consejos y estar estos años juntos en momentos difíciles y de alegrías apoyándonos siempre. “Las amistades son únicas”.

Br. Geldin Eskerlill Castellano González

AGRADECIMIENTO

Gracias a mi Dios por darme sabiduría, fuerzas y disciplina para lograr terminar mi carrera, por llenarme de amor y valentía para estar firme ante esta travesía.

Agradezco a mi padre Juan Benítez y mi madre Marina Castellón por su arduo trabajo, dedicación, amor a mi vida y paciencia, en este proceso de estudio, para poder lograr mis sueños.

A mi abuela Julia Paz por creer en mi aun cuando muchos dudaron en que podía lograrlo. A mi hermana y hermano por su cariño, apoyo, en los momentos difíciles y de alegría.

A mis profesoras y asesoras MSc. Heedy Corea y MSc. Rosario García quien desde el primer momento confiaron en mi para realizar esta investigación brindándome su conocimiento, amistad y apoyo.

Agradezco también a mi compañero de tesis Geldin Castellano quien se distingue por su estudio, dedicación y perseverancia en los momentos difíciles, que fue fundamental para poder lograr con éxito este trabajo de investigación.

Quiero expresar un sincero agradecimiento al MSc. Álvaro Benavides por su apoyo en el análisis de datos, dando oportunidad a una mejor explicación de los resultados de esta investigación, agradezco cordialmente a la Ing. Mercedes González por sus consejos y apoyo incondicional para mi formación profesional.

Y por supuesto a mis queridos amigo Dennis Martínez, Luis Martínez, Lester y Lemuel Garay, por su amistad incondicional, gracias por su paciencia y acompañamiento en mi carrera universitaria

Br. Ballardo José Benítez Castellón

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Factores y niveles establecidos en el ensayo efecto de tipos de semilla asexual y fertilización sobre la morfología y rendimiento del cultivo de quequisque (<i>Xanthosoma violaceum</i> (L.) Schott).	8
2.	Tipo de fertilización, fertilizante utilizado, composición química, dosis y momento de la aplicación utilizado en el cultivo de quequisque.	10
3.	Variables morfológicas se evaluaron a los 93, 191 y 261 días después de la siembra en el ensayo de quequisque ubicado el centro de experimentación y validación de tecnología El Plantel	10
4.	Variables de rendimiento evaluadas al momento de la cosecha en ensayo de cultivo de quequisque ubicado el centro de experimentación y validación de tecnología El Plantel, 2021	11
5.	Valores de la probabilidad de ocurrencia de la hipótesis nula (Ho) de un análisis de varianza de un Bloque completo al azar con parcela en franja correspondiente a las variables altura de la planta y diámetro de pseudotallo de segunda generación de vitroplantas de quequisque a los 93, 191 y 261 días después de la siembra.	13
6.	Valores de la probabilidad de ocurrencia de la hipótesis nula (Ho) de un análisis de varianza de un modelo en parcela en franja correspondiente a la variable número de hojas de la planta y área foliar de segunda generación de vitroplantas de quequisque a los 93, 191 y 261 días después de la siembra.	14
7.	Valores de probabilidad de la ocurrencia de la hipótesis nula (Ho) de un análisis de varianza de bloques completo al azar con modelo en parcelas en franja del largo, ancho y peso de cormo, raíces sanas y afectadas, número de cormelos y rendimiento según los factores semilla y fertilización e interacción semilla*fertilizante evaluados el día de la cosecha a los 301 días después de la siembra en el centro de experimentación y validación de tecnología El Plantel en el periodo, 2021.	18
8.	Separación de medias según Duncan de las variables largo (cm), ancho (cm) y peso (g) de cormo, raíces sanas y afectadas, número de cormelo y rendimiento ($t\ ha^{-1}$), según los tipos de semillas (cormo y cormelo) en el centro de experimentación y validación El Plantel, 2021.	19
9.	Separación de medias de las variables largo (cm), ancho (cm) y peso (g) de cormo, raíces sanas y afectadas, número de cormelos y rendimiento ($t\ ha^{-1}$), según el tipo de fertilizante químico, foliar y testigos evaluados al momento de la cosecha a los 301 días después	20

de la siembra, en el centro de experimentación y validación de tecnología El Plantel, 2021.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), precipitación acumulada (mm), de los meses de julio del 2020 hasta el mes de mayo de 2021, de tiempo del desarrollo del ensayo de Efecto de tipos de semilla asexual y fertilizantes sobre la morfología y rendimiento del cultivo de quequisque.	7
2.	Semilla utilizada en la siembra del cultivo de quequisque en el Centro de experimentación y validación de tecnología El Plantel 2020-2021 (a) ancho y largo del cormo (b) ancho del cormelo (c) largo del cormelo.	9
3.	Promedios de altura de planta (a), diámetro del pseudotallo (b), Número de hojas (c) y Área foliar (d) de plantas de quequisque Lila (<i>Xanthosoma violaceum</i> L. Schott) provenientes de semillas de segunda generación de vitroplantas utilizando fertilizante sintético, orgánico/ foliar y testigo, evaluadas a los 93, 191 y 261 días después de la siembra y establecidas en el centro de experimentación y validación de tecnología El Plantel, 2020-2021.	15
4.	Promedio de altura de planta (cm), diámetro del pseudotallo (cm), área foliar (cm ²), y número de hojas de plantas de quequisque Lila (<i>Xanthosoma violaceum</i> L. Schott) provenientes de semillas (cormo y cormelo) de segunda generación de vitroplantas a los 93, 191 y 261 días después de la siembra establecida en el Centro de experimentación y validación de tecnología El Plantel, 2020-2021.	16
5.	Cormos y cormelos cosechados según tipos de semilla (a)cormo sintético (b)cormelo sintético evaluados los 301 días después de la siembra en el centro de experimentación y validación de tecnología El Plantel, Managua 2020-2021	19
6.	Cormos y cormelos cosechados según tipo de fertilización (a) cormo testigo, (b) cormelo sintético y (c) cormelos orgánico/foliar evaluados al momento de la cosecha a los a los 301 días después de la siembra, en el centro de experimentación y validación de tecnología El Plantel, 2021	20

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1.	Descripción del área del ensayo donde se muestra las franjas con los factores tipo de semilla y factor tipo fertilizante.	29
2.	Fertilizante foliar (a)enraizador (b) Activador de floración y (c) Engordador de frutos.	29
3.	Manejo de arvenses (a), aporque(b) en el cultivo realizado en el cultivo de quequisque a los 90 días después de la siembra, ubicado en el Centro de Experimentación y Validación y Tecnología El Plantel, Managua, 2020-2021.	30
4.	Evaluación morfológica de pseudotallo (a) área foliar (b) a los 93 días después de la siembra en el ensayo de quequisque ubicado el centro de experimentación y validación de Tecnología El Plantel.	30

RESUMEN

El quequisque Lila (*Xanthosoma violaceum* (L.) Schott) es originario de América tropical y subtropical. En Nicaragua se siembran dos cultivares de interés comercial quequisque Lila y quequisque Blanco (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). Siendo uno de los principales cultivos de raíces y tubérculos ricos en almidón en Nicaragua se localizan en las principales zonas productivas con abundantes precipitaciones de lluvias como, Nueva Guinea, El Rama, y en la zona del pacífico Masaya. En Nicaragua se han realizado estudios anteriores de vitroplantas ninguno de ellos evaluó el tipo de semilla (cormos y cormelos) o la segunda generación de estas plantas. En este estudio se evaluó el comportamiento morfológico y rendimiento de la segunda generación de vitroplantas utilizando dos tipos de semilla cormo y cormelo. Se estableció un diseño de Bloques Completamente al azar (BCA) con arreglo en franjas con cuatro bloques y dos factores (tipo de semilla y fertilización). Se realizó un análisis de Varianza (ANDEVA) y prueba estadística de rangos múltiples de Duncan al 95% de confiabilidad. Las variables morfológicas evaluadas fueron altura de la planta (cm), área foliar (cm), diámetro del pseudotallo (cm) y número de hojas. Para rendimiento: ancho y largo del cormo (cm), peso del cormo (g), número de cormelos, raíces sanas y afectadas y rendimiento (t ha⁻¹). En tipo de semilla no hubo diferencia significativa en las variables morfológicas y en las de rendimiento. En el factor fertilizante el sintético fue superior estadísticamente en altura de la planta, número de hojas, diámetro del pseudotallo área foliar comparados con el fertilizante orgánico/foliar y testigo. El factor fertilizante sintético fue superior en número de cormelos, ancho y largo del cormo y rendimiento (t ha⁻¹). No hubo diferencia estadística en raíces sanas y afectadas. En el fertilizante sintético el rendimiento fue de 3.93 t ha⁻¹ estadísticamente superior al testigo y orgánico /foliar que tuvieron un promedio entre 0.03 t ha⁻¹ y 0.13 t ha⁻¹.

Palabras clave: cormo, cormelo, sintético, orgánico, foliar

ABSTRACT

The cocoyam Lilac (*Xanthosoma violaceum* (L.) Schott) is native to tropical and subtropical America. In Nicaragua, two cultivars of commercial interest are planted, cocoyam Lilac and cocoyam white (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). Being one of the main crops of roots and tubers rich in starch in Nicaragua is located in the main productive areas with abundant rainfall such as, Nueva Guinea, El Rama, and in the Pacific area Masaya. In Nicaragua, previous studies of vitroplants have been carried out, none of them evaluated the type of seed (corms and cormelos) or the second generation of these plants. In this study, the morphological behavior and performance of the second generation of vitroplants was evaluated using two types of corms and cormelo seed. A completely random block design (CRBD) was established with arrangement in strips with four blocks and two factors (seed type and fertilization). She performed an analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multi-range statistical test at 95% reliability. The morphological variables evaluated were plant height (cm), leaf area (cm), pseudostem diameter (cm) and number of leaves. For yield: width and length of the corm (cm), weight of the corm (g), number of cormelos, healthy and affected roots and yield ($t\ ha^{-1}$). In seed type there was no significant difference in morphological variables and yield variables. In the fertilizer factor the synthetic was statistically superior in plant height, number of leaves, diameter of the pseudostem leaf area compared to the organic/foliar fertilizer and control. The synthetic fertilizer factor was superior in number of cormels, width and length of the corm and yield ($t\ ha^{-1}$). There was no statistical difference in healthy and affected roots. In the synthetic fertilizer the yield was $3.93\ t\ ha^{-1}$ statistically higher than the control and organic /foliar that had an average between $0.03\ t\ ha^{-1}$ and $0.13\ t\ ha^{-1}$.

Keywords: corm, cormel, synthetic, organic, foliar

I. INTRODUCCIÓN

El quequisque Lila (*Xanthosoma violaceum* (L.) Schott) es originario de América tropical y subtropical. Puerto Rico posee la mayor variabilidad de cultivares de los países del Caribe y Centroamérica (Onwueme & Charles, 1994, p.151). El quequisque es uno de los principales cultivos de raíces y tubérculos ricos en almidón, siendo el tercero más consumido en Nicaragua después de la papa y la yuca (Benavidez y Godínez, 2005, p.1).

El Banco Central de Nicaragua (BCN, 2021) reportó que en el ciclo 2020-2021-la producción fue de 67,545 t, 145.4% mayor con respecto al ciclo anterior. Según Mairena e Ibarra (2005) “la producción de quequisque en Nicaragua se localiza en las principales zonas productivas con abundantes precipitaciones de lluvias como, Nueva Guinea, El Rama, y en la zona del pacífico Masaya” (p.24).

De acuerdo con Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua (FUNICA, 2007) “el cultivo de quequisque ha emigrado hacia el departamento de Río San Juan, El Tuma y la Dalia” (p.6). Adiobo (2006) menciona que el mal seco es causado por el oomicete *Pythium myriotylum* Dreschler. Según Acebedo y Navarro (2010) “en Nicaragua el mal seco está presente en las zonas de producción para exportación y se reporta en zonas no tradicionales de la Región Central del país”. (p.1)

Benavidez y Godínez (2005) mencionan que la planta de quequisque rara vez florece por lo tanto dificulta la reproducción sexual, obstaculizando los trabajos de mejora genética y la propagación de la planta. Maradiaga (2002) indica que la forma de reproducción de este cultivo es a través de cormo y cormelos el cual es seleccionado conteniendo yemas axilares para producir nueva planta este tipo de propagación garantiza la identidad y estabilidad genética de la planta madre. En Nicaragua la propagación de quequisque por trozos de cormos es la forma más utilizada y el uso de plantas *in vitro* se concentra únicamente para estudios en las instituciones y universidades del país, el precio de producción-adquisición de estas plantas, hace inaccesible el uso directo para productores.

García y Calero (2007) indican que la propagación *in vitro* inicia con la selección de plantas madre con buenas características productivas libres de contaminación de plagas, enfermedades y virus.

Reyes y Aguilar (2005) y García y Calero (2007) mencionan que el uso de vitroplantas en combinación con la Técnica de Reproducción Acelerada de Semillas (TRAS) reduce las afectaciones de enfermedades como mal seco y puede incrementar hasta cinco veces la cantidad de yemas-planta/cormo, este proceso puede ser adoptado por los productores de quequisque considerando los beneficios inmediatos como aumento de los rendimientos debido a un mejor estado fitosanitario, mayor vigor y precocidad de las plantas.

Según López *et al.* (1984) “la fertilización tiene como finalidad incrementar los rendimientos y mejorar las condiciones nutritivas de la planta al aumentar las reservas de nutrientes ya existentes en el suelo “. “El uso de abonos químicos y orgánicos está generalizado tanto en las siembras pequeñas como en las comerciales. En estas últimas se hacen varias aplicaciones de fertilizantes “(citado por Zúñiga, 2007, p.9).

Reyes *et al.* (2013) afirman que:

En Nicaragua el quequisque responde bien a la fertilización orgánica y sintética. En suelos fértiles el cultivo desarrolla hojas grandes y buenos rendimientos de cormelos estos incrementan con la adición de fertilizantes, las altas fertilizaciones que reducen el tiempo para que los cormelos alcancen su máximo tamaño. (p.18)

En Nicaragua, se han realizado trabajos del comportamiento agronómico de plantas *in vitro* de quequisque en campo en años anteriores (Benavidez y Godínez, 2005; García y Calero, 2007; Amador y Hernández, 2020), ninguno de ellos evaluó el tipo de semilla (cormos y cormelos) o la segunda generación de estas plantas, para Nicaragua este estudio es el primero que se realizará con el objetivo de evaluar el comportamiento de la segunda generación de vitroplantas provenientes del ensayo de Amador y Hernández (2020) usando dos tipos de semillas: cormos y cormelos de quequisque Lila y determinar el comportamiento morfológico y el rendimiento aplicando dos tipos de fertilizantes en el Centro de validación y experimentación El Plantel de la Universidad Nacional Agraria (UNA).

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de los tipos de semilla asexual y fertilización sobre la morfología y rendimiento del cultivo de quequisque (*Xanthosoma violaceum* (L). Schott).

2.2 Objetivos específicos

- Determinar la morfología y rendimiento de la segunda generación de plantas *in vitro* de quequisque procedentes de semillas asexual cormo y cormelos.
- Comparar el efecto de la fertilización sintética y orgánico/foliar sobre la morfología y rendimiento de la segunda generación procedente de vitroplantas de quequisque.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Generalidades del cultivo de quequisque

El quequisque (*Xanthosoma violaceum* (L.) Schott) es un alimento básico que pertenece a la familia Aráceas. Es uno de los seis cultivos de raíces y tubérculos más importantes del mundo. Su importancia se debe al hecho de que produce almidón de almacenamiento en los bulbos, cormelos. Las hojas aportan carbohidratos, proteínas, grasas y vitaminas para el ser humano. Proporciona ingresos directos a los agricultores en muchas regiones de los países en desarrollo (Mbouobda *et al.*, 2015, p. 42).

3.2. Morfología y taxonomía del cultivo del quequisque

3.2.1. Taxonomía del quequisque

Según Instituto Nacional Tecnológico (INATEC, 2018) el quequisque es una planta herbácea, pertenece a la familia: Araceae, genero: *Xanthosoma*, Especies: *sagittifolium* (L.) Schott, *violaceum* (L.) Schott.

3.2.2. Morfología del quequisque

Partvatha (2015) menciona que el quequisque:

Es una hierba que alcanza los 2 m de altura. Tiene un tallo corto y produce hojas grandes en la parte superior del tallo. Un bulbo se produce en la base de la planta. Produce unos diez cormelos en el corno subterráneo. Se trata de 15–25 cm de largo y con forma de flor. Se ensanchan hacia la punta. Las hojas son grandes y el tallo se une al borde de la hoja. Las hojas se paran erectas sobre el pecíolos robustos o tallos de hojas. Hay una vena alrededor del borde de la hoja. Los tallos de las hojas pueden tener 1 m de largo. La lámina de la hoja es ovalada y 50–75 cm de largo. La hoja tiene lóbulos triangulares en el fondo. (p. 305)

3.3. Importancia del cultivo de quequisque

Según FUNICA (2007) el quequisque contribuye a los requerimientos energéticos y nutricional de más de dos mil millones de personas en los países en desarrollo y continuarán haciéndolo en las próximas décadas. Siendo consumidos por la mayoría de los más pobres y los pequeños agricultores con mayor inseguridad alimentaria. Constituyen, igualmente, una fuente importante

de empleo e ingresos en las áreas rurales. Debido a su carácter de cultivo de subsistencia entre las familias de bajos ingresos, no se brinda la atención necesaria a su comportamiento comercial.

3.4. Propagación del cultivo del quequisque

García y Calero (2007) mencionan que el quequisque se propaga sexualmente debido a la existencia de abundantes yemas en sus estructuras subterráneas y en la parte aérea del cormo. Montalvo (1991) indica que por esta forma de propagación se diseminan hongos, bacterias, virus, los que causan daños y reducción del rendimiento y que el uso de material de siembra infectado es un problema serio en el trópico húmedo de Nicaragua donde casi la totalidad de la producción de quequisque se destina a la exportación.

3.5. Reproducción de plantas de quequisque *in vitro*

Pérez (1998) afirma que “las vitroplantas son conjunto de técnicas que permite el cultivo en condiciones asépticas de órganos, tejidos, células y protoplastos empleando medios nutritivos y artificiales” (p.17).

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; registrando 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).

3.6. Característica de cormo y cormelo del quequisque

3.6.1. El cormo de la planta de quequisque

Zapata y Velásquez (2013) afirman que:

Del cormo central se desarrollan cormelos laterales recubiertos con escamas fibrosas. Los cormelos tienen una corteza de color marrón oscuro, tiene nudos de donde nacen las yemas. El color de la pulpa por lo general es blanco o amarilla, pero también se presenta clones coloreados hasta llegar al violáceo. Según el clon, la forma varía de cilíndrica hasta casi esférica y el tipo de ramificación desde simple a ramificada. Presenta marcas transversales que son las cicatrices de las hojas con frecuencia con fibras y está cubierta por una capa corchosa delgada y suelta. (p.14)

3.6.2. El cormelo del quequisque

Según Soto (1983) “Los cormelos son cormos secundarios llamados cormelos corresponden a las ramas del cormo, ambos pueden utilizarse como material de propagación” (p.20).

Reyes *et al.* (2013) mencionan:

Los cormelos son yemas que se forman del cormo (cepa) de las cuales sólo algunas logran desarrollarse en cormelos y posteriormente pueden generar nuevas plantas siendo estos utilizados para el consumo de alimentos y pocas veces para la reproducción de semillas. (p.4)

3.7. Enfermedad mal seco en quequisque

El mal seco es una enfermedad causada por el oomicete *Pythium myriotylum* Drechsler (Wutoh *et al.* 1994, p. 462). Esta enfermedad provoca daños en el sistema radicular de las plantas, amarillamiento de las hojas y reducción de los rendimientos (Fernández, 2019, p.3). Para Saborío *et al.* (2004) el mal seco reduce significativamente el rendimiento hasta un 90-100%.

Acebedo y Navarro (2010), mencionan que para incrementar el área de siembra en las últimas décadas del siglo pasado los productores del trópico húmedo utilizaron semillas de Costa Rica, la que introdujeron sin pasar ninguna norma cuarentenaria a Nicaragua, como consecuencia ocurrió la entrada del mal seco y conllevó la contaminación de los suelos, por afectación del oomicete mencionan que al presentarse las afectaciones en los primeros años los agricultores obtenían altos rendimientos sembrando en suelos vírgenes del cultivo de quequisque al no utilizar semillas sanas, fueron infestados los suelos por el hongo.

3.8.Fertilización del cultivo del quequisque

Según López *et al.* (1984)

La fertilización tiene como finalidad incrementar los rendimientos y mejorar las condiciones nutritivas de las plantas, al aumentar las reservas de nutrientes ya existentes en el suelo. Una fertilización correcta resulta siempre uno de los medios más eficaces para lograr las mejores cosechas y rendimientos, así como para mejorar la fertilidad del suelo. El empleo creciente de fertilizantes y su aplicación de acuerdo a lo adecuado por el suelo y el cultivo en gran escala constituyen los principales elementos para el aumento de la producción agrícola. (p.153)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del estudio

El estudio se realizó en centro de experimentación y validación de tecnología El Plantel de la Universidad Nacional Agraria (UNA) ubicada en el km 30 carretera Tipitapa-Masaya al Sureste de la cabecera municipal de Tipitapa, En las coordenadas son 86°05'13" longitud Oeste y 02°06'39" latitud Norte y una elevación de 108 msnm.

4.2. Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas del centro experimental y validación de tecnología El Plantel durante la etapa de campo del ensayo de Julio 2020 a mayo 2021, se observan en la Figura 1. y fueron facilitados por el Ing. Elvin Lagos de la estación meteorológica de la Universidad Nacional Agraria.

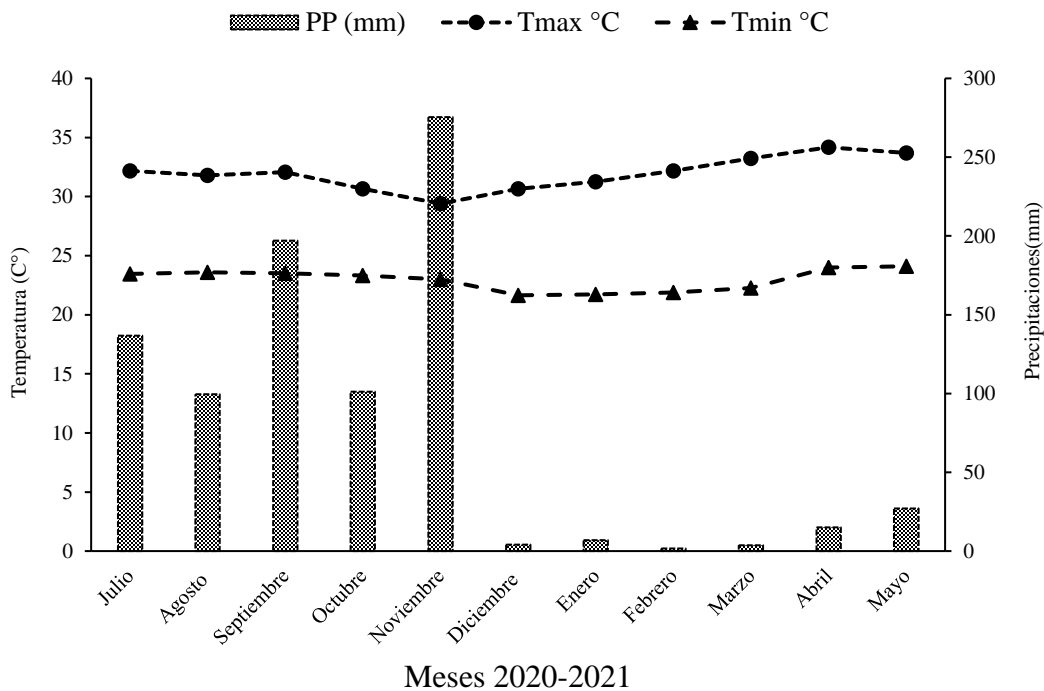


Figura 1. Temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C) y precipitación acumulada (mm), de los meses de julio del 2020 hasta mayo de 2021, del centro de experimentación y validación de tecnología El plantel donde se ubicó el ensayo efecto de tipos de semilla asexual y fertilización sobre la morfología y rendimiento del cultivo de quequisque.

4.3. Material vegetal

Se seleccionaron dos tipos de semillas de quequisque provenientes de primera generación de plantas *in vitro*, cormos y cormelos libres de enfermedades.

4.4. Diseño metodológico

Se estableció un diseño de bloques completo al azar (BCA) con arreglo en franjas con cuatro bloques y dos factores (tipo de semilla y fertilización) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Factores y niveles establecidos en el ensayo efecto de tipos de semilla asexual y fertilización sobre la morfología y rendimiento del cultivo de quequisque (*Xanthosoma violaceum* (L.) Schott).

Factores		
	Tipo de semilla	Tipo de fertilización
Niveles	Cormo	Testigo
	Cormelo	Sintético
		Orgánico/foliar

En cada bloque hubo 121 plantas de cormos y 121 plantas de cormelos, las que fueron divididas según el tipo de fertilización: testigo (33 plantas), sintético (44 plantas) y orgánico/foliar (44). El área total del ensayo fue de 1152 m² con las siguientes dimensiones de 12 m de ancho por 96 m de largo (Anexo 1).

4.5. Manejo agronómico

4.5.1. Preparación del suelo

La preparación del suelo se realizó de manera mecanizada con un pase de arado, dos de gradas y el rayado para la siembra dejando cada surco a una distancia de 1 m.

4.5.2. Siembra

La siembra se realizó manual a una distancia de 0.8 m entre planta y 1 m entre surco. La semilla del cormelo tuvieron tamaño promedio de largo de nueve centímetros y ancho de tres centímetros, la semilla cormo se cortaron a un tamaño promedio de ancho y largo de ocho centímetros (Figura 2).



Figura 2. Semilla utilizada en la siembra del cultivo de quequisque en el Centro de experimentación y validación de tecnología El Plantel 2020-2021 (a) ancho y largo del cormo (b) ancho del cormelo (c) largo del cormelo.

4.5.3. Fertilización

Se realizaron dos tipos: fertilización sintética y orgánico/foliar. En fertilización sintética se aplicó fertilizante completo 12-30-10, una cantidad de 129 kg ha^{-1} por planta y se aplicó fertilizante orgánico/foliar enraizador, activador de floración y Engordador de frutos 25 ml por bomba de 20 litros de agua se hicieron 3 aplicaciones cada 3 días de cada uno de estos fertilizantes (Cuadro 2 y Anexo 2).

Cuadro 2. Tipo de fertilización, fertilizante utilizado, composición química, dosis y momento de la aplicación utilizado en el cultivo de quequisque.

Tipo de fertilización	Fertilizante utilizado	Composición química	Dosis	Momento de la aplicación (meses después de la siembra)
Testigo	Sin aplicaciones de fertilizantes			
Sintético	12-30-10	12%N - 30% P ₂ O ₅ y 10% K ₂ O		7
	60% K ₂ O	Óxido Potásico (K ₂ O)	129 kg ha ⁻¹	8
orgánico/foliar	Urea 46%	CO (NH ₂) ₂	129 kg ha ⁻¹	5
	Enraizador	N: 1.8% P: 2.5% K: 1.4%	0.25 l ha ⁻¹	2
	Activador de floración	N: 1.1% P:1.7% K:1.0%	0.25 l ha ⁻¹	5
	Engordador de frutos	N:1.4% P:1.4% K:1.0%	0.25 l ha ⁻¹	8

N: Nitrógeno, P: Fosforo, K: Potasio

4.5.4. Aporque

El aporque se realizó dos meses después de la siembra con repetición en los días de fertilización con el objetivo de facilitar el desarrollo de las raíces y retención de humedad, esta práctica consiste en acumular suelo a la orilla del pseudotallo y sea aprovechada por la planta en el periodo de crecimiento (Anexo 3).

4.6. Variables evaluadas

4.6.1. Variables morfológicas

Las variables morfológicas se evaluaron a los 93, 191 y 261 días después de la siembra (dds), (Cuadro 3 y Anexo 4).

Cuadro 3. Variables morfológicas se evaluaron a los 93, 191 y 261 días después de la siembra en el ensayo de quequisque ubicado el centro de experimentación y validación y tecnología El Plantel.

Variables morfológicas	Descripción
Altura de plantas (cm)	Se midió utilizando cinta métrica colocándola desde la base del tallo hasta la hoja de mayor altura.
Número de hojas (unidad) Área foliar (cm ²)	Se realizó conteo de todas las hojas que estaban en la planta Se obtuvo multiplicando el largo por el ancho de la hoja de mayor altura por el factor de corrección 0.927 sugerido por Agueguia (1993).
Diámetro del pseudotallo (cm)	El diámetro del tallo se midió con una cinta métrica tomando la altura de al menos unos 10 cm de la altura del suelo.

4.6.2. Variables de rendimiento

Las variables de rendimiento se evaluaron al momento de la cosecha a los 301 dds (Cuadro 4).

Cuadro 4. Variables de rendimiento evaluadas al momento de la cosecha en ensayo de cultivo de quequisque ubicado el centro de experimentación y validación de tecnología El Plantel, 2021.

Variables de rendimiento	Descripción
Peso del cormo (g)	Se extrajo la planta con los cormelos y se pesó el cormo.
Número de cormelos	Se contabilizó el número total de cormelos obtenidos por plantas.
Peso de los cormelos (g)	Se utilizó una balanza digital para determinar el peso de los cormelos.
Diámetro del cormelos (cm)	Se midió la parte central del cormelo con uso de vernier luego se sacó un promedio total por planta.
Largo del cormelos (cm)	Se midió con una regla desde el ápice hasta la base cada uno de los cormelos
Número de raíces sanas y afectadas	Se conto el número de raíces sanas y afectadas (raíces deshidratadas) por cada planta.

4.7. Recolección de datos

La recolección de datos se realizó a los 93, 191 y 261 dds y la toma de datos de rendimiento se realizó el día de la cosecha a los 301 dds.

4.8. Análisis de datos

Los datos obtenidos de las variables estudiadas fueron manejados en hojas electrónicas (Excel v.2019) para su posterior análisis con SAS (9.1). Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA)

y prueba estadística de rangos múltiples de Duncan al 95% de confiabilidad. a las variables morfológicas y de rendimiento, y se utilizó el siguiente modelo aditivo lineal.

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_k + \alpha_i + (\beta\alpha)_{\delta ik} + \tau_j + (\tau\alpha)_{\epsilon jk} + (\alpha\tau)_{ij} + (\beta\alpha\tau)_{(ijkl)}$$

Donde:

k= 1,2 y 3 repeticiones

i= 1 tipos de semilla asexual

j=1, 2 y 3 tipos de fertilización

l=1, 2 y 3 observaciones

Y_{ijkl}= Es el valor medio de las observaciones medidas en los distintos tratamientos de cada bloque conformado

μ= Es el efecto de la media muestra sobre el modelo

β_k=Es el efecto del *K-ésimo bloque (replica)*

α_i=Es el efecto del *i-ésima* tipos de semillas asexual

(βα)_{δik}=Es el error de A

τ_j=Es el efecto de la *j-ésima* fertilización

(τα)_{εjk}=Es el error de B

(ατ)_{ij}=Es el efecto del *i-ésima* tipos de semilla asexual, de la *j-ésima* fertilización

(βατ)_(ijkl)=Es el error de la interacción (A*B)

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Variables morfológicas

Según el análisis de varianza en el factor fertilizante hubo diferencia significativa en altura de planta en las tres evaluaciones y en diámetro de pseudotallo a los 191 y 261 dds. En el factor semilla y la interacción semilla*fertilizante no hubo diferencia significativa en las variables altura de planta y diámetro de pseudotallo en las tres evaluaciones realizadas, los factores son independientes (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores de la probabilidad de ocurrencia de la hipótesis nula (Ho) de un análisis de varianza de un Bloque completo al azar con parcela en franja correspondiente a las variables altura de la planta y diámetro de pseudotallo de segunda generación de vitroplantas de quequisque a los 93, 191 y 261 días después de la siembra.

Factores	Altura de la planta			Diámetro del pseudotallo		
	Días después de la siembra			Días después de la siembra		
	93	191	261	93	191	261
Fertilizante	0.0355	0.0001	0.0001	0.191	0.0001	0.0001
Semilla	0.1402	0.7099	0.6296	0.58	0.7218	0.8496
Semilla*fertilizante	0.6709	0.3818	0.8075	0.4673	0.2586	0.9651
Bloque	0.2203	0.2445	0.3615	0.6577	0.8335	0.7539
R ²	0.87	0.99	0.98	0.7	0.96	0.95
CV	13.24	14.35	21.61	38.59	25.27	37.4

P: probabilidad de ocurrencia Ho ($\alpha=0.05$); R²: Coeficiente de determinación; CV: Coeficiente de variación.

Según el análisis de varianza en el factor fertilizante hubo diferencia significativa en número de hojas en las tres evaluaciones y en área foliar a los 191 y 261 dds. En el factor semilla y la interacción semilla*fertilizante no hubo diferencia significativa en las variables número de hojas y área foliar en las tres evaluaciones realizadas, los factores son independientes (Cuadro 6 y Figura 3).

Cuadro 6. Valores de la probabilidad de ocurrencia de la hipótesis nula (Ho) de un análisis de varianza de un modelo en parcela en franja correspondiente a la variable número de hojas de la planta y área foliar de segunda generación de vitroplantas de quequisque a los 93, 191 y 261 días después de la siembra.

Factores	Número de hojas Días después de la siembra			Área foliar Días después de la siembra		
	93	191	261	93	191	261
Fertilizante	0.0287	0.0001	0.0001	0.2194	0.0001	0.0001
Semilla	0.191	0.7109	0.6296	0.6051	0.6964	0.8513
Semilla*fertilizante	0.6039	0.1517	0.8075	0.2268	0.729	0.9784
Bloque	0.0333	0.2501	0.1042	0.0211	0.5794	0.7742
R ²	0.94	0.97	0.98	0.89	0.96	0.94
CV	10.23	12.21	21.61	16.13	41.50	57.64

R²: coeficiente de determinación; CV: Coeficiente de variación

Según el tipo de fertilización el sintético superó en altura de la planta, diámetro de pseudotallo, número de hojas y área foliar en comparación a la fertilización orgánico/foliar y testigo. A los 261 dds el tipo de fertilización sintético registraron plantas con altura promedio de 61.27 cm, diámetro de pseudotallo promedio 6.85 cm, desarrollando número de hojas 4 y un área foliar promedio 531.80 cm² (Figura 3).

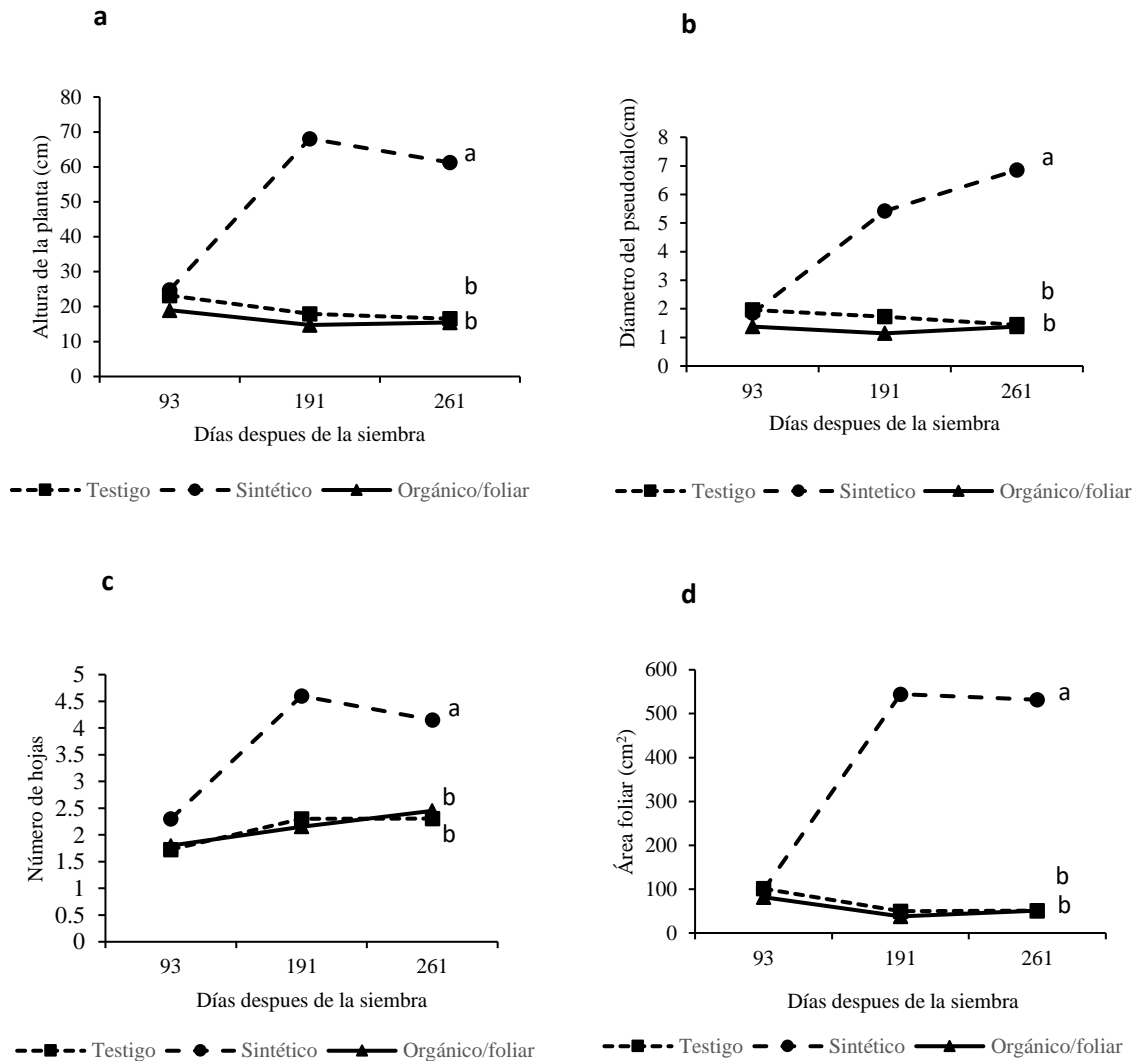


Figura 3. Promedios de altura de planta (a), diámetro del pseudotallo (b), Número de hojas (c) y Área foliar (d) de plantas de quequisque Lila (*Xanthosoma violaceum* L. Schott) provenientes de semillas de segunda generación de vitroplantas utilizando fertilizante sintético, orgánico/foliar y testigo, evaluadas a los 93, 191 y 261 días después de la siembra y establecidas en el centro de experimentación y validación de tecnología El Plantel, 2020-2021.

Las plantas procedentes de cormo o cormelo no presentaron diferencia numérica marcada en las variables altura de planta, diámetro de pseudotallo, número de hojas y área foliar. A los 261 dds las plantas provenientes de semilla de cormo obtuvo una altura de 30.74 cm, las provenientes de cormelos de 32.47 cm. Se registró un diámetro de pseudotallo de las plantas provenientes de cormo de 3.22 cm y en las de cormelo 3.44 cm. El número de hojas de las plantas provenientes de cormo fue de 2.83 y las provenientes de cormelo de 3.16. En el área foliar las plantas provenientes de cormo registraron 204.51 cm² y el cormelo 214.55 cm² (Figura 4).

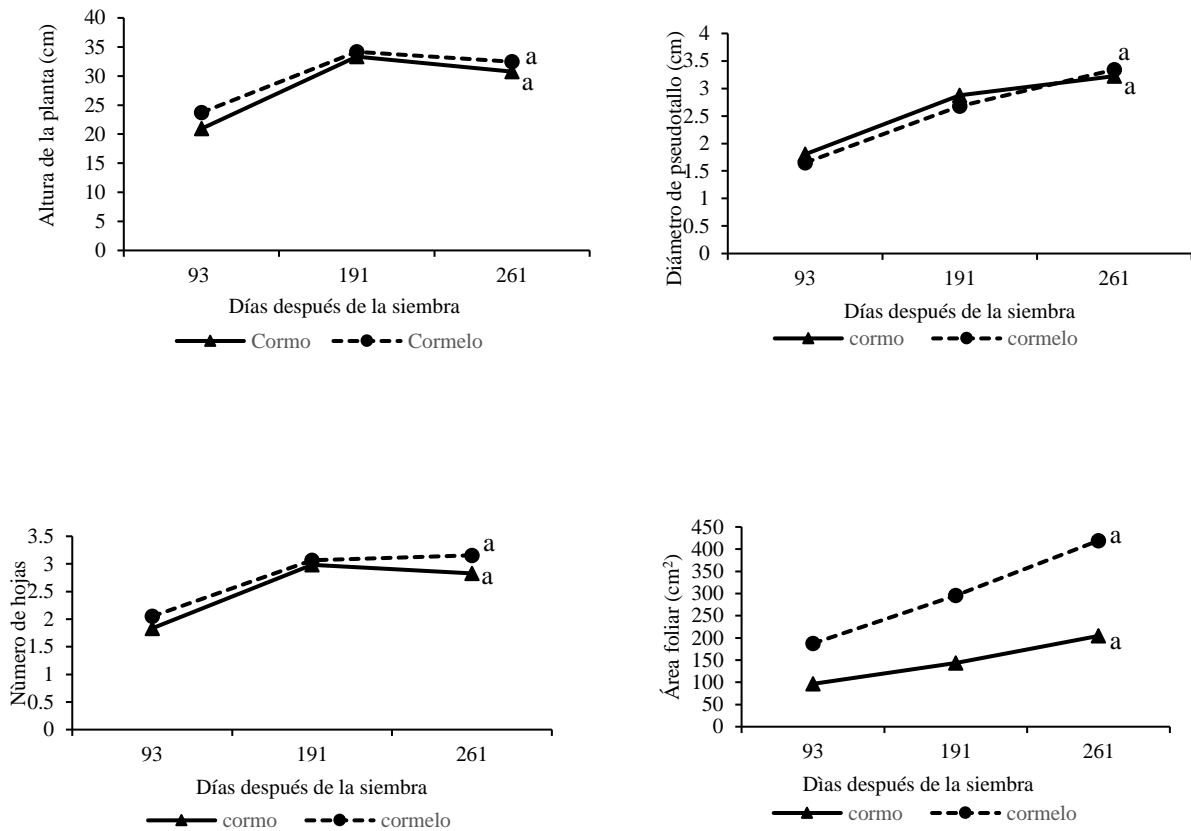


Figura 4. Promedio de altura de planta (cm), diámetro del pseudotallo (cm), área foliar (cm²), y número de hojas de plantas de quequisque Lila (*Xanthosoma violaceum* L. Schott) provenientes de semillas asexual (cormo y cormelo) de segunda generación de vitroplantas a los 93, 191 y 261 días después de la siembra establecida en el centro de experimentación y validación de tecnología El Plantel, 2020-2021.

Soto (1983) evaluó tipos de semillas de quequisque y afirma que el crecimiento de la planta que proviene de cormelo lateral presentaron retraso en comparación con las plantas provenientes de cormo principal. En este estudio no hubo diferencia entre las variables evaluadas provenientes de los tipos de semillas ambas se comportaron similares (p. 22).

López *et al.* (1984) menciona que el tercer periodo (entre los 189 y 330 dds) se caracteriza por el rápido crecimiento de cormelos secundarios, terciarios y la declinación progresiva del follaje (p.123); en este estudio se observó la disminución del área foliar evaluada a los (261 dds), en las plantas donde se aplicó fertilizante sintético al mismo tiempo se observó el amarillamiento de las hojas como características del desarrollo de cormelos e índice de cosecha. Arguello (2001) describe que la disminución del área foliar coincide con la formación de cormelos esta tendencia

se manifiesta a causa del traslado de las sustancias de reserva de los órganos a los cormelos que crecen a medida que decrece la materia seca de los pseudotallo donde se observa amarillamiento en las hojas y reducción del área foliar (p.16)

Según López *et al.* (1983) las condiciones de humedad del suelo modifican la altura y el desarrollo de la planta, que también son afectados por la procedencia del material utilizado en la plantación, si es de la parte superior del cormo (corona), parte media (centro) o parte Inferior y la fertilización es otro factor que puede modificar el desarrollo de la planta (p.150). En este estudio se observó diferencia entre plantas a las que se le aplicó fertilizante sintético con plantas a las que se aplicó orgánico/foliar o ninguna fertilización, en las primeras hubo mayor altura de planta, área foliar, número de hojas y diámetro de pseudotallo lo que evidencia el efecto de la fertilización sintética en el crecimiento de las plantas.

La falta de agua debido a la reducción de precipitaciones en los meses diciembre, enero, febrero, marzo y abril (<100 mm), y la falta del riego complementario (riego por aspersión) por problemas con el funcionamiento de la bomba de riego en el segundo y tercer periodo, redujo la humedad en el suelo afectando el desarrollo y crecimiento del cultivo, lo que se observó en síntomas de marchitez y amarillamiento en las hojas.

Según López *et al.* (1983) la falta de agua ocasiona alteraciones en la calidad de la cosecha. El porcentaje disminuye en los cormos secundarios y terciarios, sí el déficit de agua se presenta en los primeros seis meses del ciclo del cultivo. sí falta el agua en el primer período de crecimiento se afecta la producción de cormos secundarios, y si la crisis de agua se produce en el segundo período se afectan los rendimientos de los cormos primarios (p.167).

López *et al.* (1983) menciona que el desarrollo del área foliar, el contenido de la materia seca en las hojas y en el pseudotallo de la planta madre son estimulados, de modo notable por el riego en el segundo período. En este estudio el área foliar alcanzó en promedio entre 300 cm² y 500 cm² en ambos factores y fue inferior al estudio realizado por Amador y Hernández (2020) donde el área foliar alcanzó un promedio de 1145.45 cm² a los 214 dds. Zúñiga (2007) menciona que la falta de agua en el cultivo de quequisque provoca la reducción del crecimiento de la planta, la cual se observa en una menor altura o producción de hojas y área foliar (p.25).

5.2. Variable de rendimiento

Según el análisis de varianza en el factor tipo de semilla el largo del cormo presentó diferencia significativa y en las variables ancho del cormo, peso del cormo, raíces sanas y afectadas, número de cormelos y rendimiento no hubo diferencia significativa. En el factor fertilizante hubo diferencia significativa en todas las variables (largo, ancho, peso del cormo, raíces sanas y afectadas, número de cormelos y rendimiento). En la interacción semilla * fertilizante no hubo diferencia significativa en ninguna de las variables (largo, ancho, peso del cormo, raíces sanas, afectadas, número de cormelos y rendimiento), ambos factores son independientes (Cuadro 7).

Cuadro 7. Valores de probabilidad de la ocurrencia de la hipótesis nula (Ho) de un análisis de varianza de bloques completo al azar con modelo en parcelas en franja del largo, ancho y peso de cormo, raíces sanas y afectadas, número de cormelos y rendimiento según los factores semilla y fertilización e interacción semilla*fertilizante evaluados el día de la cosecha a los 301 días después de la siembra en el centro de experimentación y validación de tecnología El Plantel en el periodo, 2021.

Factores	Largo del cormo	Ancho del cormo	Peso del cormo	Raíces sanas	Raíces afectadas	Número de cormelos	Rendimiento
Semilla	0.0269	0.5699	0.4137	0.965	0.9246	0.6851	0.5657
Fertilizante	0.0022	0.0001	0.0001	0.0004	0.0001	0.0001	0.0001
Semilla * Fertilizante	0.212	0.631	0.7178	0.3474	0.7619	0.4588	0.5296
Bloque	0.3542	0.6501	0.8222	0.8697	0.8539	0.6540	0.9149
R²	0.98	0.95	0.92	0.81	0.93	0.96	0.91
CV	9.33	14.99	57.85	78.89	37.98	55.52	87.57

R² = coeficiente de determinación; CV= Coeficiente de variación.

5.2.1. Separación de medias de Duncan según el tipo de semilla asexual

En la separación de medias según Duncan en el tipo de semilla de cormelo (8.58 cm) fue superior al cormo (6.40 cm) en largo del cormo. En ancho del cormo el cormelo fue de 4.93 cm y en cormelo 4.72 cm, el peso del cormelo fue de 185.81 g en cormo y de 143.23 g en cormo. Las raíces sanas en el cormelo fueron de 6.48 y de 8.43 en cormo. Las raíces afectadas del cormelo fueron de 11.43 y de 10.03 en el cormo. El número de cormelos en cormo fue 1.31 y en cormelo 1.47. El rendimiento en cormelo se registró de 1.53 t ha⁻¹ y en cormo 1.92 t ha⁻¹ (Cuadro 8) (Figura5).

Cuadro 8. Separación de medias según Duncan de las variables largo (cm), ancho (cm) y peso (g) de cormo, raíces sanas y afectadas, número de cormelos y rendimiento ($t\ ha^{-1}$), según los tipos de semillas (cormo y cormelo) en el centro de experimentación y validación de tecnología El Plantel, 2021.

Tipo de semillas	Largo del cormo (cm)	Ancho del cormo (cm)	Peso del cormo (g)	Raíces Sana	Raíces afectadas	Número de cormelos	Rendimiento ($t\ ha^{-1}$)
Cormelo	8.58 a	4.93 a	185.81 a	6.48 a	11.43 a	1.47 a	1.53 a
Cormo	6.40 b	4.72 a	143.23 a	8.43 a	10.03 a	1.31 a	1.92 a

Promedio con letras iguales no difieren estadísticamente según Duncan ($\alpha=0.05$)



Figura 5. Cormos y cormelos cosechados según tipo de semilla (a) cormo sintético (b) cormelo sintético evaluados los 301 dds después de la siembra en el centro de experimentación y validación de tecnología El Plantel, Managua 2020-2021

5.2.2. Separación de medias tipos de fertilizante según Duncan

En la separación de medias según Duncan según el tipo de fertilización el sintético superó al foliar/orgánico y testigo en todas las variables (largo, ancho y peso de cormo, raíces sanas e afectadas, número de cormelos y rendimiento) (Cuadro 9 y Figura 6).

Cuadro 9. Separación de medias de las variables largo (cm), ancho (cm) y peso (g) de cormo, raíces sanas y afectadas, número de cormelos y rendimiento (t ha⁻¹), según los tipos de fertilización sintético, orgánico/foliar y testigos evaluados al momento de la cosecha a los 301 días después de la siembra, en el centro de experimentación y validación de tecnología El Plantel, 2021.

Niveles de fertilizante	Largo del cormo (cm)	Ancho del cormo (cm)	Peso del cormo (g)	Raíces sanas	Raíces afectadas	Número de cormelos	Rendimiento t ha ⁻¹
Sintético	9.99 a	6.99 a	373.44 a	14.53 a	21.15 a	3.88 a	3.93 a
Orgánico/foliar	6.33 b	3.76 b	58.29 b	3.16 b	5.13 b	0.09 b	0.03 b
Testigo	6.15 b	3.73 b	61.84 b	4.69 b	5.93 b	0.20 b	0.13 b

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente según Duncan ($\alpha=0.05$)



Figura 6. Cormos y cormelos cosechados según tipo de fertilización (a) cormo testigo, (b) cormelo sintético y (c) cormelos orgánico/foliar evaluados al momento de la cosecha a los a los 301 días después de la siembra, en el centro de experimentación y validación de tecnología El Plantel, 2021

Rojas (1998) menciona que el área foliar tiene una relación directa con la producción de cormelos (p.20). Las plantas del factor fertilizante sintético obtuvieron mayor número de hojas y mayor área foliar entre 300 cm² y 500 cm², además obtuvieron mayor número de cormelos. Las plantas del tratamiento orgánico/foliar y testigo ambos factores obtuvieron un área foliar inferior que el sintético siendo menor de 100 cm², y en número de cormelos es de 0.09 para foliar y 0.20 el testigo.

Ripodas (2011) evaluó el uso de fertilizante químico (urea 46% y NPK 15_15_15) y fertilizante orgánico foliar (biol) en el cultivo de frijol, en el estudio el tratamiento sintético obtuvo los valores más altos en las variables evaluadas superando los valores obtenidos del fertilizante orgánico (P 67).

Meléndez y Molina (2002) La fertilización foliar por lo general se realiza para corregir deficiencias. En el caso de macronutrientes tales como el nitrógeno, fósforo y el potasio, se reconoce que esta fertilización solo puede complementar, pero en ningún momento sustituir la fertilización al suelo. Esto se debe a que las dosis a aplicar vía foliar son muy pequeñas en comparación con las dosis aplicadas al suelo para obtener buenos rendimientos (p.13).

En este estudio se utilizaron semillas provenientes de la primera generación *in vitro* libres de enfermedades del estudio de Amador y Hernández (2020) y el área donde se obtuvo el material de siembra (cormo y cormelos) es una zona no tradicional al cultivo de quequisque, establecido por primera vez en el centro de experimentación y validación de tecnología.

En este estudio el rendimiento fue inferior al promedio nacional reportado por el BCN en el periodo 2018-2019 y a los obtenidos por Amador y Hernández (2020). En estudio realizado por Vargas (2019), en cultivo de ñame utilizaron semillas de segunda generación provenientes de cultivo *in vitro* se reportan rendimientos mayores a la primera generación. No así en este estudio donde el cultivo fue afectado severamente por la escasez de agua afectando los rendimientos esperados. Reyes *et al.* (2013) mencionan que el uso de vitroplantas comienzan a disminuir los rendimientos en el campo después de la cuarta generación.

García y Calero (2007) mencionan que la utilización de plantas saneadas a través de cultivo *in vitro* no es viable económicamente, su uso se justifica siempre y cuando sean establecidas en áreas sin antecedentes de mal seco y DsMV, y que la totalidad de cormos y cormelos después del primer ciclo vegetativo sean destinadas a la obtención de material de siembra. (Reyes. y Aguilar, 2005), asegura que esto se realiza con el objetivo de obtener mayores rendimientos.

Amador y Hernández 2020 mencionaron que los cormos y cormelos podían ser destinados como material de siembra para el próximo ciclo debido que no hubo presencia de mal seco. En este estudio no hubo presencia del mal seco, pero se observaron afectaciones en las raíces debido a la falta de agua en los dos tipos de semillas.

Zúñiga (2007) afirma que los primero seis meses, la necesidad de agua en el cultivo son mayores debido a que la planta requiere crecer sus diferentes órganos (hojas, tallos, cormo, y raíces).al presentar una inadecuada disponibilidad de agua, la planta reduce su expansión celular provocando reducción de la planta, menor altura o producción de hojas y área foliar (p.25). En este estudio se observó la reducción en el número de raíces, altura de planta, área foliar, y diámetro del pseudotallo debido a la falta de agua en el segundo periodo del cultivo.

Canales *et al* (2019) menciona que la sequía puede afectar en gran medida el funcionamiento de las raíces al modificar la conductividad hidráulica de sus células e influir en el crecimiento y la arquitectura del sistema radicular, las raíces presentan una respuesta doble al déficit hídrico.

Li *et al.* (2015) El estrés por sequía afecta muchos de los procesos necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas, por ejemplo, inhibe el alargamiento celular, reduce la división celular, disminuye la tasa fotosintética y modifica la morfología de las raíces. El sistema radicular es un órgano indispensable para la absorción de nutrientes y agua en las plantas y sus características fisiológicas determinan en gran medida las tasas de absorción de nutrientes agua. Las raíces, incrustadas en el suelo, son los primeros órganos de las plantas que detectan la escasez de agua.

Reyes *et al.* (2008) afirma que la escasez de agua, principalmente en el periodo de crecimiento vegetativo, es la principal limitante de la producción, que afecta el peso, diámetro y largo del cormo. (p.44). En este estudio se observó, que el peso de cormo y cormelos en todo el ensayo fue afectado por la escasez de agua.

La falta de agua en el estudio provocó afectación en el cultivo lo que se observó en las variables morfológicas y de rendimiento debido a la falta de riego y las bajas precipitaciones que no favorecieron al ensayo, la precipitación acumulada fue de 866 mm durante los diez meses del periodo del cultivo, López *et al.* (1984) indica que *Xanthosoma* requiere precipitaciones altas de 1800 y 2500 mm distribuidas en el año. A pesar de que hubo una influencia del factor fertilización en el ensayo, y que el fertilizante sintético presentó mayor rendimiento que el orgánico/foliar y testigo, estuvieron por debajo del rendimiento nacional, esto indica que la aplicación de agua es necesaria para todo el ciclo del cultivo para obtener mayor la altura de planta, área foliar, y diámetro del pseudotallo para aumentar los rendimientos.

VI. CONCLUSIONES

- No hubo efecto de los tipos de semilla asexual (cormo y cormelo) en las variables morfológicas y de rendimiento de la segunda generación *in vitro* ambos tipos de semillas se comportaron similares en todas las evaluaciones.
- El fertilizante sintético registró plantas con mayor altura, área foliar diámetro del pseudotallo, número de hojas, largo y ancho del cormo, número de cormelos y rendimiento, superando las plantas fertilizadas de forma orgánica/foliar y sin fertilización (testigo).

VII. RECOMENDACIONES

- Establecer plantación de quequisque con plantas *in vitro* utilizando fertilización orgánica/foliar como complemento sin sustituir la fertilización del suelo.
- Garantizar el suministro de agua en el periodo crítico del cultivo.

VIII. LITERATURA CITADA

- Acebedo J. y Navarro E. (2010) *Efecto del mal seco (pythium myriotylum) en campo y sombreadero sobre la agromorfología de 15 accesiones de quequisque (Xanthosoma spp) desarrollo de síntomas y detección microbiológica* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria] Repositorio Institucional UNA.
- Acevedo, L (2001). *Comportamiento de dos clones de quequisque (Xanthosoma sagittifolium (L) Schott) obtenidas a través de dos técnicas de propagación en condiciones Yolaina Municipio de Nueva Guinea.* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA <https://repositorio.una.edu.ni/1803/1/tnf30a174.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. 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.
- Amador E. y Hernández R. (2020) *Morfología y rendimiento de quequisque (Xanthosoma violaceum L. Schott) propagado (con las técnicas de reproducción TRAS, in vitro y convencional, finca El Plantel, Masaya, 2019-2020* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA.
- Argüello, A. (2001). *Comportamiento agronómico de dos cultivares clonales de quequisque (Xanthosoma sagittifolium (L.) Schott), en condiciones de Yolania, Nueva Guinea, Primera 2000-2001.* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA <http://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/1799>
- Banco Central de Nicaragua BCN. (2021). *Plan Nacional de Consumo y Comercio: Ciclo 2021-2022.* 48 p. Consultado de 08 agosto 2021. Disponible en: [https://www.el19digital.com/app/webroot/tinymce/source/2021/Mayo/19May/PLAN%20NACIONAL%20DE%20PRODUCCION%202021-2022%20\(08May21\)3.pdf](https://www.el19digital.com/app/webroot/tinymce/source/2021/Mayo/19May/PLAN%20NACIONAL%20DE%20PRODUCCION%202021-2022%20(08May21)3.pdf)
- Benavidez, I. y Godínez, A. (2005). *Comportamiento agronómico en vitro plantas sanas e infestadas con el virus DASHEEN (DMV) en tres cultivares de quequisque en el CNIA INTA* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf01b456.pdf>
- Canales FJ, Nagel KA, Müller C, Rispaill N y Prats E (2019) *Descifrando los rasgos arquitectónicos de la raíz implicados para hacer frente al déficit de agua en la avena. Parte delantera.* <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01558>
- Centro Nacional de la Recherche (2018) *Plantas en busca de agua: interacción fisiológica y molecular entre la hidráulica de las raíces y la arquitectura durante el estrés por sequía* (Resultados de investigaciones de la Unión Europea) <https://cordis.europa.eu/article/id/239413-how-drought-affects-plant-roots/es>

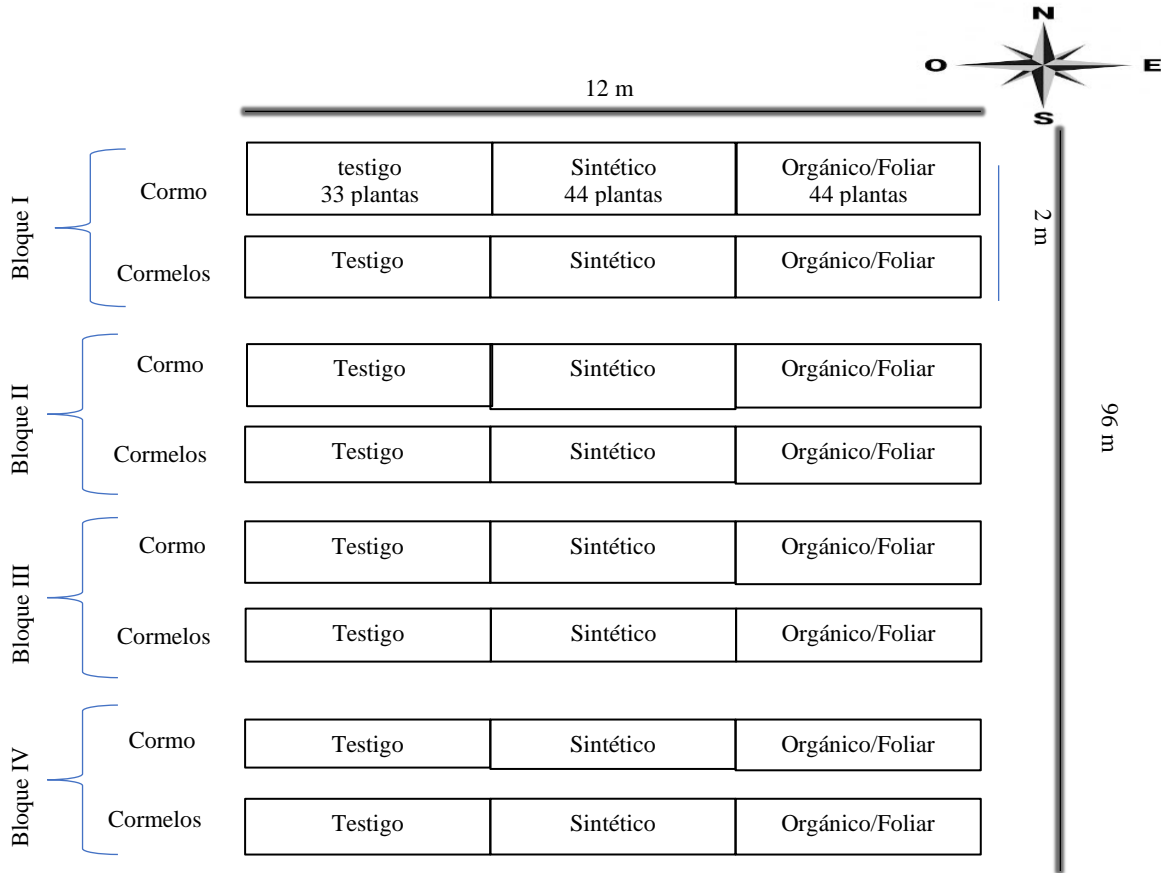
- Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua (2007). *Análisis de la Cadena Subsectorial Quequisque*. primer informe <http://www.funica.org.ni/docs/Analisis-quequisque.pdf>
- García, R. y Calero, H. (2007). *Producción acelerada de semilla de dos cultivares de quequisque (Xanthosoma spp.) a partir de plantas in vitro en la zona de Quilalí, Nueva Segovia*. [Tesis de grado Universidad Nacional Agraria] Repositorio institucional UNA <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf03g216.pdf>
- Gómez, M. (2017). *Evaluación del efecto de reemplazar cinco reactivos químicos por fertilizantes en el cultivo in vitro de malanga (Colocasia esculenta (L.) Schott)* [Tesis de grado Zamorano Honduras] repositorio Digital Zamorano <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5994/1/CPA-2017-053.pdf>
- Hernández, J., y León, J. (1994). NEGLECTED CROPS 1492 from a different perspective. FAO http://www.fao.org/quinoa-2013/publications/detail/en/item/202742/icode/?no_mobile=1
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, (s f) *Uso de fertilización completa (NPK) en el cultivo del quequisque*. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria Recuperado. http://www.funica.org.ni/docs/cult_div_38.pdf
- Rongyao Li, Yijin Zeng, Jie Xu, Qi Wang, Fengkai Wu, Moju Cao, Hai Lan, Yaxi Liu, Yanli Lu (2015). Variación genética de la arquitectura de la raíz del maíz en respuesta al estrés por sequía en la etapa de plántula. *Ciencia de la cría*, 65 (4), 298-307. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.65.298>
- López, M., Vázquez, E., y López, F. (1884). *Raíces y tubérculos*. Pueblo y educación, Universidad, Central, de las Villas, Cuba. [raíces y tubérculos.pdf](#)
- Mairena, A. e Ibarra, Y. (2005). *Estudio de la producción y comercialización de quequisque (Xanthosoma sagittifolium L Schott en el municipio de Nueva Guinea* [Tesis de grado Universidad Nacional Agraria] Repositorio institucional UNA <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf01m228.pdf>
- Maradiaga A. (2002). *Comportamiento agronómico de plantas del clon de quequisque nueva guinea reproducidas a través de dos técnicas de propagación en condiciones del viejo Chinandega* [Tesis de grado Universidad Nacional Agraria] Repositorio institucional UNA.
- Meléndez, G, Molina, E (2002) *Fertilización foliar principios y aplicaciones* [Universidad de Costa Rica Centro de Investigaciones Agronómicas Laboratorio de suelos y Foliar]. <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf>
- Montaldo, A. (1991). *Cultivo de raíces y tubérculos tropicales*. 2da edición, San José, CR. Editorial Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura. pp. 71-89.
- Mbouobda, H., Tita, M., Mayang, R. y Omokolo N. (2015). *Improvement of Cocoyam Productivity with Effective Microorganisms (EM) and Indigenous Microorganisms (IMO) Manures*. American Journal of Biochemistry recuperado. [improvement of cocoyam productivity with effective microorganisms EM and indigenous microorganisms manures.pdf](#)

- Onwueme, I. C. & Charles, W. B. (1994). *Cultivation of cocoyam. In: Tropical root and tuber crops. Production, perspectives and future prospects.* FAO Plant Production and Protection.
https://books.google.com.ni/books?id=vHprLAOIokYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Parvatha Reddy, P. (2015). *Plant Protection in Tropical Root and Tuber Crops*
<https://www.springer.com/gp/book/9788132223887>
- Pérez J (1998). *Propagación y Mejora Genética de Plantas por Biotecnología.* Instituto de Biotecnología de las Plantas. Villa Clara. Cuba
- Reyes, G, y Aguilar, M. (2005). *Reproducción acelerada de semilla de quequisque (Xanthosoma spp.) y malanga (Colacasia spp.).* (Guía técnica No. 8). Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. pp. 6-7.
- Reyes, G., Corea, H. y Guatemala, T. (2013). *Guía de manejo agronómico del quequisque en Nicaragua.* Repositorio institucional UNA.
<https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01R457g.pdf>
- Reyes, G, Rivers, E, López, R, García, R y Calero, H. (2014). *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.
<https://repositorio.una.edu.ni/2305/4/ppf02r456.pdf>
- Ripodas, M, (2011) *evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de frijol (phaseolus vulgaris l. var. alubia) en el distrito de san juan de Castrovirreyna Huancavelica (Perú)* [Tesis de grado, Universidad Pública de Navarra].
<https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/3454/577423.pdf?sequence=1>
- Saborío, F., Umaña, Solano, W, Amador, G, Valerin, S, Torres, R., & Valverde, R. (2004). *Induccion of genetic variation Xanthosoma SPP.* En mejora genética de infrautilizado y descuidados cultivos en déficit de alimentos de bajos ingresos países atreves de la irradiación y técnicas relacionadas
- Vargas, A. (2019). *Comportamiento productivo de materiales de siembra de ñame (dioscórea alata L en la región huetar norte de Costa Rica.* [Tesis de grado tecnológico de Costa Rica].<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10836/Comportamiento%20productivo%20de%20materiales%20de%20siembra%20de%20%20C3%B1ame%20%208dioscorea%20alata%29%20en%20la%20Regi%C3%B3n%20Huetar%20Norte%2C%20Costa%20Rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Soto, J. (1983). *Variabilidad en el establecimiento de las plantas en los componentes del rendimiento del tiquizque morado Xanthosoma violaceum según el tipo de material de propagación usado.* [Tesis de grado Universidad de Costa Rica] CATIE
<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2362e/A2362e.pdf>
- Wutoh, J., Tambog, J., Mebolka, M, M., & Nzietchueng, S (1994). *Evaluación de campo de cocoyam (Xanthosoma sagittifolium (I) Schott) para la tolerancia a la enfermedad del poder de la raíz causada por Pythium myriotylum.* En acta Horticulturae 380(pp.462-466).

- Zapata, J., y Velásquez, C. (2013). *Estudio de la producción y comercialización de la malanga: Estrategias de incentivo para la producción en el país y consumo en la ciudad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador* [Tesis de Maestría Universidad Politécnica Salesiana] <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4331/1/UPS-GT000395.pdf>.
- Zúñiga, V (2007). *Efecto del peso de la semilla y la distancia de siembra sobre el crecimiento y la producción de tiquisque blanco (Xanthosoma sagittifolium)* [tesis de grado instituto tecnológico de Costa Rica] <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5870/Efecto%20del%20peso%20de%20la%20semilla%20y%20la%20distancia%20de%20siembra%20sobre%20el%20crecimiento%20y%20la%20producci%3%b3n%20de%20tiquisque%20blanco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Descripción del área del ensayo donde se muestra las franjas con los factores tipos de semilla asexual y factor fertilizante.



Anexo 2. fertilizante foliar (a) enraizador (b) Activador de floración y (c) Engordador de frutos.



Anexo 3. Manejo de arvenses (a), aporque(b) en el cultivo realizado en el cultivo de quequisque a los 90 dds, ubicado en el Centro de Experimentación y Validación y Tecnología El Plantel, Managua, 2020-2021



Anexos 4. Evaluación morfológica de pseudotallo (a), área foliar (b) a los 93 días después de la siembra en el ensayo de quequisque ubicado el Centro de Experimentación y Validación y Tecnología El Plantel

