



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TESIS

PRODUCCIÓN ACELERADA DE SEMILLA DE DOS CULTIVARES DE
QUEQUISQUE (*Xanthosoma* spp.) A PARTIR DE PLANTAS *IN VITRO* EN LA ZONA
DE QUILALÍ, NUEVA SEGOVIA

AUTORES

BR. ROSARIO DEL SOCORRO GARCÍA LOÁISIGA
BR. HUMBERTO ALFREDO CALERO GUTIÉRREZ

ASESORES

Dr. GUILLERMO REYES CASTRO
Ing. Agr. ENA MABEL RIVERS CARCACHE

MANAGUA, ABRIL 2007

DEDICATORIA

La vida esta hecha de sueños y promesas que nos hacen alcanzar la realidad de nuestros sueños y de quienes los comparten.

La culminación de este trabajo fue posible gracias a la motivación de quien siempre luchó por que mis sueños de ser un profesional fueran alcanzados, es por ello que yo quiero dedicar este trabajo a la memoria de mi Madre **María Teresa**

Gutiérrez Solís (q.e.p.d.) quien ha sido y seguirá siendo la persona más importante de mi vida y por quien he luchado por alcanzar mis metas, y aunque físicamente no este conmigo, tengo la plena seguridad de que desde donde se encuentre comparte conmigo la felicidad de saber que mi vida va por buen camino.

“ Mami, hoy puedo decirte que he cumplido la promesa que un día te hice, la cual ha sido posible gracias al apoyo de Dios, de mi padre, mi familia y de todas las personas que de algún modo han aportado un granito de arena para hacer tus sueños y los míos una realidad.”

Gracias por haberme regalado tantos momentos de alegrías y tristezas compartidos que me hicieron ser una mejor persona y que han quedado en mi corazón como una huella imborrable y que pase lo que pase estarán conmigo siempre. Gracias por tanto y todo, siempre estarás en mi mente y mi corazón, Te quiero mucho.

Humberto Alfredo Calero Gutiérrez

DEDICATORIA

Al haber concluido este estudio, dando gracias a Dios lo dedico a:

Mis queridos padres ***Francisco José García Méndez
y Estela Anselma Loáisiga Castillo,*** a

ellos que me han apoyado, estado a mi lado desde el momento en que decidí estudiar la carrera de agronomía hasta estos últimos momentos en los que con este escrito fruto de sus enseñanzas, consejos y querer verme triunfar, han estado ahí a ellos pues la inspiración de realizar y concluir este estudio.

A mis hermanos, Francisco Antonio y Angélica Maria García Loáisiga, ellos con los que he compartido gran parte de mi vida, alegrías y tristezas y me han asistido en cada momento.

Rosario del Socorro García Loáisiga

AGRADECIMIENTO

El amor de Dios y de mi familia han sido los motores que me han impulsado hacia la realidad de mis sueños. Es por ello que orgullosamente agradezco a:

Dios: por haberme regalado la vida, por estar conmigo en cada uno de los momentos de mi vida, por darme la capacidad física e intelectual para ir tras mis sueños y por haberme regalado una familia de la cual me sienta orgulloso.

Mis padres: **Octavio Calero Suárez y Maria Teresa Gutiérrez Solís** por traerme al mundo, por haberme brindado su apoyo incondicional en todo momento para que yo pudiera estudiar aun en condiciones difíciles y por haberme dado un legado de vida lleno de valores.

Mis hermanos: Norma, Raúl, Jaime, José Luís, Carolina y Sergio por compartir cada uno de los momentos buenos y malos de nuestras vidas y por apoyarme cada vez que los he necesitado.

Mis segundos padres: Silvio Balmaceda y Norma Lillyam Calero por abrirme las puertas de su casa y recibirme como un hijo más, sin su apoyo esto no hubiese sido posible.

Mis asesores: Dr. Guillermo Reyes Castro e Ing. Ena Rivers Carcache por la confianza, su apoyo y su amistad depositada en mi persona, ya que este trabajo llegó a su fin gracias a la labor compartida con nosotros.

Mi compañera de tesis: Rosario García Loáisiga, por su amistad y por haberse coordinado conmigo para la realización de este trabajo.

Mi mejor amigo y hermano: Carlitos Berríos Balmaceda por su amistad incondicional en momentos difíciles de mi vida y por estar conmigo cada que lo he necesitado.

A todas las personas que de algún modo comparten conmigo la alegría de haber culminado este trabajo y con el también mi carrera profesional.

Al proyecto PACI por hacernos parte de la realización de dicho proyecto.

A la UNA y a todos los profesores que de una forma u otra formaron parte de mi educación profesional.

A mis compañeros de clase por haber compartido sus experiencias durante estos cinco años, especialmente a: Heidy, Argelia, Lidia y Byron.

Humberto Alfredo Calero Gutiérrez

AGRADECIMIENTO

A Dios nuestro señor y dueño de todo lo creado quien fue y es él quien nos ilumina y guía haciendo su voluntad y dándome ánimo y fuerza para concluir este estudio.

A mis padres los que juntos y con mucho esfuerzo me apoyaron económicamente, me brindaron consejos, confianza, ánimos y mucho cariño.

A mis hermanos Francisco Antonio y Angélica García loáisiga.

A mi querida tía Maria García Méndez por su gran apoyo económico, confianza y cariño brindado.

A mis cuñados Johana Aguilar Mayorga y Julio Baltodano Pilarte.

A mi querido amigo y compañero de tesis Humberto Calero Gutiérrez por su gran apoyo, amistad y todos los momentos compartidos en la elaboración del estudio.

A mi asesores Dr. Guillermo Reyes Castro e Ing. Ena Mabel Rivers por la oportunidad y confianza para realizar este estudio y concluirlo, por su ayuda en cada momento del estudio, consejos y amistad brindada.

A mis amigas y compañeras de clase por su ayuda y amistad Lidia Florián Nájerez, Argelia Guerrero y Heidy Corea Narváez.

Al proyecto PACI por hacernos parte de la realización de dicho proyecto.

A la UNA y a todos los profesores que de una forma u otra formaron parte de mi educación profesional.

***Rosario del Socorro García
Loáisiga***

ÍNDICE GENERAL

Sección	Página	
ÍNDICE DE TABLAS	iii	
ÍNDICE DE FIGURA	iv	
ÍNDICE DE FOTOS	v	
RESUMEN	vi	
I	INTRODUCCIÓN	1
II	MATERIALES Y MÉTODOS	5
2.1	Ubicación geográfica	5
2.2	Diseño experimental	6
2.3	Variables evaluadas	6
2.3.1	Variables morfológicas	6
2.3.2	Componentes de rendimiento	7
2.3.3	Variables de propagación	7
2.3.4	Re-infección con el DsMV	8
2.4	Uso de vitroplantas como fuente de material de propagación	11
2.5	Análisis estadístico	11
2.6	Manejo agronómico	11
III	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
3.1	Variables morfológicas	13
3.1.1	Altura de la planta	13
3.1.2	Número de hojas	14
3.1.3	Área foliar	15
3.1.4	Grosor de pseudotallo	16
3.1.5	Número de hijos	17
3.2	Re-infección con DsMV	18
3.2.1	Conteos visuales	18

Sección	Página
3.2.2 Prueba ELISA	18
3.3 Variables de rendimiento	20
3.3.1 Número y peso de cormelos	20
3.4 Variables de propagación	21
3.4.1 Variables de hijos	21
3.4.2 Variables del cormo	21
3.4.3 Taller con productores y distribución del material de siembra de buena calidad	23
IV CONCLUSIONES	26
V RECOMENDACIONES	27
VI REFERENCIAS	28
ANEXOS	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°		Página
1	Dimensiones del área experimental	6
2	Plantas de los cultivares de quequisque Bco y NG con síntomas de DsMV.	18
3	Porcentaje de re-infección (%) con el DsMV de los cultivares de quequisque Bco, NG, plantas silvestres <i>Xanthosoma mexicanum</i> y <i>Xanthosoma spp.</i>	19
4	Variables de rendimiento de los cultivares de quequisque Bco y NG en Quilalí, Nueva Segovia al momento de la cosecha.	20
5	Número y peso de hijos de los cultivares de quequisque Bco y NG en Quilalí, Nueva Segovia al momento de la cosecha.	21
6	Variables de propagación de los cultivares de quequisque Bco y NG en Quilalí, Nueva Segovia al momento de la cosecha.	22
7	Número de yemas totales potenciales (de cormelos, de hijos y de cormos) de los cultivares de quequisque Bco y NG en Quilalí, Nueva Segovia.	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°		Página
1	Precipitación promedio registrada en la zona de Quilalí, Nueva Segovia en el período de realización del ensayo (2006)	5
2	Representación esquemática del Double Antibody Sándwich (DAS)-ELISA utilizado en el estudio. (Tomado de Protocols and Applications Guide, PROMEGA, 1996).	10
3	Altura promedio de plantas (cm) de los cultivares de quequisque Bco y NG en Quilalí, Nueva Segovia en el período del ensayo.	13
4	Número de hojas promedio por planta de los cultivares de quequisque Bco y NG en Quilalí, Nueva Segovia en el período del ensayo.	14
5	Área foliar (cm ²) por planta de los cultivares de quequisque Bco y NG en Quilalí, Nueva Segovia en el período del ensayo.	15
6	Diámetro (cm) de plantas de los cultivares Bco y NG de quequisque en Quilalí, Nueva Segovia en el período del ensayo.	16
7	Número de hijos promedio por planta de los cultivares de quequisque Bco y NG en Quilalí, Nueva Segovia en el período del ensayo.	17
8	Esquema del uso de vitroplantas en conjunto con la técnica de reproducción acelerada de semilla.	23

ÍNDICE DE FOTOS

Foto N°		Página
1	Cormelos cosechados de los cultivares de quequisque Bco y NG.	20
2	Cormos de una planta madre de quequisque Bco donde se muestran las yemas laterales	22
3	Esquema de la Técnica de Reproducción Acelerada de Semilla. (A) cormo madre, (B) yemas laterales,(C) plantas en el cantero, (D) plantas en el campo.	25

RESUMEN

El cultivo del quequisque (*Xanthosoma* spp.) fue establecido en el campo el 2 de diciembre del 2005 en Quilalí, Nueva Segovia. Se evaluó el potencial de propagación, utilizando la técnica de reproducción acelerada de semilla de vitroplantas de los cultivares de quequisque Blanco (Bco) y Nueva Guinea (NG), además el comportamiento morfológico, rendimiento y la incidencia del *Virus del Mosaico del Dasheen* (DsMV). El ensayo se estableció utilizando un esquema de diseño BCA con 4 bloques y densidad de 17,000 plantas ha⁻¹ (1.0 x 0.60 m). Seis surcos de 25 plantas conformaron el bloque (150 plantas/bloque). Se analizaron estadísticamente las variables morfológicas, de rendimiento y de propagación. El cultivar Bco registró los mejores promedios en las variables morfológicas a excepción en número de hojas que fue obtenido por el cultivar NG. En el primer periodo de crecimiento a los 89 dds 9-12 % de las plantas presentaban síntomas de DsMV y más del 50 % de ellas estaban infectadas (prueba ELISA). A los 168 dds 100 % estaban ya infectadas. El peso de cormelos por hectárea en NG (6,270 kg ha⁻¹) y Bco (5,100 kg ha⁻¹) fue estadísticamente similar. El peso de cormelos por planta en NG (0.369 kg) fue superior estadísticamente que en Bco (0.29 kg). El cultivar Bco registró 47.57 y NG 31.42 yemas totales/planta. Con el total de plantas en el campo 2200 del cultivar NG y 2000 del cultivar Bco multiplicadas por el número total de yemas totales/planta se obtuvieron 164,264 plantas de buena calidad a ser establecidas en 9.6 ha. Con el número de yemas obtenidas en cada cultivar por la densidad de siembra por hectárea se obtuvieron 808,690 plantas para el cultivar NG y 534,140 plantas para el cultivar Bco.

I INTRODUCCIÓN

El quequisque (*Xanthosoma* spp.) género de la familia de las Aráceas, es originario de América tropical y subtropical. Es uno de los primeros cultivos utilizados por el hombre y es una de las seis raíces y tubérculos más importantes en el mundo (Jennings, 1987; Onwueme y Charles, 1994). El cormo, cormelos y hojas del quequisque son una fuente importante de carbohidratos para la nutrición humana y animal, además genera ingreso monetario a los productores (Tambong *et al.*, 1997).

Debido a su alto contenido en proteínas y carbohidratos, pobladores en los países antillanos preparan una harina que se utiliza para la elaboración de reposterías. Existe gran demanda de este producto agrícola en el mercado nacional como internacional, principalmente Estados Unidos cuyos mayores abastecedores de quequisque fresco son República Dominicana y Costa Rica (INTA, 2000).

En Nicaragua el quequisque es un cultivo de subsistencia y generador de recursos para pequeños productores y campesinos. Es el tercer cultivo farináceo más importante después de la papa y la yuca. Es cultivado de manera artesanal en áreas pequeñas de 0.4 a 1.4 ha con rendimientos de 19,363 a 22,590 kg ha⁻¹ (INTA, 2000). Las principales regiones productoras de quequisque están ubicadas en el trópico húmedo (Río San Juan, El Rama, Nueva Guinea) cuya producción está destinada a la exportación, y en los departamentos de Masaya, Carazo, Rivas y Granada que destinan la producción para el consumo interno. Masaya es el departamento con mayor producción a nivel local (INTA, 2000).

El quequisque se propaga vegetativamente debido a la existencia de abundantes yemas en sus estructuras subterráneas y en la parte aérea del cormo (Montaldo, 1991) por esta forma de propagación se diseminan hongos, bacterias y virus, los que causan reducción del rendimiento.

El área de producción en Nicaragua disminuyó drásticamente de 30,000 ha en el año 2002 (MAGFOR, 2003) a 6,450 ha en el 2004 (CEI, 2005) debido fundamentalmente a la inestabilidad de los precios y por problemas de enfermedades, uso de material de siembra re infectado con hongos, virus y bacterias. Este problema es muy serio en el trópico húmedo donde casi la totalidad de la producción de quequisque se destina a la exportación (Reyes *et al.*, 2005).

Los agricultores no utilizan prácticas de manejo adecuado para este cultivo (Rojas, 1998), lo que facilita la dispersión de las enfermedades. La falta de material de siembra con calidad fitosanitaria también ha contribuido a la dispersión de las enfermedades. Entre las principales enfermedades está el *Virus del mosaico del dasheen* (DsMV, siglas en inglés) que afecta entre 68-100 % de las plantas en las plantaciones comerciales del país (Reyes *et al.*, 2005). El DsMV reduce en al menos 26 % el rendimiento del quequisque (Reyes *et al.*, 2006), aunque ataques severos pueden causar hasta 50 % en pérdidas en rendimiento (Saborío *et al.*, 2004). Otra enfermedad es el mal seco causado por un complejo de hongos-bacterias del suelo. Esta es la más devastadora de las enfermedades y puede causar pérdidas totales del rendimiento. La enfermedad se dispersa a través del suelo y el material de propagación y persiste en suelo por muchos años.

En Nicaragua es necesario buscar alternativas a la alta incidencia de enfermedades que han dejado pérdidas económicas a los productores de quequisque (MAGFOR, 2000). Puesto que no se reporta o son muy pocos los esfuerzos para dar solución a este problema, la calidad de la semilla es la base para el éxito en la producción comercial de quequisque, ya que ésta permite obtener plantas sanas, vigorosas, libres de daños de plagas, enfermedades y con buenos rendimientos (INTA, 2000).

La utilización de plantas saneadas a través de cultivo *in vitro* (vitroplantas) es ya una propuesta de solución comprendida y puesta en práctica por productores individuales y agrupados. A pesar de que la utilización masiva y directa de vitroplantas 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 de el primer ciclo vegetativo sean destinadas a la obtención de material de siembra (Reyes y Aguilar, 2005), con el objetivo de obtener mayores rendimientos, calidad de las cosechas y lograr mayor competitividad en el mercado nacional e internacional.

Objetivos

General

- Evaluar el potencial de propagación de vitroplantas de quequisque de los cultivares Blanco (Bco) y Nueva Guinea (NG), empleando yemas del cormo, hijos y cormelos a través de la técnica de reproducción acelerada de semilla

Específicos

- Usar las vitroplantas una vez cosechadas como fuente de material de propagación multiplicándolas a través de la técnica de reproducción acelerada de semilla (TRAS).
- Evaluar el comportamiento agronómico a través del análisis de las variables morfológicas y de rendimiento.
- Evaluar la tasa de reinfección con DsMV en las vitroplantas.

II MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación geográfica

El presente estudio fue establecido el 2 de diciembre del 2005 en la época de verano en Quilalí municipio de Nueva Segovia. Quilalí tiene una extensión aproximada de 339 km² y altitudes que oscilan entre los 900 y 1000 msnm. Sus coordenadas son 13° 34' latitud norte y 86° 01' longitud oeste, temperaturas promedio de 26 °C y humedad relativa 72 %. Los suelos son de tipo tropical con buena fertilidad y productividad, en general aptos para actividades agrícolas.

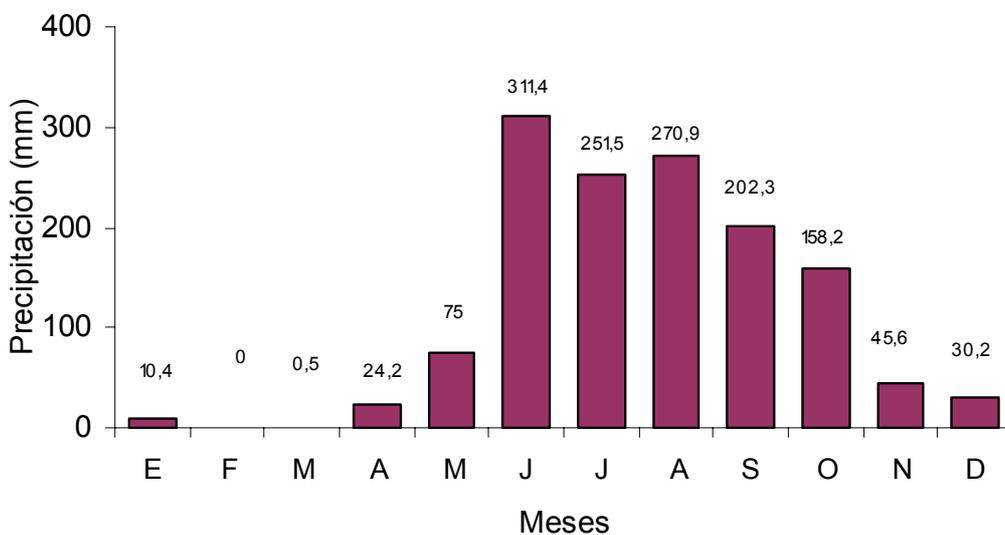


Figura 1. Precipitación promedio registrada en la zona de Quilalí, Nueva Segovia en el período de realización del ensayo (2005-2006).

Los cultivares de quequisque Bco y NG se colectaron en la zona de Nueva Guinea alrededor de 20 cormos madres por cultivar y cada una de sus yemas fueron establecidos en el laboratorio de cultivo de tejidos de la UNA, como resultado del esquema de cultivo *in vitro* de meristemas y el diagnóstico con la prueba ELISA (siglas en inglés de enzyme-linked immunosorbent assays). Las vitroplantas fueron aclimatadas durante dos meses en el sombreadero

bajo condiciones controladas de riegos periódicos, luz y aislamiento. Posteriormente fueron trasladadas al lugar de establecimiento.

2.2. Diseño experimental

El ensayo estuvo conformado por dos tratamientos: los cultivares Blanco y Nueva Guinea, los que se arreglaron en un diseño de bloques completos al azar (BCA) con cuatro bloques. Los bloques estuvieron conformados por 6 surcos, cada surco formado con un número de 25 plantas, para un total de 150 vitroplantas por bloque. Los dos surcos centrales conformaron la parcela útil, de las cuales se evaluaron 10 plantas por surco a partir de la octava planta. La distancia de siembra utilizada fue de 1.0 m entre surcos y 0.60 m entre plantas, para una densidad de 17,000 plantas ha⁻¹. Las dimensiones del ensayo se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Dimensiones del área experimental.

Componentes	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)
Bloque	20	11	220
Parcela	20	6	120
Parcela útil	6	2	12.0
Total	80	11	960

2.3 Variables evaluadas

2.3.1 Variables morfológicas

- *Altura de la planta (cm)*. Se midió a partir de la base del pseudotallo hasta la inserción del pecíolo en la lámina de la hoja de mayor altura en la planta principal.
- *Número de hojas*. El conteo de número de hojas totales presentes en la planta principal.
- *Área foliar (cm)*. Se obtuvo multiplicando el largo por el ancho de la hoja de mayor altura de la planta principal por el factor de corrección 1.48 sugerido por Morales (1987). El largo de la hoja se midió desde la unión con el pecíolo hasta su ápice. El ancho se midió evaluando los lóbulos de la hoja.

- *Diámetro del pseudotallo (cm)*. Se evaluó midiendo el diámetro de inserción de la vaina de la hoja en la base de la planta haciendo uso del vernier.

- *Número de hijos*. El conteo del número de hijos presentes en la planta principal.

2.3.2 Componentes del rendimiento

Al momento de cosecha se realizaron evaluaciones dirigidas a contabilizar:

- *Número de cormelos por planta*: se realizó el conteo del número de cormelos que presentaba cada planta.

- *Peso del cormelo por planta (kg)*: una vez obtenido el número de cormelos fueron pesados en una balanza portátil.

2.3.3 Variables de propagación

Variables de hijos

- *Número de hijos*: se contabilizó el número de hijos presentes alrededor de la planta madre.

- *Peso de hijos (kg)*: el total de hijos obtenidos fueron pesados en la balanza portátil.

Variables del cormo

- *Peso de cormo (kg)*: la planta madre fue decapitada, se le quitó las raíces y cormelos, y posteriormente fue pesado el cormo principal.

- *Longitud del cormo (cm)*: se midió el largo del cormo principal.

- *Diámetro del cormo*: mediante el uso del vernier se midió el diámetro del cormo principal debajo de la base del pseudotallo.

- *Número de yemas del cormo*: se contabilizó el número de yemas brotadas en la parte lateral del cormo.

- *Número de yemas totales*: (N° de yemas del cormo + N° de yemas de los cormelos + N° de yemas de los hijos) se contabilizó el número de yemas totales del cormo, el número de yemas totales de los

cormelos, en el cultivar NG se extrajeron 2 yemas por cormelo ya que eran de mayor tamaño que los del cultivar Bco, en el número de yemas totales por hijos, se obtuvieron 4 yemas por cada hijo.

2.3.4 Re-infección con el DsMV

Conteos visuales. Se contabilizaron las plantas que presentaban los síntomas, los datos obtenidos se presentaron como una relación porcentual del número de plantas totales por cultivar.

Los conteos visuales se realizaron de acuerdo a la sintomatología del virus.

- Clorosis severa de las venas, que toman la apariencia de plumas blancas.
- Hojas en mosaico con áreas levemente cloróticas.
- Clorosis generalizada en áreas intervenales acompañada frecuentemente de deformación foliar.

Prueba ELISA. Se seleccionaron al azar 20 plantas por bloque, para un total de 80 plantas por genotipo en cada evaluación. Se realizaron tres colectas de muestras de hojas para realizar el análisis ELISA (AGDIA pathoscreen kit). A muestras de hojas de *Xanthosoma* silvestres encontradas en la zona cercana del lugar donde se estableció el ensayo, se les realizó de igual manera la prueba ELISA.

Para la realización de la prueba ELISA se siguieron cada uno de los pasos que indica el protocolo AGDIA que a continuación se describe:

Cada muestra de hoja de aproximadamente 100 g fue colocada en un mortero eléctrico, al que se le añadió 2 ml de buffer de extracción para su posterior maceración. Después de la maceración el extracto fue depositado en un tubo eppendorf de 1.5 ml e inmediatamente ubicado en hielo. Cada una de las muestras fue codificada y centrifugada por un minuto a 14,000 rpm, para separar los restos del tejido del extracto buffer-planta. 1 ml del supernadante fue colocado luego en uno de los pocillos de la placa de poliestireno que contenía la primera capa de anticuerpo. El control positivo suministrado por el kit y un testigo (muestras de hojas de una planta que mostró síntomas del DsMV) fueron incluidos en la placa.

La placa de poliestireno fue incubada en cámara húmeda durante 2 horas a temperatura ambiente o durante toda la noche en el refrigerador (4 °C). Quince minutos antes de completar el periodo de incubación se preparó el conjugado de enzima (segundo anticuerpo).

Una vez terminada la primera incubación, los pocillos de la placa fueron lavados con buffer de lavado PBST (detergente no iónico). Los lavados se repitieron de 4 a 8 veces. Después de lavar la placa se agregó el conjugado de enzima distribuyendo 1 ml por cada pocillo de la placa. Luego se incubó la placa en una cámara húmeda durante 2 horas a temperatura ambiente.

Aproximadamente 15 minutos antes de finalizar el paso de la incubación anterior se preparó la solución reveladora PNP (fosfatasa), que es una enzima que reacciona con el sustrato buffer para dar la coloración que indica la presencia del virus. Terminada el periodo de incubación la placa fue lavada de 4 a 8 veces con PBST. 1 ml de la solución PNP se distribuyó luego a cada pocillo de la placa y se incubó durante 30 a 60 minutos en cámara húmeda.

Se evaluaron los resultados de acuerdo a la tinción, el color amarillo indicaba resultados positivos y negativo cuando no hubo desarrollo de los colores (Figura 2).

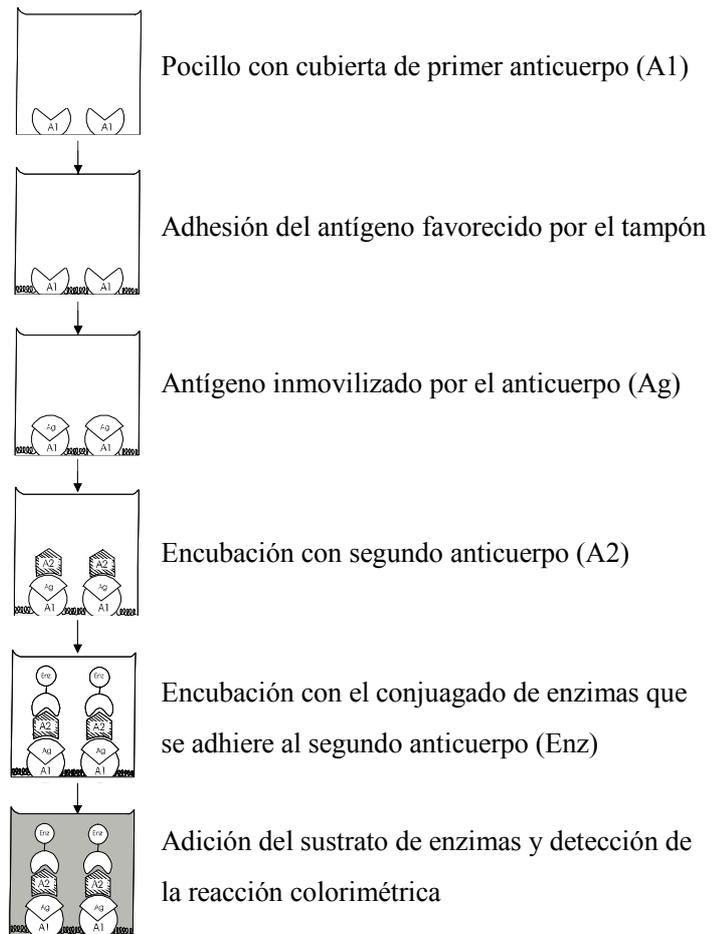


Figura 2. Representación esquemática del Double Antibody Sandwich (DAS) ELISA utilizado en el estudio (Tomado de Protocols and Applications guide, PROMEGA, 1996).

2.4 Uso de vitroplantas como fuente de material de propagación

Posteriormente a la cosecha los cormos, hijos y cormelos de todas las plantas fueron usados como fuente de material de propagación. Con el propósito de maximizar el número de plantas a obtener a partir de una vitroplanta, se utilizó la técnica TRAS desarrollada por Reyes y Aguilar (2005). Se seleccionaron 20 plantas de los dos surcos centrales. A los cormos, hijos y cormelos se les extirpó la yema terminal para eliminar la dominancia apical e inducir la brotación de las yemas laterales. Posteriormente los cormos y cormelos fueron ubicadas en un lugar fresco y sombreado durante un mes. Transcurrido este tiempo todas las yemas de cormos y cormelos se extrajeron y se contabilizaron el número de yemas por corno por planta, número de yemas por cormelo por planta y el número de yemas totales por planta, para conocer cual fue el potencial que tuvieron estas plantas.

2.5 Análisis estadístico

A los datos provenientes de las evaluaciones periódicas realizadas a las variables morfológicas, de rendimiento y propagación se les realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y prueba de separación de medias de rangos múltiples de Tukey ($\alpha=0.05$) para determinar diferencias significativas que pudiesen haber entre los tratamientos.

2.6 Manejo agronómico

En el establecimiento del cultivo se realizaron las siguientes actividades:

- *Limpieza del terreno.* Se eliminaron todas las malezas y piedras que pudieran obstaculizar el paso del arado.
- *Arado.* Se realizaron dos pases de arado de tal manera que la tierra no presentara terrones grandes y que permitieran la siembra y establecimiento exitoso del cultivo.
- *Surcado.* Se realizaron con una acamadora a una distancia de 1 m entre surcos.

- *Siembra*. Las plantas *in vitro* ubicadas en bolsas plásticas se trasladaron directamente al campo y se sembraron en surcos con distancia de 1 m entre surcos y 0.60 m entre plantas.

- *Fertilización*. Se efectuaron 3 fertilizaciones a lo largo del ciclo del cultivo, una al fondo del surco al momento de la siembra con la fórmula NPK (15-15-15), a los 60 días después de la siembra (dds) y la tercera a los 120 dds a una razón de 129 kg ha⁻¹ según lo recomendado por el INTA (2000).

- *Aporque*. Se realizaron cuatro labores de aporque con azadones para acumular tierra en la base del pseudotallo y brindarle mayor sostén a la planta.

- *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, esta actividad fue realizada a los 291 dds.

III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Variables morfológicas

3.1.1. Altura de la planta

El crecimiento de los cultivares fue continuo durante el período evaluado (235 días). La altura de las plantas en el cultivar Bco fue superior de manera constante al registrado en las plantas del cultivar NG. A excepción de la evaluación realizada a los 168 dds en las restantes evaluaciones se reportan diferencias estadísticas significativas a favor del cultivar Bco (Figura 3). Estos resultados coinciden con lo reportado por Wilson (1984) quien plantea que la altura máxima en las plantas de quequisque propagado convencionalmente se logra a los 7 meses después de la siembra, alrededor de 210-220 dds.

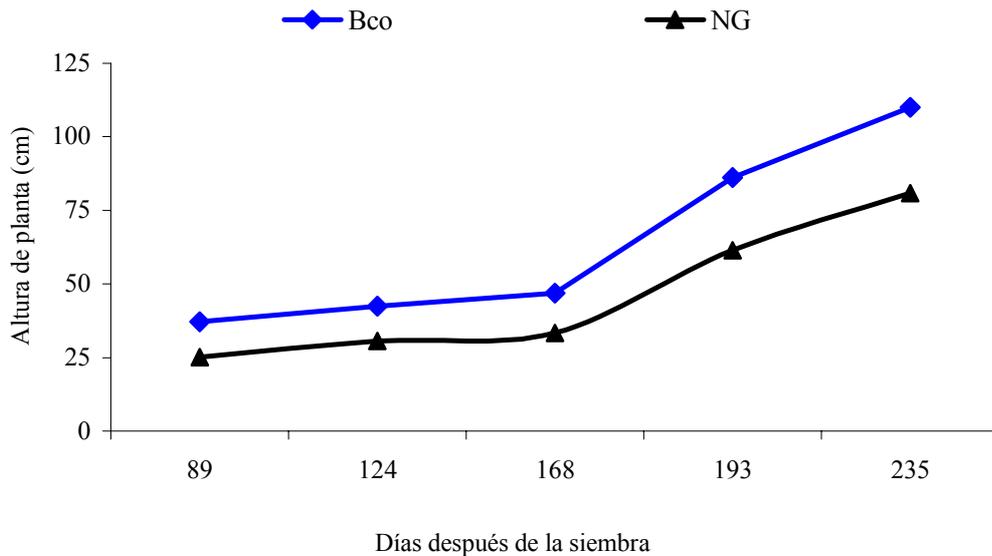


Figura 3. Altura promedio de plantas (cm) de los cultivares de quequisque Bco y NG en Quilalí, Nueva Segovia en el periodo del ensayo.

Los cultivares de quequisque, independientemente de sus lugares de procedencia, demandan para su desarrollo de importante suministro de agua, fundamentalmente en los primeros seis meses del cultivo.

Los cultivares Bco y NG tuvieron un crecimiento lento en los primeros seis meses del cultivo posiblemente debido a un corto período de sequía reportado en el lugar del ensayo, el que coincidió con la primera fase del cultivo. López *et al.* (1995) definen este primer período o fase como el lento crecimiento del follaje que comprende desde la brotación hasta la aparición de los cormos primarios, secundarios y terciarios.

3.1.2 Número de hojas

Ambos cultivares no presentaron tendencia de aumento o disminución sostenida del número de hojas. El número de hojas se mantuvo en el rango de 3.8 – 4.5. No se encontraron diferencias estadísticas significativas, con excepción a los 124 dds, cuando el cultivar NG registró el mayor número de hojas. A los 168 dds el número de hojas declinó para luego aumentar a los 193 dds. La reducción en hojas fue causada posiblemente por las condiciones climáticas adversas (Figura 4).

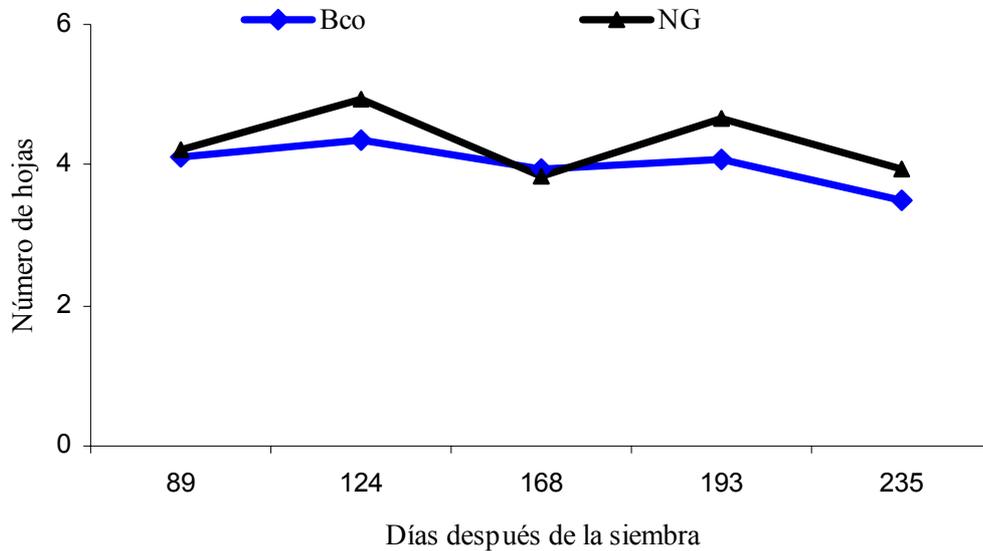


Figura 4. Número de hojas promedio por planta de los cultivares de quequisque Bco y NG en Quilalí, Nueva Segovia en el periodo del ensayo.

En la última evaluación realizada (235 dds) se experimentó otra reducción en el número de hojas. Esto coincide con lo que afirman López *et al.* (1984) que a partir de los 240 dds puede producirse una caída en el contenido de materia seca por causa del rebrote de los cormelos ocasionado por las alteraciones de la humedad del suelo.

Al parecer el número de hojas presentes en una planta está en dependencia de las condiciones a las que ha sido sometida más que a su constitución genética, los resultados obtenidos en el estudio presentaron valores similares entre los cultivares.

3.1.3 Área foliar

Hasta los 235 dds los cultivares presentaron similar curva de crecimiento. Sin embargo se encontraron diferencias significativas favoreciendo al cultivar Bco. Hasta los 168 dds los cultivares crecieron paralelamente y luego ocurrió un marcado aumento del área foliar en el cultivar Bco. En este estudio los dos cultivares mantuvieron siempre su desarrollo hasta la última fecha de evaluación a los 235 dds obteniendo el Bco el máximo valor (2,559 cm²). (Figura 5).

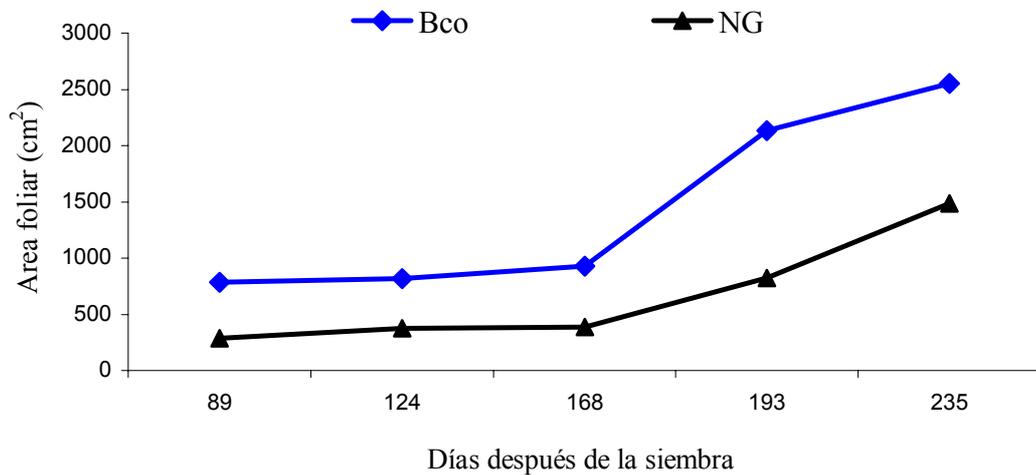


Figura 5. Área foliar (cm²) por planta de los cultivares de quequisque Bco y NG en Quilalí, Nueva Segovia en el periodo del ensayo.

Onwuene (1978), Igbokwe (1983), Chandler *et al.* (1982) y Ramírez (1992) afirman que en la segunda fase de desarrollo del cultivo hay un crecimiento más acelerado de las hojas y raíces, además un alargamiento de los cormos. Durante esta etapa se alcanza el máximo desarrollo foliar de la planta fase que se extiende a los 90 dds hasta los 180 dds. En el presente estudio la máxima área foliar se registró después de los 168 dds, la posible causa de esta variación fue la falta de humedad en el suelo por la escasez de lluvias en la zona.

3.1.4 Grosor de pseudotallo

Ambos cultivares mantuvieron una tendencia constante de crecimiento del grosor del pseudotallo. Se reportaron diferencias significativas a los 89, 168 y 193 dds. El cultivar Bco obtuvo los valores más altos a lo largo del estudio. A partir de 193 dds los cultivares engrosaron el tallo, de tal manera que al final del estudio los cultivares presentaran resultados muy similares (Figura 6).

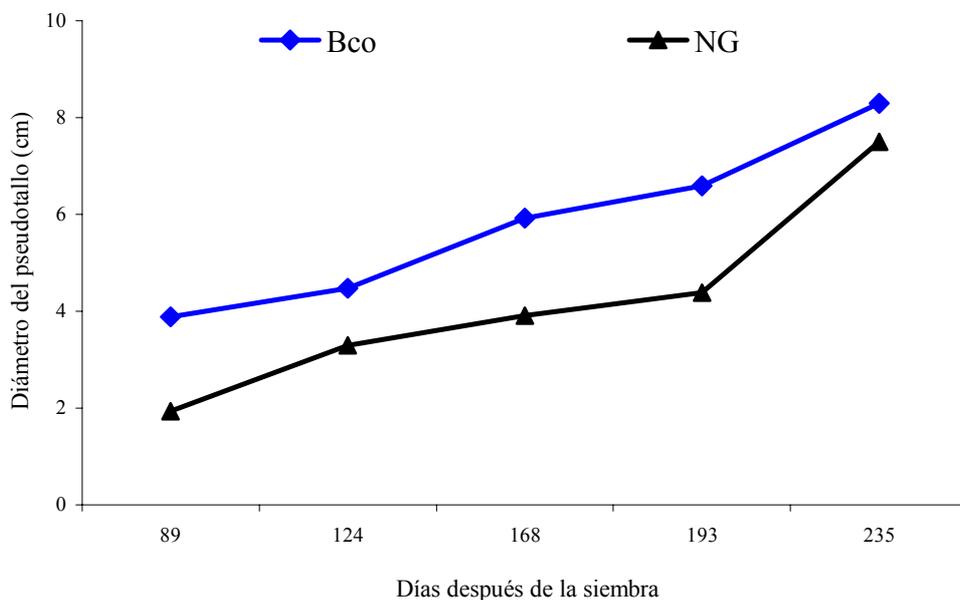


Figura 6. Diámetro (cm) de plantas de los cultivares Bco y NG de quequisque en Quilalí, Nueva Segovia en el periodo del ensayo.

Los resultados del presente estudio coinciden con lo planteado por López *et al.* (1995) en cuanto a que la materia seca del pseudotallo de la planta madre aumenta considerablemente entre los 150 y 180 dds.

3.1.5 Número de hijos

El número de hijos en el cultivar Bco presentó un aumento continuo durante todas las evaluaciones hasta los 235 dds, en cambio en el cultivar NG el número de hijos aumentó constantemente hasta los 193 dds y luego se mantuvo estable hasta la última evaluación realizada a los 235 dds (Figura 7).

Se registraron diferencias significativas a lo largo de las cinco evaluaciones, favoreciendo de manera constante al cultivar Bco con un promedio final de 7.60 hijos/pta.

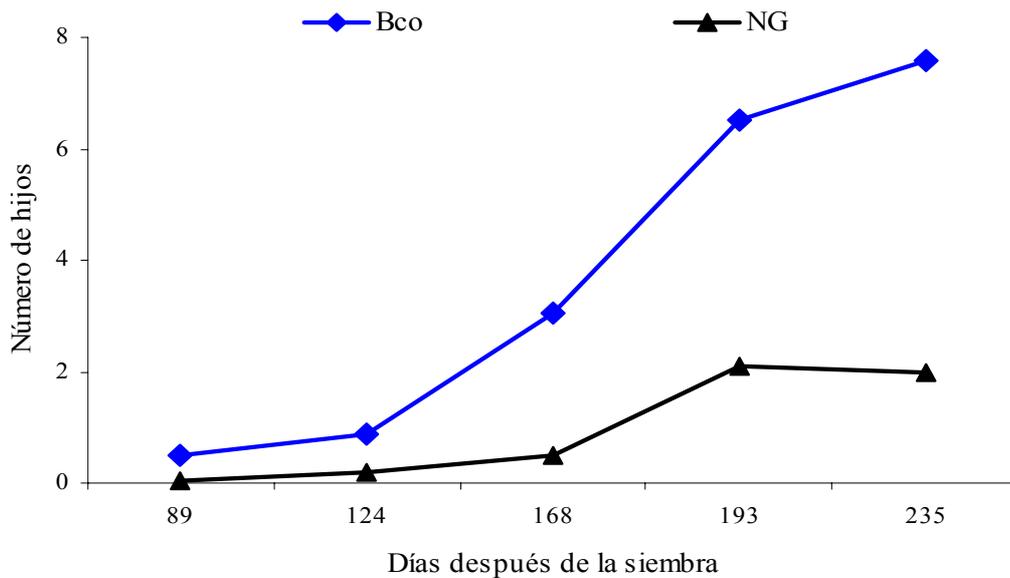


Figura 7. Número de hijos promedio por planta de los cultivares de quequisque Bco y NG en Quilalí, Nueva Segovia en el periodo del ensayo.

El número de hijos diferenciado en el cultivar Bco se atribuye al genotipo. El cultivar Bco se desarrolló más rápidamente y al parecer es más tolerante a condiciones adversas.

Según López *et al.* (1984) el desarrollo de los cormos secundarios es perjudicial para el desarrollo de los cormelos, ya que cuando los cormos secundarios brotan, disminuyen considerablemente los rendimientos de los cormelos y pierden calidad. El hecho que el cultivar Bco presentase mayor número de hijos (Figura 7), es la posible causa de que este cultivar haya presentado rendimientos inferiores al cultivar NG como se explicará en el análisis del rendimiento.

3.2 Re-infección con DsMV

3.2.1 *Conteos visuales.* A los 89 dds se realizó el conteo visual tomando en cuenta las plantas que presentaban la sintomatología del DsMV. En cada bloque se identificaron las plantas con síntomas y se realizó una relación porcentual del número de plantas totales por cultivar.

Tabla 2. Plantas de los cultivares de quequisque Bco y NG con síntomas de DsMV.

• Cultivares	• Número de plantas	• Plantas con síntomas (%)
• Bco	• 600	• 9.5
• NG	• 600	• 12.8

Según Pernezny *et al.* (2004) la diseminación y el período de infección con el DsMV en el campo puede ser muy rápida, esto coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio ya que a los 89 dds por medio de los conteos visuales las plantas ya presentaban síntomas infección con DsMV. El síntoma más común que se observó fue la forma de plumilla blanca o amarillamiento de las hojas.

Una de las características del DsMV es que los síntomas visuales aparecen y desaparecen, es decir aunque algunas plantas no presenten ningún síntoma de infección estas son portadores del virus, es por ello que se hace necesaria la realización de la prueba ELISA para confirmar la presencia del virus.

3.2.2 *Prueba ELISA.* La re-infección con DsMV en las plantas ocurrió en un período relativamente corto. Al momento del establecimiento del ensayo, las plantas fueron confirmadas estar 100 % libres del DsMV. A los 89 dds el cultivar Bco registró mayor porcentaje reinfeksi3n (56.25 %) muy similar al registrado en el cultivar NG (53.57 %). A los 124 dds la reinfeksi3n aumentó en el cultivar Bco a 76.3 % y en el cultivar NG a 75.6 %. A los 168 dds el 100 % de las plantas estaban reinfectadas con DsMV (Tabla 3)

Tabla 3. Porcentaje de re-infecci3n (%) con el DsMV de los cultivares de quequisque Bco, NG, plantas silvestres *Xanthosoma mexicanum* y *Xanthosoma* spp.

Culti	Plantas evaluadas	Días despu3s de la siembra		
		89	124	168
Bco	80	56.25	76.3	100
NG	80	53.57	75.6	100
<i>X. mexicanum</i>	4	*	100	100
<i>X. sp</i>	3	*	100	100

Los resultados obtenidos en el presente estudio coinciden con lo planteado por Pernezny *et al.* (2004) para quienes la diseminaci3n y el período de re-infecci3n con el DsMV en el campo puede ser muy rápida. El DsMV es transmitido de manera no persistente casi exclusivamente por áfido o pulgones. Según Brunt *et al.*, (1996) el DsMV no puede ser transmitido por contacto entre las plantas, ni por semilla, ni a través del polen, ni por inoculaci3n mecánica. Según el CIP (2002) las altas temperaturas y la falta de lluvia favorecen la reproducci3n y movimiento de los áfidos. En el ensayo se presentaron ambas condiciones, lo que favoreci3n la dispersi3n del virus.

En el estudio se evaluaron también muestras de plantas de especies *Xanthosoma* silvestres (*X. mexicanum*, *X. spp.*) ubicadas en los alrededores del ensayo. La prueba ELISA demostró que éstas presentaban el virus. La re-infecci3n de las plantas sanas con el virus puede explicarse por la presencia de diversas especies de insectos entre ellos de áfidos, y plantas de especies *Xanthosoma*

silvestres que crecieron voluntariamente, las cuales estaban infectadas con DsMV, lo que hace suponer que las plantas silvestres fueron la fuente de inóculo inicial del virus.

3.3 Variables de rendimiento

3.3.1 Número y peso de cormelos

No se encontraron diferencias estadísticas entre los cultivares en cuanto al número y peso de cormelos (Tabla 4).

Tabla 4. Variables de rendimiento de los cultivares de quequisque Bco Y NG en Quilalí, Nueva Segovia al momento de la cosecha.

• Cultivares	• Variables de rendimiento	
	• Número de cormelos	• Peso de cormelos (kg)
• Bco	• 9.12 a	• 0.30 a
• NG	• 6.55 a	• 0.37 a
• ANDEVA	• ns	• ns
• CV (%)	• 24.14	• 0.64
• R ²	• 0.76	• 0.60

El número y peso de cormelos presentaron una relación inversamente proporcional. El cultivar Bco registró el mayor número de cormelos pero con menor peso. El cultivar NG reportó menor número de cormelos pero con mayor tamaño y peso (Foto 1).



Foto 1. Cormelos cosechados de los cultivares de quequisque Bco y NG.

El uso de plantas de quequisque libres de virus en Nicaragua ha sido reportado por Reyes *et al.* (2006). En un estudio establecido en condiciones del CENIA-INTA, Managua y cuyo objetivo

era evaluar el comportamiento agronómico de las vitroplantas, se obtuvieron rendimientos de 13.6 ton ha⁻¹ en plantas infectadas con DsMV y 18.2 ton ha⁻¹ en plantas sanas. El presente estudio, en cambio, tuvo como objetivo utilizar cormos, hijos y cormelos de vitroplantas como fuente de yemas para generar nuevas plantas a través de la técnica TRAS. A pesar de las condiciones de suelos con mal drenaje, escasez de agua en la zona y la reinfección con el DsMV durante la realización del ensayo, se registraron 5.10 ton ha⁻¹ para el cultivar Bco y 6.27 ton ha⁻¹ para el cultivar NG. Estos rendimientos aproximan al rendimiento promedio nacional reportado por el MAGFOR (2005) de 7.2 ton ha⁻¹.

3.4 Variables de propagación

3.4.1 Variables de hijos

Los cultivares presentaron diferencias estadísticas significativas en las variables número y peso de hijos, el cultivar Bco obtuvo los mejores resultados. En ambos genotipos la relación número y peso de hijos fue directamente proporcional, a mayor número de hijos, mayor peso (Tabla 5).

Tabla 5. Número y peso de hijos de los cultivares de quequisque Bco y NG en Quilalí, Nueva Segovia al momento de la cosecha.

• Cultivares	• Número de hijos	• Peso de hijos (kg)
• Bco	• 6.85 a	• 0.73a
• NG	• 2.20 b	• 0.23 b
• ANDEVA	• *	• *
• CV (%)	• 22.48	• 0.92
• R ²	• 0.94	0.88

El hecho de que el cultivar Bco desarrollara mayor número de hijos lo explica la constitución genética. El desarrollo precoz del cultivar Bco se manifestó también en la producción de hijos, pues éstos aparecieron más tempranos y en mayor número que en el cultivar NG.

3.4.2 Variables del cormo

No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los cultivares en ninguna de las variables de propagación evaluadas, sin embargo los mejores resultados numéricos fueron obtenidos por el cultivar Bco (Tabla 6).

Tabla 6. Variables de propagación de los cultivares de quequisque Bco y NG en Quilalí, Nueva Segovia al momento de la cosecha.

Cultivares	Variables del cormo			
	Peso del cormo (kg)	Diámetro del cormo (cm)	Longitud (cm)	Número de yemas
Bco	0.64 a	8.14a	10.78 a	11.05 a
NG	0.61 a	7.96 a	9.27 a	9.52 a
ANDEVA	ns	ns	ns	ns
CV (%)	0.65	6.74	13.98	25.40
R ²	0.205	0.254	0.45	0.40

Entre las variables de peso de cormo y número de yemas, existió una estrecha relación ya que a mayor tamaño del cormo hubo mayor número de yemas disponibles a ser propagadas.

Tabla 7. Número de yemas totales potenciales (de cormelos, de hijos y de cormos) de los cultivares de quequisque Bco y NG en Quilalí, Nueva Segovia.

Cultivares	Número de yemas del cormo	Número de yemas de los cormelos	Número de yemas de los hijos	Número de yemas totales
Bco	11.05	9.12	27.40	47.57
NG	9.52	13.10	8.80	31.42

A través de la TRAS se obtuvieron entre 32 y 48 yemas por cada planta, donde se potenció cada yema individual contenida en el cormo principal, los cormelos (multiplicado por 2 en el cultivar NG) e hijos (multiplicado por 4 en ambos cultivares) (Tabla 7).



Foto 2. Cormos de una planta madre de quequisque Bco donde se muestran sus yemas laterales

Cada yema posee la capacidad de desarrollarse y en un momento determinado puede producir una nueva planta. Esto fundamenta el objetivo de este estudio generar semilla, el máximo número posible de plantas a partir de plantas *in vitro*, utilizando la TRAS asegurando a productores un material de propagación con mejor calidad y rendimientos garantizados, (Figura 8).

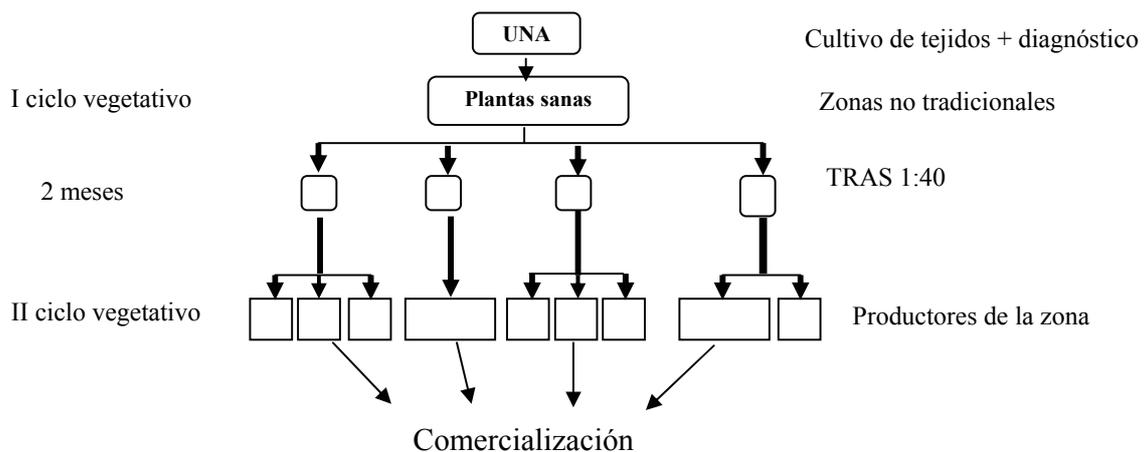


Figura 8. Esquema del uso de vitroplantas en conjunto con la técnica de reproducción acelerada de semilla.

3.4.3 Taller con productores y distribución del material de siembra de buena calidad.

En noviembre de 2006 la Asociación de Pueblos en Acción Comunitaria (PAC-Quilalí) organizó un taller con 15 productores de localidades vecinas de Quilalí, interesados en producir

quequisque. El objetivo de la actividad fue capacitar a los productores en el manejo de la técnica TRAS.

El uso de la técnica TRAS a partir de vitroplantas contribuirá a maximizar el número de material de siembra para ser distribuido a productores. Con el número total de yemas por planta y el total de plantas en el campo (2200 para NG y 2000 para Bco) se obtuvieron 69,124 plantas del cultivar NG a ser establecidas en 4.0 ha y 95,140 plantas del cultivar Bco a ser establecidas en 5.6 ha.

El crecimiento registrado en las variables morfológicas en los primeros seis meses del cultivo fue lento. El ensayo fue establecido en una zona no tradicional y el período de crecimiento vegetativo coincidió con un período de sequía reportado en la tercera evaluación del ensayo a los 168 dds. Según Onwueme (1978), Silya e Irizary (1980), O'Hair y Asokan (1980), Torres *et al.* (1994), la falta de precipitación es considerada como la principal limitante en la producción de cormelos afectando en peso, diámetro y largo del cormo. A partir de los 168 dds las variables aumentaron considerablemente debido al cambio de las condiciones ambientales que favorecieron el desarrollo del cultivo. El cultivar Bco obtuvo los valores más altos en la mayoría de las variables evaluadas en el ensayo a excepción en el número de hojas que lo obtuvo el cultivar NG.

Spence 1970 y Chandler *et al.* (1982) mencionan que una vez que la planta de quequisque alcanza el máximo desarrollo, el contenido de materia seca de las hojas y pseudotallo disminuyen hasta la cosecha, mientras que este contenido se incrementa en el cormo y cormelos, debido a que los fotoasimilatos son traslocados de las hojas a estos órganos, los cuales son los principales puntos de crecimiento de la planta de quequisque durante los últimos 3 meses antes de la cosecha.

El proceso de re-infección con DsMV fue muy rápido debido a la presencia de plantas silvestres aledañas a la zona de establecimiento y áfidos que sirvieron como transmisores del virus. En la práctica es difícil mantener las plantas libres de DsMV, para esto debe controlarse la

presencia de áfidos mediante el uso de control químico o el uso de trampas amarillas. Aunque las plantas *in vitro* reproducidas por TRAS fueron re-infectadas con el virus, su uso en el campo garantizarán buenos rendimientos. Valverde *et al.* (1997) demostró que las plantas *in vitro* re infectadas aun después de la tercera generación presentan rendimientos más altos que las plantas propagadas de forma convencional.

Las vitroplantas tienen un precio poco accesible para los pequeños productores, sin embargo hay necesidad del uso de plantas sanas libres del mal seco y el DsMV, sobre todo en momentos donde hay una demanda internacional creciente por el cultivo del quequisque. El uso de plantas sanas hace necesario el uso de una técnica que incremente el número de plantas a obtener en un menor período.

Una solución práctica y viable es el uso de la TRAS que complementa las bondades ofrecidas por las vitroplantas al potenciar cada yema individual contenida en los cormos y cormelos, las que se convierten en poco tiempo en nuevas plantas con idénticas condiciones genéticas y fitosanitarias de las vitroplantas madres, con mayor rapidez en el desarrollo de las plantas (Reyes y Aguilar, 2005).

El objetivo de este estudio no fue la producción de quequisque para el comercio, si no utilizar corno y cormelos como fuente de material de propagación, potenciando el número de yemas de cormelos, hijos y del corno madre implementados a través de la TRAS (Foto 3) para brindarle a los productores una semilla de mejor calidad, con altos rendimientos y de fácil obtención.

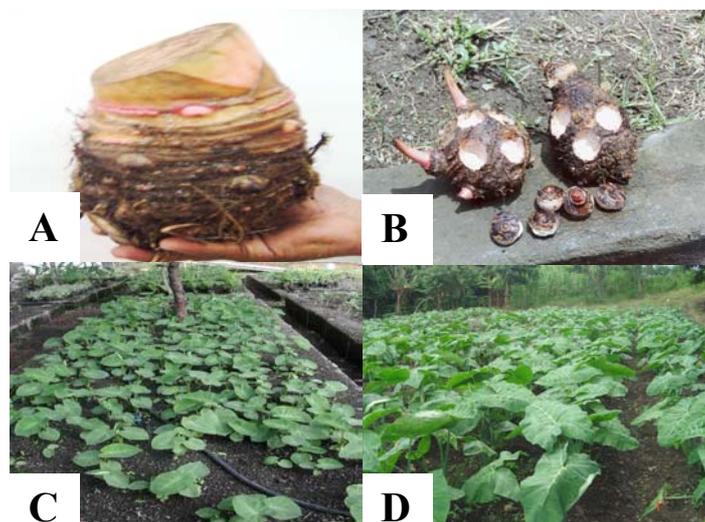


Foto 3. Esquema de la Técnica de reproducción Acelerada de semilla. (A) cormo madre (B) yemas laterales, (C) plantas en el cantero, (D) plantas en el campo.

IV CONCLUSIONES

- Los cultivares Bco y NG mostraron diferencias estadísticas significativas entre si en altura de planta, área foliar y número de hijos a favor del cultivar Bco. No se encontró diferencias significativas en número de hojas.
- El rendimiento del cultivar NG fue 6.27 ton ha^{-1} y en el cultivar Bco fue 5.10 ton ha^{-1} , lo cual fue inferior al rendimiento promedio nacional que es de 7.2 ton ha^{-1} .
- Las plantas *in vitro* fueron establecidas en condiciones adversas y fueron re-infectadas con el DsMV, sin embargo el rendimiento fue similar al promedio nacional. Las plantas fueron establecidas en un lugar sin antecedentes del mal seco y aún estando infectadas con el DsMV pueden ser utilizadas en la producción para el mercado tres o cuatro generaciones con rendimientos superiores a los rendimientos de las plantas propagadas convencionalmente, como se ha demostrado en otros estudios.
- El uso de la técnica de reproducción acelerada de semilla para reproducir plantas *in vitro* contribuyó a maximizar el número de material de siembra a ser distribuido a productores. Con el número total de yemas por planta y el total de plantas en el campo (2200 para NG y 2000 para Bco) se puede producir 69,124 plantas del cultivar NG a ser establecidas en 4.0 ha y 95,140 plantas del cultivar Bco a ser establecidas en 5.6 ha.
- El uso de vitroplantas en combinación con la técnica TRAS son una práctica sencilla, reduce las afectaciones de enfermedades, se incrementa hasta en 5 veces la cantidad de yemas-planta/cormo y la semilla puede ser manejada fácilmente. Esta técnica puede ser adoptada por los productores de quequisque considerando los beneficios inmediatos que significa el aumento de los rendimientos, como resultado de un mejor estado fitosanitario, mayor vigor y precocidad de las plantas.

V RECOMENDACIONES

- En Nicaragua debería existir un plan nacional de producción de semilla sana de quequisque donde utilicen plantas *in vitro* diagnosticadas estar libre de enfermedades para ser establecidas en campos sin antecedentes de DsMV y mal seco. Los cormos, hijos y cormelos deberán ser destinados a la producción de semilla de buena calidad a través de técnica de reproducción acelerada de semilla. La distribución de esta semilla a productores les garantizaría rendimientos superiores a los obtenidos por plantas propagados convencionalmente, con facilidades y a menores costos.
- Como complemento de lo anterior, el material de siembra debe ser rejuvenecido cada 4 a 6 ciclos, para evitar la pérdida de la calidad del material por el efecto de la declinación fisiológica causada por la exposición cíclica a infecciones de las principales plagas y enfermedades.
- Realizar estudios de seguimiento donde se evalúe el potencial de las yemas producidas a través de la TRAS en zonas con mejores condiciones a las que fue sometidas este estudio, haciendo comparación con los resultados del estudio.
- Iniciar estudios de mejoramiento genético en quequisque dirigidos a buscar resistencia a plagas y enfermedades, especialmente DsMV y mal seco.

VI REFERENCIAS

- Brunt, A.A., Crabtree, K., Dallwitz, M.J., Gibas, A.J., Watson, L. y Zurcher E. J. 1996. Viruses of plants: Descriptions and lists from the VIDE database. Wallingford: CAB International.
- CEI (Centro de Exportaciones e Inversiones de Nicaragua). 2005. Servicio de Inteligencia Comercial. Nicaragua: exportaciones Enero-Diciembre 2004.
- Chandler, J.V., Irizarry, H. y Silva, S. 1982. Nutrient uptake by taniens as related to stage of growth and effect of age on yields of the Morada variety. *Journal of Agriculture of University of Puerto Rico* 66 (1), pp. 1-10.
- CIP (Centro Internacional de la Papa). 2002. Aphid transmission of potato viruses. In: *Techniques in plant virology in CIP*. (Eds. L. Salazar. & U. Jayasinghe), Lima, Perú, pp. 29-42.
- Igbokwe, M.C., 1983. Growth and development of *Colocasia* and *Xanthosoma* spp. Under upland conditions. In: E. R. Terry, E.V. Doku, O.B. Arene and Mahungu (Ed), Tropical root crops: Productions and uses in Africa. Proceedings of the Seconds Triennial of the International Society of Root Crops.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2000. El cultivo del quequisque. Guía tecnológica 24. Managua, Nicaragua.
- Jennings, D.L. 1987. Starch crops. In: *CRC Handbook of Plant Science in Agriculture*. Volume II. (Eds. B. R. Christie.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA, pp. 137-143.
- López, M., Vásquez, E. y López, F. 1995. *Raíces y tubérculos*. Pueblo y Educación, Universidad Central de Las Villas, Cuba. pp. 98-161.
- López, M., Vásquez, E. y López, F. 1984. *Raíces y tubérculos*. Pueblo y educación, Universidad central de las Villas, Cuba. pp. 112-177.
- MAGFOR (Ministerio de Agricultura y Forestal). 2000. Producción y comercialización de la malanga. *Agricultura y desarrollo* 60, pp. 1-7.
- MAGFOR (Ministerio de Agricultura y Forestal). 2003. Informe de producción agropecuaria de Nicaragua 2002-2003. Dirección de Estadísticas del MAGFOR. Nicaragua.
- 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.
- Morales C, R. 1987. Manual de laboratorio de fisiología vegetal. pp. 178.
- Onwuene, I.C., 1978. In: John Wiley and Sons (Ed.). *The Tropical Tuber crops: Yams, Cassava, Sweet Potato, and Cocoyam*. New York, pp. 234

- 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 Paper 126, Rome, pp. 139-161.
- Pernezny, K., Lamberts, M. y Ramos, L. (1993). Tropical Vegetable diseases; 1, Serie of the plant pathology Department (Eds. Institute of food and agriculture Sciences). University of Florida.
- Promega Corporation. 1996. Protocols and applications Guide. Third edition. pp 404.
- Ramírez, R. 1992. Curvas de absorción y de crecimiento en dos aráceas comestibles (*X. sagittifolium* y *X. violaceum*). Tesis ing. Agr. Universidad de Costa Rica.
- 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., Nyman, M. y Rönnberg-Wästljung, A.C. 2005. Agronomic performance of three cocoyam (*Xanthosoma violaceum* Schott) genotypes grown in Nicaragua. *Euphytica* 142, pp. 265-272.
- Reyes, G., Rönnberg-Wästljung A.C. y Nyman, M. 2006. Comparison of field performance between *Dasheen mosaic virus*-free and virus-infected *in vitro* plants of cocoyam (*Xanthosoma* spp.) in Nicaragua. *Experimental Agriculture* 42 (3). *In press*.
- Reyes, G. 2006. Studies on cocoyam (*Xanthosoma* spp.) in Nicaragua with emphasis on Dasheen mosaic virus. Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala. ISSN: 1652-6880, ISBN: 91-576-7056-0.
- Rojas, C, R. 1998. Reproducción de semilla limpia de tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium* y *Xanthosoma violaceum*) blanco y morado a partir de plántulas in Vitro. Eds. A Silva, M. Hernández. Serie Brunca. CR. pp. 39.
- Saborío, F., Umaña, G., Solano, W., Ureña, G., Muñoz, G., Hidalgo, N. y Brenes, A. 2004. Mejoramiento genético del tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*) contra el Mal Seco. Memoria REDBIO 2004. (Talleres. www.redbio.org. 21-Sept-2005).
- Silva, S., Irizary, H. 1980. Effect of depth of water table on yield of taniens. J. Agri. Univ. P.R. pp. 241-242.
- Spence, J.A. 1970. Growth and development of tannia (*Xanthosoma* spp). In: 2nd Int. Symp. Trop. Root and Tuber Crops. Hawaii, USA. pp. 47-52.

- Tambong, J.T, Ndzana, X., Wutoh, J.G. y Dadson, R. 1997. Variability and germplasm loss in the Cameroon national collection of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* Schott (L.)). *Plant Genetic Resources Newletters* 112. pp. 49-54.
- Torres, S., Gómez, L., Valverde, R., Arias, O., Thorpe, T. 1994. Micropropagation and field performance of virus-free white cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* L., Schott) in Costa Rica. *In: 30th Annual Meeting of the Caribbean Crop Soc.* St Thomas, U.S.V.I.
- Torres, S., Gómez, L., Saborío, F., y Valverde, R. 2000. Comportamiento en el campo de siete genotipos de tiquisque (*Xanthosoma spp*) propagados *in vitro*. *Agronomía Costarricense*.
- Valverde, R., L. Gómez, F. Saborío, S. Torres, O. Arias & T. Thorpe. 1997. Field evaluation of Dasheen Mosaic Virus-free cocoyam plants produced by *in vitro* techniques. *Scientia Horticulturae* 68, pp. 37-47.
- Wilson, J.E. 1984. Cocoyam. *In: The Physiology of Tropical Field Crop.* (Eds. P.R. Goldsworthy. & N. M. Fisher). John Wiley and Sons Ltd. New York, London, pp. 589-605.

ANEXOS

Altura promedio de plantas (cm) de dos cultivares de quequisque Bco y NG en Quilalí, Nueva Segovia en el periodo del ensayo.

Cultivares	Días después de la siembra				
	89	124	168	193	235
Blanco	37.22 a	42.48 a	46.77 a	86.08 a	110.00 a
Nueva Guinea	25.06 b	30.71 b	33.40 a	61.47 b	80.85 b
ANDEVA	*	*	ns	*	*
CV (%)	6.38	6.088	15.07	5.25	5.62
R²	0.969	0.954	0.822	0.967	0.95

Número de hojas promedio por planta de los cultivares de quequisque Bco y NG en Quilalí, Nueva Segovia en el periodo del ensayo.

Cultivares	Días después de la siembra				
	89	124	168	193	235
Blanco	4.10 a	4.36 b	3.95 a	4.07 a	3.50 a
Nueva Guinea	4.20 a	4.95 a	3.85 a	4.67 a	3.95 a
ANDEVA	ns	*	ns	ns	ns
CV (%)	3.87	4.93	15.87	6.47	15.61
R²	0.701	0.818	0.182	0.83	0.47

Área foliar (cm²) por planta de los cultivares de quequisque Bco y NG en Quilalí, Nueva Segovia en el periodo del ensayo.

Cultivares	Días después de la siembra				
	89	124	168	193	235
Blanco	786.62 a	820.22 a	934.75 a	2135.2 a	2559.30 a
Nueva Guinea	294.24 b	378.78 b	393.82 b	826.8 b	1522.70 b
ANDEVA	*	*	*	*	*
CV (%)	11.53	10.47	14.58	9.63	15.68
R²	0.978	0.97	0.958	0.982	0.91

Número de hijos promedio por planta de los cultivares de quequisque Bco y NG en Quilalí, Nueva Segovia en el periodo del ensayo.

Cultivares	Días después de la siembra				
	89	124	168	193	235
Blanco	0.50 a	0.88 a	3.02 a	6.49 a	7.60 a
Nueva Guinea	0.02 b	0.20 b	0.51 b	2.08 b	2.00 b
ANDEVA	*	*	*	*	*
CV (%)	35.63	35.36	28.42	11.90	9.91
R²	0.950	0.899	0.945	0.980	0.989

Diámetro (cm) de plantas de los cultivares Bco y NG de quequisque en Quilalí, Nueva Segovia en el periodo del ensayo.

Cultivares	Días después de la siembra				
	89	124	168	193	235
Blanco	3.88 a	4.47 a	5.92 a	6.58 a	8.30 a
Nueva Guinea	1.94 b	3.29 a	3.90 b	4.38 b	7.50 a
ANDEVA	*	ns	*	*	ns
CV (%)	23.42	17.78	12.06	12.36	7.58
R²	0.867	0.679	0.891	0.877	0.785

The SAS System

Obs	Fecha	Bloque	Genotipo	Altura	Largo	Ancho	Diámetro	No Hojas	No Hijos	Afoliar
1	1	1	Bco	38.65	23.15	24.10	3.38	4.45	0.30	825.71
2	1	2	Bco	40.65	23.50	24.90	3.88	4.00	0.65	866.02
3	1	3	Bco	35.28	22.18	23.35	3.36	4.05	0.60	766.50
4	1	4	Bco	34.30	21.73	21.40	4.91	3.90	0.45	688.23
5	1	1	NG	25.58	14.65	14.16	2.56	4.25	0.00	307.02
6	1	2	NG	30.75	17.03	16.45	0.98	4.35	0.10	414.61
7	1	3	NG	19.55	10.55	10.55	1.89	4.20	0.00	164.73
8	1	4	NG	24.38	14.28	13.75	2.34	4.00	0.00	290.60
9	2	1	Bco	42.53	23.88	24.35	4.40	4.50	0.70	860.59
10	2	2	Bco	45.85	24.18	24.55	4.28	4.20	1.10	878.56
11	2	3	Bco	41.80	23.18	24.08	5.39	4.45	1.00	826.10
12	2	4	Bco	39.75	21.85	22.13	3.84	4.30	0.75	715.64
13	2	1	NG	32.40	16.03	16.88	3.22	4.65	0.30	400.47
14	2	2	NG	33.10	16.98	17.20	3.65	5.10	0.05	432.24
15	2	3	NG	26.10	13.78	14.18	2.83	5.00	0.30	289.19
16	2	4	NG	31.25	16.30	16.30	3.47	5.05	0.15	393.22
17	3	1	Bco	55.05	27.30	28.75	6.51	4.50	2.45	1161.62
18	3	2	Bco	49.90	24.05	24.95	5.78	3.65	3.80	888.07
19	3	3	Bco	46.05	23.30	23.55	6.07	3.95	3.20	812.10
20	3	4	Bco	36.10	23.90	24.80	5.33	3.70	2.65	877.23
21	3	1	NG	35.80	16.95	17.20	3.87	3.50	0.50	431.48
22	3	2	NG	36.55	17.15	17.60	4.52	4.52	0.25	446.72
23	3	3	NG	26.45	13.30	13.13	3.23	3.30	0.85	258.45
24	3	4	NG	34.80	16.65	17.80	4.00	4.10	0.45	438.63
25	4	1	Bco	93.75	40.15	40.15	7.34	4.30	7.15	2385.79
26	4	2	Bco	87.74	37.68	39.26	6.29	4.16	6.79	2189.39
27	4	3	Bco	80.53	36.21	37.53	6.64	3.68	5.84	2011.26
28	4	4	Bco	82.32	35.89	36.79	6.08	4.16	6.21	1954.18
29	4	1	NG	61.21	23.55	22.45	4.02	4.68	1.95	782.47
30	4	2	NG	67.05	26.74	24.00	4.99	5.21	2.58	949.80
31	4	3	NG	56.53	23.53	22.00	3.97	4.47	2.32	766.14
32	4	4	NG	61.11	24.32	22.47	4.57	4.32	1.47	808.78
33	5	1	Bco	107.20	44.40	41.20	8.12	3.80	6.00	2707.33
34	5	2	Bco	116.20	41.20	38.20	7.42	3.20	7.80	2329.28
35	5	3	Bco	108.80	41.20	38.60	8.94	3.40	8.60	2353.67
36	5	4	Bco	107.80	45.80	42.00	8.72	3.60	8.00	2846.93
37	5	1	NG	79.40	30.20	28.40	7.30	4.00	1.20	1269.37
38	5	2	NG	79.40	29.30	27.40	6.90	4.40	2.00	1188.17
39	5	3	NG	76.00	29.80	26.60	7.00	4.40	2.20	1173.17
40	5	4	NG	88.60	48.60	34.20	8.80	3.00	2.60	2459.94

The SAS System

Síntomas del DsMV



Forma de plumas



Distorsión de las hojas



Enanismo



Intermitencia en la expresión

