



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TESIS

**ESTUDIO DEL PROCESO DE FLORACION INDUCIDO POR EL
ACIDO GIBERELICO (AG₃) EN NUEVE CULTIVARES DE
QUEQUISQUE (*Xanthosoma* spp.) EN NICARAGUA**

AUTORES

Br. ARGELIA FRANCISCA GUERRERO RIVAS

Br. LIDIA ISABEL FLORIAN NAJERES

ASESORES

Dr. GUILLERMO REYES CASTRO

Ing. Agr. ENA MABEL RIVERS CARCACHE

MANAGUA, ENERO 2008

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO		Página
	Índice general	i
	Índice de cuadros	ii
	Índice de figuras	iv
	Resumen	v
I	INTRODUCCIÓN	1
	Objetivo general	3
	Objetivos específicos	3
	Hipótesis	3
II	MATERIALES Y MÉTODOS	4
2.1	Descripción del lugar del experimento	4
2.2	Descripción del material vegetativo	4
2.3	Diseño experimental	5
2.4	Aplicación del AG ₃	6
2.5	Manejo agronómico	6
2.6	Prueba de germinación del polen	7
2.7	Variables evaluadas	7
2.7.1	Variables morfológicas	7
2.7.2	Variables de floración	8
III	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
3.1.	Variables morfológicas	9
3.2.	Variables de floración	11
3.2.1.	Momento de floración	11
3.2.2.	Número de flores	12
3.2.3.	Estructuras relacionadas con la floración	13
3.2.4.	Floración y estructuras relacionadas en las plantas testigos	14
3.2.5.	Germinación del polen	15
3.2.6.	Receptividad del ovario	16
IV	CONCLUSIONES	20
V	RECOMENDACIONES	21
VI	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
VII	ANEXOS	24

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Cultivares, origen y especies utilizados la inducción floral.	5
2	Factores en estudio. Cultivares, dosis de AG ₃ e intervalos de aplicación.	5
3	Análisis de varianza de los datos de las variables altura de planta (cm), número de hojas, diámetro del seudotallo (cm) y area foliar (cm ²) dependiendo aplicación de las dosis: testigo, 500 partes por millón ppm semanalmente (05-1S), 500 ppm cada dos semana (05-2S), 1000 ppm semanalmente (10-1S), 1000 ppm cada dos semana (10-2S) a los (92, 120, 141, 178, 244 días después de la siembra).	10
4	Estructuras relacionadas a la floración inducidas por la aplicación de AG ₃ en los cultivares San Ramón, El Tuma, San Antonio, La Rampla; Malaquías, San Lucas, Casitas, Masaya y Apalí.	14
5	Flores y estructuras relacionadas en las plantas testigo de los cultivares San Ramón, El Tuma, San Antonio, La Rampla, Malaquías, San Lucas, Casitas, Masaya y Apalí.	15
6	Porcentaje de germinación de los cultivares San Ramón, El Tuma, San Antonio, La Rampla; Malaquías, San Lucas, Casitas, Masaya y Apalí.	15
7	Receptividad del ovario de los cultivares San Ramón, El Tuma, San Antonio, La Rampla, Malaquías, San Lucas, Casitas, Masaya y Apalí.	16
8	Significancia estadística del análisis de varianza de los datos de las variables altura de planta (Altpla, cm), número de hojas, grosor del seudotallo (Diámetro, en cm) y area foliar (Afoliar, en cm ²), registrados a los 92, 120, 141, 178 y 244 días después de la siembra (dds) de las fuentes de variación: observaciones, cultivares, aplicación, cultivares por aplicación (Cul*Apl), coeficiente de variación (CV) y coeficiente de determinación (R ²).	25

- 9 Análisis de varianza de las variables morfológicas altura de planta (cm), número de hojas, diámetro del seudotallo (cm), área foliar (cm²) de los cultivares San Ramón (SR), El Tuma (ET), San Antonio (SA), La Rampla (LR), San Lucas (SL), Casitas (CA), Masaya (MS), Apalí (AP) a los 92, 120, 141, 178, 244 días después de la siembra. 26
- 10 Altura de plantas (cm), grosor del seudotallo (cm), número de hojas y área foliar (cm²) de plantas de los cultivares San Ramón, El Tuma, San Antonio, La Rampla, Malaquíás, San Lucas, Casitas, Masaya y Apalí a los 92, 120, 141, 178 y 244 días después de la siembra. 27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras		Página
1	Temperatura (°C) y precipitación (mm) promedio registradas en la zona en el período noviembre 2006-julio 2007 (INETER, 2007).	4
2	Altura promedio de plantas (cm) de los cultivares de quequisque (<i>Xanthosoma</i> spp.) San Ramón, El Tuma, San Antonio, La Rampla; Malaquías, San Lucas, Casitas, Masaya y Apalí, A: al momento de la inducción (92 días después de plantación) y B: después de la inducción (244 días después de la siembra) .	9
3	Momento de inicio de la floración de las plantas de los cultivares San Ramón, El Tuma, San Antonio, La Rampla; Malaquías, San Lucas; Casitas, Masaya y Apalí, aplicadas semanal o quincenalmente con 0, 500 y 1000 ppm de AG ₃ .	11
4	Número de flores de las plantas de los cultivares San Ramón, El Tuma, San Antonio, La Rampla, Malaquías, San Lucas, Casitas, Masaya y Apalí sometidas a las aplicaciones con 500 y 1000 ppm de AG ₃ aplicadas semanal y quincenalmente.	13
5	Flores y estructuras relacionadas producidas por las plantas. A) flores, B) brácteas múltiples, C y D) flores múltiples.	13
6	Estructuras florales desarrolladas por las plantas aplicadas con AG ₃ .	29
7	Realización de prueba de receptividad del ovario.	30

Resumen

Se evaluó la floración inducida por tres aplicaciones (semanal y quincenal) de 0, 500 y 1000 ppm de ácido giberélico (AG₃) en los cultivares de quequisque San Ramón, El Tuma, San Antonio, La Rampla, Malaquíás, San Lucas, Casitas, Masaya y Apalí. Se utilizó el diseño de bloque completo al azar, con tres bloques, cuatro plantas/bloque y 12 plantas/cultivar. Se evaluó la altura de planta, grosor del pseudotallo, número de hojas y área foliar; momento de floración, número de flores, estructuras relacionadas a la floración, germinación del polen y receptividad del ovario. Previo a la aplicación los cultivares no diferían en desarrollo morfológico. El AG₃ retrasó drásticamente el crecimiento de las plantas. Los cultivares iniciaron la floración 88-114 días después de la primera aplicación (ddpa). San Ramón, San Antonio y Malaquíás iniciaron la floración 88 ddpa. La Rampla y San Lucas la iniciaron 114 ddpa. La floración duró dos meses. Las plantas produjeron 8 flores promedio. El cultivar San Antonio aplicado con 500 ppm de AG₃ semanalmente produjo 102 flores. Aplicaciones quincenales de 1000 ppm indujeron 25 flores en San Ramón y El Tuma, 8 en San Lucas y Casitas. Además se produjeron: brácteas, brácteas múltiples, bráctea hoja de bandera y brácteas cubriendo hoja de bandera. La germinación del polen fue 90-100%. Altas temperaturas al inicio de la floración afectaron la antesis y la producción del polen. La receptividad del ovario fue 100%. Este es el primer estudio de inducción de floración en quequisque cuyos resultados son la base de futuros trabajos de mejora genética en el cultivo.

Palabras claves: *Xanthosoma*, inducción de floración. AG₃, intervalos de aplicación, cultivares.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a:

Dios porque es quien nos da la fuerza y nos ilumina para alcanzar nuestros sueños.

A mis padres Santos Ramiro Florián Chavarría y Lidia Margarita Nájeres Mendoza los seres que más amo por estar a mi lado y apoyarme siempre en cada uno de los retos que me impone la vida.

A la persona que estuvo a mi lado durante el transcurso de mis estudios, por su apoyo incondicional, mi esposo Eyder Ramón Navarro Matute.

A mis hermanos Sandra, Ignacio, Martha, Ramiro, Isaí, Otoniel y Sara Florián Nájeres, por sus oraciones para que pudiera culminar mis estudios y lograr el sueño de mi vida.

A mis abuelas (os) y mis tíos (as), por sus consejos y el apoyo moral brindado durante todo este tiempo.

A mis amigas y amigos que me brindaron su ayuda en los momentos que más necesité y a las personas que contribuyeron a que este sueño se hiciera realidad.

A mi compañero de clases Edwin Hernández (q.e.p.d.) por haber sido un ejemplo de lucha y perseverancia. Que Dios te tenga en sus atrios.

Lidia Isabel Florián Nájeres.

AGRADECIMIENTO

A Dios nuestro señor por que es quien con sus bendiciones nos brinda la inteligencia y sabiduría para alcanzar nuestras metas y realizar nuestros sueños.

A mis padres quienes a pesar de sus limitaciones económicas me han brindado siempre su apoyo para realizar mis sueños. Este es el fruto de su amor y consejos brindados y apoyo económico y moral.

A mis asesores, en especial al Dr. Guillermo Reyes Castro por ser más que mi profesor, mi amigo, por sus consejos y apoyo incondicional durante la realización de este trabajo de tesis.

A alguien que contribuyó mucho para que este trabajo de tesis llegara a su final a mi esposo Eyder Navarro Matute.

A mis amigos (as) Heydi Corea, Rosario García, Humberto Calero, Teresa Cruz, María Luisa Blandón, Milker Hernández, Byron Rayo, Marlon Soza, Mariela Videa, Edgar Lovo.

A mi compañera de tesis y amiga Argelia Guerrero Rivas y a su familia por su ayuda y acogerme en su hogar como a uno más de la familia cuando más lo necesité.

A todas las personas que me brindaron su apoyo en el transcurso de mis estudios: al señor César Castellanos (COICSA, N.S.) por su valiosa ayuda, a los señores de UNAG Nueva Segovia: Leonel López y Marvin Gutiérrez por su ayuda solidaria. A doña Teresa Hernández por su cariño y consejos brindados. A la Dirección de Servicios Estudiantiles en especial a doña Idalia Casco y a la Lic. Lucía Silva por su apoyo en estos cinco años de estudio.

A los profesores que con sus conocimientos formaron la profesional que hoy soy.

Lidia Isabel Florián Nájeres.

DEDICATORIA

A Dios por permitir alcanzar una de mis metas dándome la fé, perseverancia y paciencia.

Mis queridos padres *Francisco Javier Guerrero Díaz* y *Norma del Carmen Rivas*, a ellos que me han apoyado, mi madre por darme su tiempo, apoyo moral, espiritual y amor cada día de mi vida para mi formación profesional y humana.

Mis hermanos *Ruddy Guerrero* y *Ericka Guerrero* por estar conmigo en mis alegrías, tristezas y ser incondicional.

Antonia Espinoza mi tía por traerme alegrías, consejos, amor, gracias por estar ahí cuando más te he necesitado.

A Todos mi familiares que me han ayudado, a mi compañero de clases *Edwin Hernández*, por haber sido una persona respetosa, sencillo, amable y muy inteligente que Dios te guarde.

Argelia Francisca Guerrero Rivas

AGRADECIMIENTO

A Dios por crear la ciencia, sabiduría y entendimiento.

Mis padres Francisco Javier Guerrero Díaz y Norma del Carmen Rivas por brindarme su apoyo económico dedicación y sobre todo las cosas, amor y confianza en mi persona.

Ruddy Guerrero Rivas y Ericka Guerrero Rivas porque son excelentes hermanos incondicionales

Agradesco a mi tía Antonia Espinoza por dedicarme su tiempo y apoyo.

A mis asesores, en especial al Dr. Guillermo Reyes, por ser un excelente amigo, profesional y gran ser humano.

Mis amigas Heidy Corea (gracias checita), Teresa Cruz, Rosario García, Olivia Sandoval, Humberto Calero, Milker Hernández.

Mi compañera de tesis y amiga Lidia Florián Najeres

I. INTRODUCCIÓN

El quequisque (*Xanthosoma* spp.) de la familia *Araceae*, es nativa del continente americano. El género posee alrededor de 45 especies y dentro de cada especie existen diferentes clones (López *et al.*, 1984). Según Montaldo (1991) las principales especies son *Xanthosoma sagittifolium* (quequisque blanco) y *Xanthosoma violaceum* (quequisque morado). Su ciclo vegetativo es de 8 a 12 meses, aunque son plantas perennes, desde el punto de vista agronómico se consideran anuales.

Siendo una planta herbácea, monocotiledónea suculenta el quequisque puede alcanzar hasta 2 m de altura, sin tallos aéreos y con hojas de pecíolos largos, láminas verdes, de forma oblonga-ovada, cordada. Las flores se producen en espádices, unisexuales, las femeninas son pistiladas y se encuentran en la base del espádice; las flores masculinas son estaminadas con un grupo de flores estériles entre ambas zonas (INTA, 2000).

Es un cultivo importante para la agricultura de Nicaragua, especialmente para la economía de pequeños y medianos productores localizados en la zona húmeda. En el año 2004 fue la raíz y tubérculo más consumido, después de la papa y la yuca, y el segundo en cuanto a producción y uso de la tierra arable después de la yuca (MAGFOR, 2005). Durante el mismo período fue el cultivo más exportado de todas las raíces y tubérculos (CEI, 2005). A pesar de su importancia, el área total sembrada decreció de 30 mil ha en 2001 (MAGFOR, 2003) a 6,4 mil ha en el 2004 (CEI, 2005). Además, el rendimiento disminuyó de 19-22 t ha⁻¹ en 1999 (INTA, 2000) a 7.2 t ha⁻¹ en 2004 (MAGFOR, 2005).

Una de las limitantes a las cuales se ha enfrentado la producción de quequisque es la dificultad de obtener semilla libre de enfermedades (Rojas, 1998). Quequisque se propaga vegetativamente a través de trozos de cormos y cormelos. Según Reyes y Aguilar (2005) la forma de propagación estrictamente vegetativa, favorece la diseminación y desarrollo de enfermedades virales y de otros tipos. Este hecho ha contribuido a que los productores sufran pérdidas económicas por la presencia de las enfermedades, entre las que se destacan las virales como el *Virus del Mosaico del Dasheen* (DsMV) y fungosas como el Mal seco.

Recientemente se han registrado drásticas reducciones en la producción y exportación nacional debido a factores adversos. En la zona de Nueva Guinea los productores reportan pérdidas provocadas por el ataque del Mal seco. Actualmente el quequisque se cultiva en las profundidades de la frontera agrícola de Nueva Guinea. El uso de semilla infectada con Mal seco ha contaminado las áreas de siembra, obligando al uso de nuevas áreas (Reyes *et al.*, 2006). En Masaya, zona tradicional del cultivo se reporta la reducción de áreas de siembra, causada por la irregularidad del período de lluvia, cada vez más corto e impredecible.

A pesar de la importancia actual y potencial del quequisque para la economía nacional y de los productores, no se cuenta con cultivares resistentes a las enfermedades registradas y a las condiciones ambientales adversas que se presentan. Por lo que es necesario iniciar trabajos de mejora genética.

Los métodos de mejora convencional enfrentan la limitante de la escasa floración natural y cuando ésta ocurre muy pocas veces se producen semillas. Los métodos que tratan de aumentar la variabilidad genética y desarrollar cultivares incluyen la mejora combinativa por lo que para ello se requiere inducir a la floración.

La inducción floral dentro de cualquier programa de mejoramiento genético permitiría acceder además a otras tecnologías como el cultivo *in vitro* de órganos florales (polen, anteras y óvulos) para la obtención posterior de haploides dobles (mediante el desdoblamiento cromosómico), las cuales contribuirían a ampliar la variabilidad genética (Alamu y Mc David 1978; Onokpise *et al.*, 1992).

Goenaga y Hepperly (1989), Saborío *et al.* (1999) y Onokpise *et al.* (1992) reportan el empleo de AG₃ para la inducción floral del cultivo. En Nicaragua no se han realizado estudios del proceso de inducción floral de quequisque y la reproducción sexual del mismo.

En el presente estudio se indujo la floración para utilizarse en futuros trabajos de mejora genética combinativa, con el objetivo de ampliar la variabilidad genética del cultivo y desarrollar genotipos resistentes a enfermedades y condiciones ambientales adversas.

Objetivo general

Estudiar el proceso de floración inducido por tres dosis de Ácido Giberélico (AG_3) y dos intervalos de aplicación en nueve cultivares de quequisque.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de tres dosis de AG_3 (0, 500 y 1000 ppm por planta) en la inducción floral de quequisque.
2. Determinar el intervalo de tiempo entre aplicaciones de AG_3 (3 aplicaciones distribuidas 1 cada semana y 1 cada 2 semanas) adecuadas para la inducción floral de quequisque.

Hipótesis

H_0 : El AG_3 aplicado en diferentes dosis e intervalos no indujo la floración en los diferentes cultivares evaluados.

H_a : El AG_3 indujo la floración en los diferentes cultivares independientemente de las dosis e intervalos de aplicación.

3. II MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción del lugar del experimento

El presente trabajo se realizó en la Hacienda Las Mercedes de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en el km 11 ½ carretera norte. El sitio tiene las coordenadas siguientes: 86° 10' latitud norte y 12° 08' longitud oeste y está ubicado a 56 msnm. Según INETER en el período del ensayo la temperatura en la zona osciló entre los 26-30°C y la precipitación entre 0.0-8.0 (mm) promedio mensual (Figura 1).

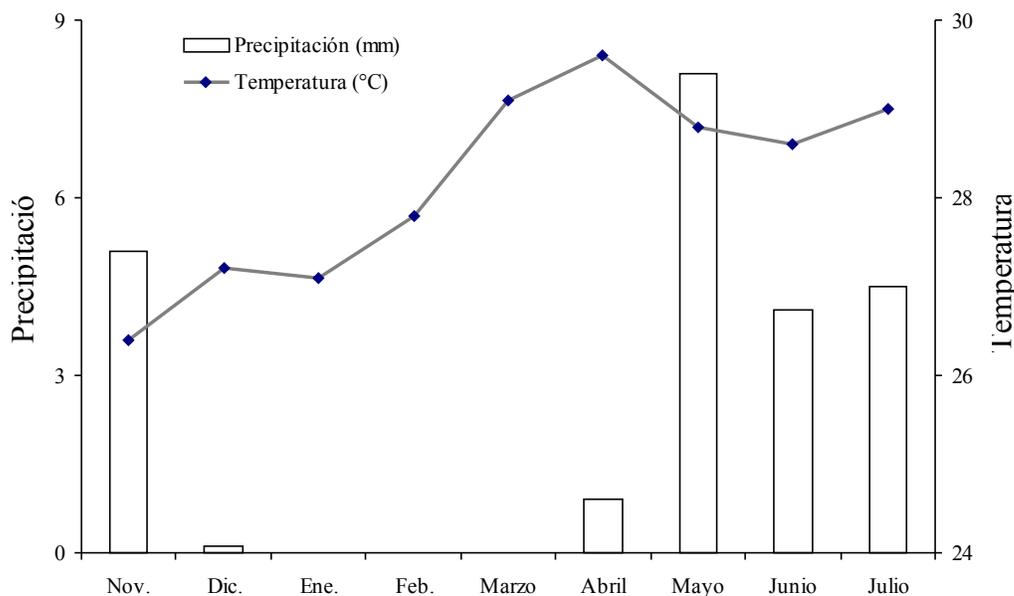


Figura 1. Temperatura (°C) y precipitación (mm) promedio registradas en la zona en el período noviembre 2006-julio 2007 (INETER, 2007).

Según MAG (1971) los suelos de la finca Las Mercedes pertenecen a la serie La Calera, son de textura franca a franca-arcillosa, derivados de sedimentos lacustres y aluviales; clasificados como Typic Durustoll. Con drenaje pobre, negros, superficiales, tiene lenta permeabilidad,

calcáreos, contiene sales y presentan altos contenidos de sodio intercambiable y son también moderadamente altos en calcio y magnesio.

2.2 Descripción del material vegetativo

El material vegetal utilizado forma parte del banco de germoplasma del género *Xanthosoma* del Programa de Recursos Genéticos Nicaragüenses (REGEN) de la Universidad nacional Agraria (UNA) del cual se seleccionaron 9 cultivares (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cultivares origen y especie utilizados en la inducción floral.

Cultivares	Origen	Especie
San Ramón	Matagalpa	<i>X. violaceum</i>
El Tuma	Matagalpa	<i>X. violaceum</i>
San Antonio	Matagalpa	<i>X. violaceum</i>
La Rampla	Nueva Segovia	<i>X. sagittifolium</i>
Malaquíás	Boca de Sábalos	<i>X. violaceum</i>
San Lucas	San Juan de Río Coco	<i>X. sagittifolium</i>
Casitas	Chinandega	<i>X. violaceum</i>
Masaya	Masaya	<i>X. violaceum</i>
Apalí	Nueva Segovia	<i>X. violaceum</i>

Los genotipos utilizados fueron multiplicados mediante la técnica de reproducción acelerada de semilla (TRAS) (Reyes y Aguilar, 2005), que consiste en extraer individualmente de las yemas axilares y apicales del cormo y cormelos y su establecimiento en un sustrato para el desarrollo de nuevas plantas. Las plantas se trasladaron a bolsas de polietileno cuando estas presentaron entre 25-30 cm de altura y 4-5 hojas y se mantuvieron dos semanas en el sombreadero.

2.3 Diseño experimental

El estudio se estableció en el esquema del diseño de bloque completo al azar (BCA) con tres bloques. Cada bloque formado por 25 surcos con 4 plantas cada uno para un total de 100 plantas por bloque y 12 plantas por genotipo. Se evaluaron los factores: cultivares, tres dosis de AG₃, intervalos de aplicación (Cuadro 2). Para el establecimiento del ensayo las plantas se sembraron a distancias de 1.0 × 1.0 m entre plantas y entre surcos; y 2.0 m entre bloques.

Cuadro 2. Factores en estudio: cultivares, dosis de AG₃ e intervalos de aplicación.

Cultivares	Dosis de AG₃ (ppm)	Intervalos de aplicación
San Ramón	Sin aplicación	Una vez cada 8 días
El Tuma	500	Una vez cada 15 días
San Antonio	1000	
La Rampla		
Malaquíás		
San Lucas		
Casitas		
Masaya		
Apalí		

2.4 Aplicación del AG₃

Para la preparación y aplicación del AG₃ se utilizó la metodología de Saborío *et al.* (1999), que consiste en diluir el AG₃ en 10 ml de alcohol de 95 v/v, alcohol que se adiciona al tratamiento control. A cada concentración se le adiciona Tween 20 (actúa como permeabilizante, el cual rompe con la cutícula cerosa que presentan las hojas del quequisque, permitiendo la penetración del AG₃) en una proporción de 1 gota/100 ml y se aplicó a las hojas de 12 plantas por cultivar (4 por bloque), hasta que el producto empezó a gotear en el suelo. Las plantas al momento de aplicación presentaban altura promedio de 40 cm y de 4-6 hojas desarrolladas.

2.5 Manejo agronómico

Durante el período del ensayo se realizaron las siguientes actividades:

Preparación del terreno: Inicialmente se realizó la limpieza del terreno con machete y se procedió a realizar un pase de arado y 2 de gradas.

Siembra: Las plantas TRAS en bolsas de polietileno fueron trasladadas directamente al campo y sembradas en concordancia a la distancia de siembra mencionada.

Control de malezas: Se efectuaron controles de maleza cada 15 días con azadones.

Aporque: Con el fin de brindar un mejor soporte a las plantas y mejor aprovechamiento del riego proporcionado se realizaron 6 aporques, los cuales coincidieron con las 2 primeras fertilizaciones.

Fertilización: Se realizaron cuatro aplicaciones de fertilizante (170 kg ha⁻¹ en cada aplicación). La primera al momento de la plantación con fertilizante completo (12-30-10) la segunda a los 40 días después de la siembra con urea al 46%, la tercera a los 80 días después de la siembra con fertilizante completo y urea al 46%. La cuarta fertilización se realizó al momento de la floración.

Riego: Se aplicó riego por gravedad al menos dos veces por semana durante los meses del período seco (diciembre-abril) hasta que se estableció el período lluvioso en el mes de mayo.

2.6 Prueba de germinación del polen

Flores en estado de maduración de los cultivares fueron recolectadas durante las horas de la mañana (8-10) y se extrajo el polen, realizando cuatro colectas: a los 92, 102, 106 y 113 días después de la inducción. El polen se extrajo con bisturí y aguja para luego colocarlo en el medio de cultivo para su germinación. Se tomaron 50 granos de polen con un pincel y se depositaron con la ayuda de una espátula sobre el medio de cultivo. Finalmente se taparon las placas petri con papel aluminio y se trasladaron al cuarto de crecimiento del laboratorio de cultivos vegetales del REGEN por 24 horas.

El medio de cultivo para la germinación del polen se describe a continuación

Ingredientes

- Sacarosa: 122.4 g
- Acido bórico (H_3BO_3): 81.66 mg
- Nitrato de calcio tetra hidratado ($Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$): 70 mg
- Sulfato de magnesio hepta hidratado ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$): 32.6 mg
- Nitrato de potasio (KNO_3): 16.3 mg.
- Agar: 8.0016 mg

Se mezclaron todas las sustancias a temperatura ambiente (26-30°C.) en 816.6 ml de agua destilada posteriormente se colocó en horno de microondas y se dejó hervir por cinco minutos, se retiró e inmediatamente se colocó una tapa de papel aluminio. Se esperó que se enfriara un poco hasta que se desaparecieron todas las burbujas. Se colocó el medio de cultivo en las placas petri y se enfrió y solidificó completamente.

2.7 Variables evaluadas

2.7.1 Variables morfológicas

Las evaluaciones de las variables morfológicas se realizaron a los 92, 120, 141, 178 y 244 días después del establecimiento del cultivo.

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. Conteo de número de hojas totales presentes en la planta principal.

Área foliar (cm²). 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 reportado por Morales (1987). El largo de la hoja se midió desde la unión con el pecíolo hasta su ápice. El ancho de la hoja se midió evaluando los lóbulos de la hoja.

Diámetro del pseudotallo (cm). Se evaluó con calibradores de grosor midiendo el diámetro de inserción de la vaina de la hoja en la base de la planta.

2.7.2 Variables de floración

Número de flores totales por tratamiento: Conteo visual a los 88, 92, 102, 106 y 114 días después de la inducción.

Momento de floración: Por cultivar y por tratamiento considerando el número de días después del inicio de la floración.

Germinación del polen (%): Se realizaron evaluaciones visuales con ayuda del estereoscopio. Se determinó dividiendo el número de granos de polen germinado (NGPG) entre el número total de granos establecidos (NGPE) y se multiplicó por 100, utilizando la siguiente fórmula:

Receptividad del polen (%) = $\frac{\text{NGPG}}{\text{NGPE}} \times 100$ Se determinó abriendo la parte de las inflorescencias donde se encuentran las flores femeninas y mediante el tacto se comprobó si las flores estaban receptivas. Se reconoce que las flores están receptivas cuando éstas tienen una textura pegajosa y un color amarillento (Saborío, *et al.* 1999).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Variables morfológicas

Al momento de la aplicación de AG₃ (92 días después de la siembra) las plantas no mostraban diferencia de desarrollo en altura de planta, grosor del pseudotallo, número de hojas y área foliar (Cuadro 3 y Anexos). Los cultivares de pulpa blanca (San Lucas y La Rampla) presentaron mejor desarrollo. Sin embargo a 244 días después de la siembra el crecimiento de las variables morfológicas fue mayor en las plantas a las que no se les aplicó AG₃ (testigo). En la Figura 2 se presenta la altura promedio de las plantas antes y después de la aplicación.

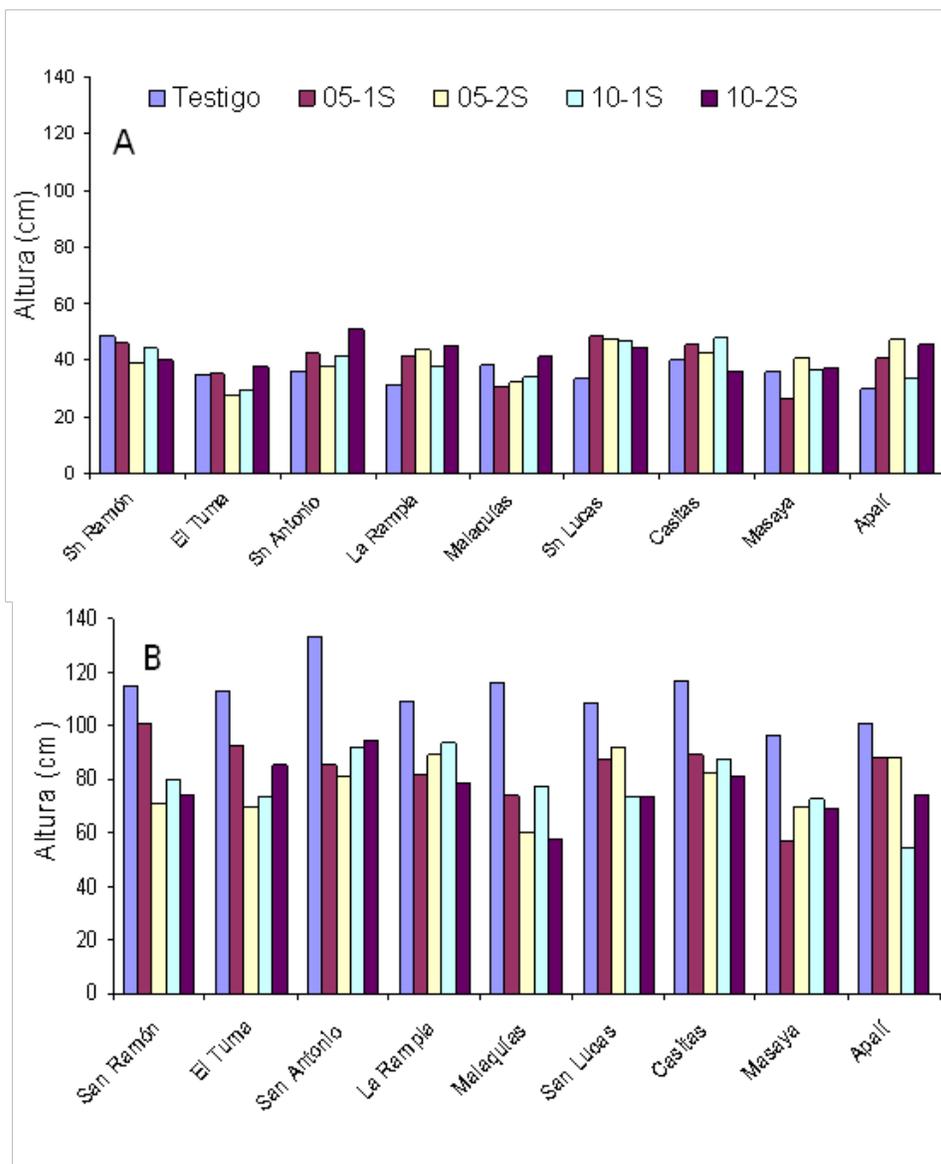


Figura 2. Altura promedio de plantas (cm) de los cultivares de quequisque (*Xanthosoma spp.*) San Ramón, El Tuma, San Antonio, La Rampla; Malaquíás, San Lucas; Casitas, Masaya y Apalí, A: al momento de la inducción (92 días después de plantación) y B: después de la inducción (244 días después de la siembra).

Después de finalizado el proceso de floración las plantas reasumieron el proceso normal de desarrollo y crecimiento. Al momento de cosecha (septiembre 2007), diez meses después de establecido el ensayo, las plantas aplicadas con AG₃ registraron menor número de cormelos y de menor tamaño que las plantas testigo en todos los cultivares (datos no presentados).

Cuadro 3. Análisis de varianza de los datos de las variables altura de planta (cm), número de hojas, diámetro del seudotallo (cm) y area foliar (cm²) dependiendo aplicación de las dosis: testigo, 500 partes por millón ppm aplicado semanalmente (05-1S), 500 ppm cada dos semana (05-2S), 1000 ppm semanalmente (10-1S), 1000 ppm cada dos semana (10-2S) a los (92, 120, 141, 178, 244 días después de la siembra).

Aplicaciones	Días después de la siembra				
	92	120	141	178	244
Altura de planta					
Testigo	42.10 a	53.68 b	63.11 b	82.42 a	112.20 a
05-1S	42.82 a	66.09 a	72.22 a	84.20 a	84.27 b
05-2S	39.95 a	62.15 a	68.58 ab	79.69 a	78.36 c
10-1S	38.94 a	64.54 a	74.11 a	82.31 a	79.44 bc
10-2S	41.20 a	64.50 a	72.68 a	85.59 a	76.75 c
Hojas					
Testigo	4.68 a	4.55 a	5.20 a	5.62 a	6.42 a
05-1S	4.57 a	4.15 b	4.09 b	4.81 b	3.46 bc
05-2S	4.35 a	4.04 b	3.95 b	4.53 bc	3.38 bc
10-1S	4.55 a	4.20 b	4.13 b	4.77 bc	3.62 b
10-2S	4.47 a	4.18 b	4.05 b	4.47 c	3.21 c
Diámetro					
Testigo	3.32 a	3.77 a	4.45 a	8.5 a	9.02 a
05-1S	3.09 a	4.00 a	4.10 ab	7.36 b	5.92 b
05-2S	2.85 a	3.40 a	3.61 b	6.68 b	5.17 bc
10-1S	2.94 a	3.71 a	4.14 ab	6.95 b	5.60 b
10-2S	3.07 a	3.56 a	4.06 ab	6.84 b	4.76 c
Área foliar					
Testigo	3.32 a	3.77 a	4.45 a	8.50 a	9.02 a
05-1S	3.09 a	4.00 a	4.10 ab	7.36 b	5.92 b
05-2S	2.85 a	3.40 a	3.61 b	6.68 b	5.17 bc
10-1S	2.94 a	3.71 a	4.14 ab	6.95 b	5.60 b
10-2S	3.07 a	3.56 a	4.06 ab	6.84 b	4.76 c

Al inicio de las aplicaciones las plantas no presentaron diferencias significativas entre las variables morfológicas, sin embargo a los 244 dds (después de las aplicaciones) las plantas testigos reflejaron diferencias estadísticas en todas las variables (Cuadro 3).

El análisis de varianza realizado a los cultivares en las diferentes fechas indica que entre las observaciones no hubo significancia estadística en la mayoría de las variables en las diferentes fechas con excepción de las variables altura de planta a 141 dds y número de hojas a 178 dds. Sin embargo hubo diferencias altamente significativas entre los cultivares en todas las fechas para todas las variables. Una vez realizadas las aplicaciones (120, 141, 178 y 244 dds) las variables mostraron significancia estadística. La interacción de los cultivares-aplicación fue significativa y altamente significativa en la mayoría de las fechas para todas las variables con excepción de de las variables número de hojas (120 dds) y altura de planta (244 dds) que no mostraron significancia estadística (Cuadros 8, 9 y 10 en anexos).

3.2 Variables de floración

3.2.1 Momento de floración

AG₃ aplicado en diferentes concentraciones e intervalos indujo floración en todos los cultivares. Sin embargo, el proceso de floración no tuvo un patrón de comportamiento común en los cultivares. La aplicación semanal de 500 ppm de AG₃ indujo la floración a los 88 días después de la primera aplicación en los cultivares San Ramón, San Antonio y Malaquías, lo mismo que 500 ppm de AG₃ aplicado cada dos semanas en el cultivar Malaquías. A los 92 días después de la inducción florecieron las plantas de los cultivares Casitas y Apalí aplicadas con 500 ppm semanalmente y cada dos semanas respectivamente (Figura 3).

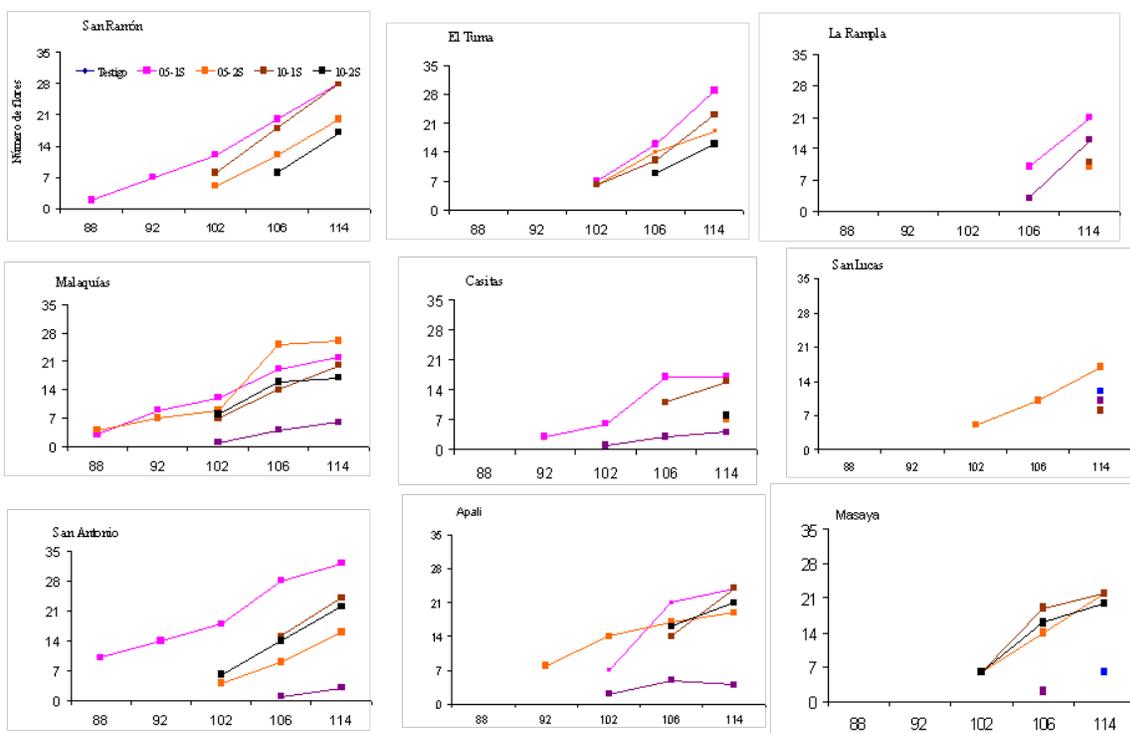


Figura 3. Momento de inicio de la floración de las plantas de los cultivares San Ramón, El Tuma, San Antonio, La Rampla; Malaquías, San Lucas; Casitas, Masaya y Apalí, aplicadas semanal o quincenalmente con 0, 500 y 1000 ppm de AG_3 .

A los 102 días después de la primera aplicación, 17 de los 45 tratamientos iniciaron la floración. 500 ppm de AG_3 aplicado cada semana indujo en mayor número la floración en los cultivares El Tuma, Masaya, San Lucas, Apalí y San Antonio. 1000 ppm de AG_3 aplicado semanalmente indujo la floración en San Ramón, El Tuma, Masaya y Malaquías. Mientras que a las plantas de los cultivares Casitas, Malaquías y Apalí que no se les aplicó el inductor iniciaron la floración después de los 92 días después de la primera aplicación, lo mismo que las plantas de los cultivares Masaya, Malaquías y San Antonio aplicadas con 1000 ppm de AG_3 cada dos semanas. 500 ppm de AG_3 aplicado cada dos semanas indujo el menor número de flores en los cultivares San Ramón y El Tuma.

A los 106 días después de la inducción las plantas de La Rampla, Masaya y San Antonio a los que no se les aplicó AG_3 registraron flores o estructuras relacionadas. 1000 ppm aplicado cada semana indujo flores en Casitas, Apalí y San Antonio, lo mismo que 1000 ppm de AG_3 aplicado cada dos semanas indujo flores en El Tuma, San Ramón y Apalí. Las aplicaciones semanales de 500 ppm también indujo floración en el cultivar La Rampla.

A los 114 días después de la inducción las plantas del cultivar La Rampla aplicadas con 1000 ppm de AG_3 cada semana y cada dos semanas comenzaron a florecer. Lo mismo que las plantas del cultivar Casitas (aplicadas quincenalmente con 1000 ppm y 500 ppm de AG_3), las plantas del cultivar Masaya (500 ppm de AG_3 asperjadas semanalmente) y San Lucas (Testigo, 500 ppm cada semana y 1000 ppm cada semana).

3.2.2 Número de flores

Aplicaciones semanales de 500 ppm de AG_3 indujo el mayor número de flores en los cultivares San Ramón, El Tuma, Casitas y San Antonio. Aplicaciones de 500 ppm de AG_3 cada dos semanas indujo mayor floración en los cultivares Malaquías, La Rampla y Apalí. 1000 ppm de AG_3 aplicado cada semana indujo mayor número de flores en los cultivares San Lucas y Masaya. 1000 ppm de AG_3 aplicado cada dos semanas indujo menor número de flores en los cultivares San Ramón, El Tuma, San Lucas y Casitas. En cinco de los nueve cultivares las plantas testigo produjeron flores (Figura 4).

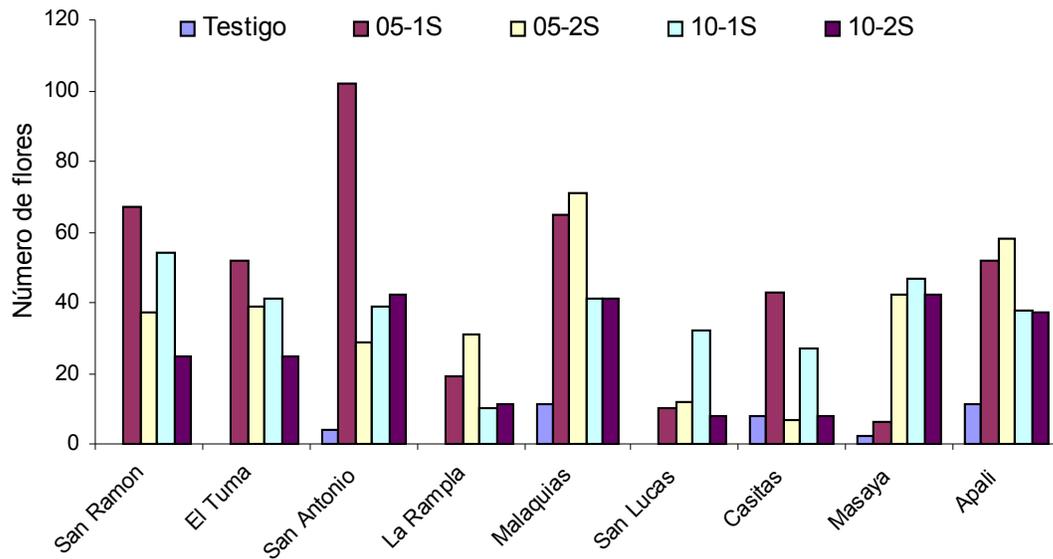


Figura 4. Número de flores de las plantas de los cultivares San Ramon, El Tuma, San Antonio, La Rampla; Malaquías, San Lucas; Casitas, Masaya y Apalí sometidas a las aplicaciones con 500 (05-1S y 05-2S) y 1000 (10-1S y 10-2S) ppm de AG_3 aplicadas semanal y quincenalmente.

Las aplicaciones con AG_3 indujeron flores en todos los cultivares en rango de 7-102 flores totales. El número promedio de flores por planta varió de 1.4-20.4.

3.2.3 Estructuras relacionadas con la floración

Las aplicaciones de AG_3 a los diferentes cultivares produjeron estructuras relacionadas con la floración. Las estructuras que más se encontraron fueron brácteas, además brácteas que desarrollaron estructuras disímiles como brácteas múltiples, brácteas que desarrollaban hojas de bandera, brácteas que cubrían hojas de bandera (Figura 5).

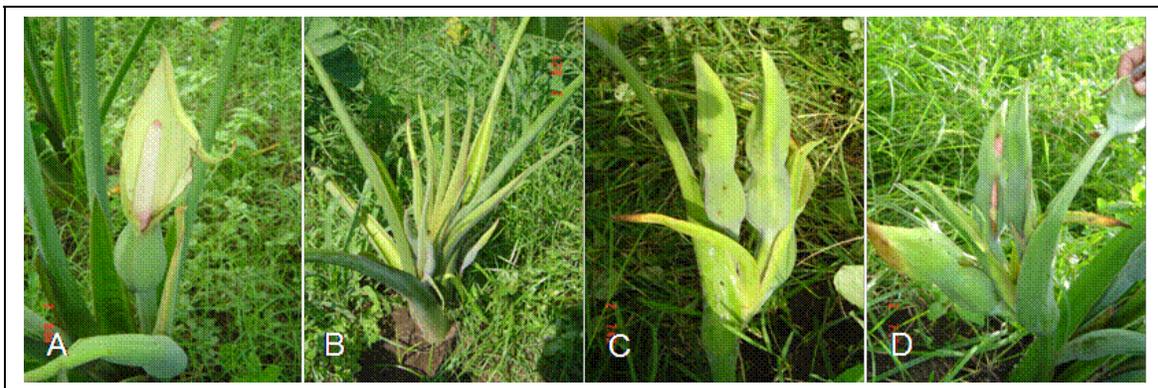


Figura 5. Flores y estructuras relacionadas producidas por las plantas. A) flores, B) brácteas múltiples, C y D) flores múltiples

El cultivar San Antonio presentó el mayor número de brácteas seguido de San Ramón, Malaquías, Apalí, Masaya, Casitas y el Tuma. El cultivar San Lucas produjo pocas brácteas, La Rampla produjo el menor número (Cuadro 4).

Cuadro 4. Estructuras relacionadas a la floración inducidas por la aplicación de AG₃ en los cultivares San Ramón, El Tuma, San Antonio, La Rampla; Malaquías, San Lucas; Casitas, Masaya y Apalí.

Cultivar	Estructuras relacionadas (No)				
	Brácteas	Brácteas múltiples	Brácteas hoja bandera	Brácteas que cubren hojas bandera	Total
San Ramón	324	7	18	4	353
El Tuma	202	12	33		247
San Antonio	344	6	10	7	367
La Rampla	108	5	15		128
Malaquías	312	11	18	12	353
San Lucas	165	6	29	4	204
Casitas	220	18	9	10	357
Masaya	224	13	23	8	268
Apalí	275	26	35	1	337

La producción de brácteas múltiples fue escasa para la mayoría de los cultivares. Apalí presentó mayor número de brácteas múltiples, seguido de Casitas, Masaya, El Tuma y Malaquías. Los cultivares San Ramón, San Antonio, San Lucas y La Rampla produjeron el menor número de brácteas múltiples.

Los cultivares Apalí, El Tuma, San Lucas y Masaya obtuvieron mayor número de brácteas hojas de bandera, seguido de San Ramón, Malaquías y La Rampla. Los cultivares que presentaron menor número de brácteas hoja de bandera son San Antonio y San Lucas.

El cultivar Malaquías produjo el mayor número de brácteas cubriendo hojas de bandera. Los cultivares Masaya, San Antonio, San Ramón, San Lucas y Apalí presentaron menor número de brácteas cubriendo hojas de bandera. La Rampla y El Tuma no presentaron esta estructura.

3.2.4 Floración y estructuras relacionadas en las plantas testigo

Las plantas testigos de todos los cultivares produjeron estructuras relacionadas con la floración. El cultivar Malaquías registró mayor número de estructuras relacionadas seguido de

los cultivares Masaya, San Ramón, San Antonio, Apalí y San Lucas. Los cultivares que menos produjeron estructuras relacionadas fueron La Rampla y Casitas. Cinco de los nueve cultivares produjeron flores: Malaquíás (11), Apalí (10), Casitas (8), San Antonio (4) y Masaya (2) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Flores y estructuras relacionadas en las plantas testigo de los cultivares San Ramón, El Tuma, San Antonio, La Rampla, Malaquíás, San Lucas, Casitas, Masaya y Apalí.

Cultivares	Nº Brácteas	BM	BHB	BCHB	Flores
San Ramón	11	1	4		
El Tuma			1		
San Antonio	10	2	1		4
La Rampla	7	1	6		
Malaquíás	25	1	12		11
San Lucas	9	1	1		
Casitas	5	1	6		8
Masaya	14	3	6	1	2
Apalí	10	2	5		10

BM = Brácteas múltiples, BHB = Brácteas de hojas bandera, BCHB = Brácteas cubriendo hojas bandera

3.2.5 Germinación del polen

El polen germinó en rango de 90-100% en todos los cultivares. San Ramón y La Rampla lograron 100% de germinación, Casitas 96%, El Tuma, Malaquíás y Apalí 94-95%, San Lucas 92%; San Antonio y Masaya 90% (Cuadro 6).

Cuadro 6. Porcentaje de germinación de los cultivares San Ramón, El Tuma, San Antonio, La Rampla; Malaquíás, San Lucas; Casitas, Masaya y Apalí.

Cultivares	Nº granos	Granos germinados	Germinación (%)
San Ramón	200	200	100
El Tuma	250	237	94.8
San Antonio	400	360	90
La Rampla	150	150	100
Malaquíás	300	285	95
San Lucas	100	92	92
Casitas	200	192	96
Masaya	250	225	90
Apalí	350	333	95.1

3.2.6. Receptividad del ovario

La receptividad del ovario de las flores provenientes en los diferentes tratamientos fue de 100% independientemente de la concentración de AG₃, el intervalo de aplicación y los cultivares (Cuadro 7). Antes que ocurriera la ántesis de la flor, éstas se encontraban receptivas.

Cuadro 7. Receptividad del ovario de los cultivares San Ramón, El Tuma, San Antonio, La Rampla, Malaquíás, San Lucas, Casitas, Masaya y Apalí.

Cultivar	Nº de flores	Flores receptivas	Receptividad (%)
San Ramón	30	30	100
El Tuma	20	20	100
San Antonio	24	24	100
La Rampla	10	10	100
Malaquíás	25	25	100
San Lucas	28	28	100
Casitas	15	15	100
Masaya	35	35	100
Apalí	18	18	100

El AG₃ promueve efectos en las plantas como elongación del tallo, fenómeno que ocurre cuando muchas plantas inician la floración (Berg *et al.*, 1996). Según Vázquez *et al.* (1987) el AG₃ regula el equilibrio entre el crecimiento de los entrenudos y desarrollo de las hojas. Regula además la senescencia de las hojas, durante este proceso se producen algunos cambios cualitativos característicos, como la pérdida de la clorofila y el consiguiente amarillamiento de las hojas, unido a esto ocurre la descomposición de las proteínas. El AG₃ produce todos los efectos fisiológicos antes mencionados mediante diferentes mecanismos: estímulo de la síntesis de ARN y de nuevas proteínas que posteriormente forman enzimas que actúan en el crecimiento y enzimas hidrolíticas que desdoblan las sustancias de reservas; incremento de la concentración de auxinas al convertir el triptófano en ácido indolacético.

Después de la inducción con AG₃ las plantas fueron sometidas a un estrés que influyó en su desarrollo fisiológico, retardando el crecimiento con cambios como la elongación del pecíolo, disminución del grosor del pseudotallo, producción de pocas hojas y estancamiento del desarrollo del área foliar, mientras que las plantas testigo siguieron su desarrollo normal. Estos resultados coinciden con los reportados por Saborío *et al.* en estudio establecido en Costa Rica en el año 1999.

La producción de flores no condujo a un crecimiento terminal en las plantas, pues las que terminaron el proceso de floración continuaron su crecimiento vegetativo, por lo que se podría argumentar que el efecto inductor del AG₃ fue recibido en un número dado de fitómeros (ápice de crecimiento) después de los cuales la planta continuó su crecimiento vegetativo.

Según Schuch *et al.* (1990) el AG₃ es un fitorregulador del crecimiento caracterizado por sus efectos fisiológicos y morfológicos, y es capaz de revertir una planta vieja en una más joven. Produce efectos como aceleración de la germinación, floración forzada, desarrollo de los frutos. El AG₃ adicionado a las hojas retarda la pérdida de clorofila y proteínas de estos órganos. Este efecto retardante en la degradación de las proteínas se basa en la capacidad del AG₃ para estimular la síntesis del ARN y de nuevas proteínas.

En el presente estudio la floración inició a los 88 días después de la primera aplicación (ddpa). Estos resultados coinciden con los reportados por Alamu y Mc David (1978) y Saborío *et al.* (1999), quienes lograron la floración a los 90 ddpa. Sin embargo difieren de los resultados obtenidos por Onokpise *et al.* (1992) quienes lograron la floración 50-70 ddpa; y de los resultados presentados por Agueguia *et al.* (1983) que reportan el inicio de la floración 60 ddpa.

La floración iniciada a los 88 ddpa fue escasa, las flores no lograron la antesis y produjeron poco polen, debido posiblemente a las condiciones ambientales (altas temperaturas y baja humedad relativa) que se presentaron en los meses de abril-mayo las que afectaron el desarrollo de las estructuras florales. Al entrar el período de lluvias las temperaturas bajaron, la humedad relativa y las precipitaciones aumentaron, lo que favoreció el proceso de floración. Similares resultados los obtuvieron Saborío *et al.* (1999).

En todos los cultivares la floración ocurrió en la mayoría de las plantas tratadas. Sin embargo las aplicaciones semanales de 500 ppm de AG₃ tuvieron mayor efecto inductor. Los resultados de este estudio coinciden con los reportados por Saborío *et al.* (1999) quienes trabajaron con dos cultivares en cinco regiones de Costa Rica. Pero difieren de los registrados por Agueguia *et al.* (1983) que trabajaron con tres cultivares en Camerún que reportan que la dosis de 1000 ppm de AG₃ indujo la mayor floración en los cultivares estudiados.

Los cultivares de pulpa morada registraron mayor número de flores en comparación con los cultivares de pulpa blanca. Esto evidencia lo dicho por Zeebaart (1976) que menciona que la respuesta a la floración es dependiente del ambiente y del genotipo de la planta.

El número total de flores inducidas por el AG₃ varió en un rango de 7-102 y el número promedio de flores por planta osciló de 1.4-20.4. Resultados disímiles fueron obtenidos por Saborío *et al.* (1999) y Agueguia *et al.* (1983) quienes registran cuatro-cinco por planta.

El primer indicio del inicio de la floración fue la aparición de brácteas producidas por todas las plantas, aunque no todas las brácteas desarrollaron flores. Cada planta produjo un promedio de 10 brácteas. Para el resto de las estructuras relacionadas la producción por planta fue escasa.

Las plantas testigos produjeron estructuras relacionadas con la floración. Se sabe que la floración natural puede ser inducida por altos niveles de fertilización, estado de estrés y el intercambio de señales entre plantas. Según USDA (2004) las plantas usan interacciones complejas de fitohormonas, llamadas “intercambio de señales”, para coordinar crecimiento, desarrollo y respuestas dinámicas a tensión. En el presente estudio las plantas aplicadas con AG₃ pudieron emitir químicos volátiles hacia sus plantas vecinas receptoras, las que respondieron positivamente iniciando también ellas la floración de manera contemporánea.

El polen no presenta problemas de germinación, pero las plantas de quequisque tienen inconvenientes de producción de polen en condiciones ambientales adversas. Para trabajos de mejora genética es importante estudiar la viabilidad del polen conservado a bajas temperaturas para utilizarlo a conveniencia.

La receptividad de las flores femeninas fue de 100% y maduraron primero que las flores masculinas. Según Wilson (1985) el ovario es receptivo desde el momento en que la espata inicia su apertura y deja de estarlo generalmente cuatro días antes de la producción del polen. El grupo de flores estériles entre las flores femeninas y masculinas dificulta aún más la fecundación.

La inducción floral en quequisque es primera vez que se realiza en Nicaragua y los resultados y datos obtenidos podrán ser utilizados en futuros estudios de mejora genética

(autofecundación o mejora por cruzamiento) que contribuyan a la ampliación de la variabilidad genética del cultivo.

IV. CONCLUSIONES

- El AG₃ indujo la floración en todos los cultivares independientemente de la concentración y el intervalo de aplicación.
- 500 ppm de AG₃ aplicada cada semana indujo la floración más temprana y el mayor número de flores.
- 1000 ppm de AG₃ aplicada cada dos semanas indujo la floración más tardía y el menor número de flores.
- El proceso de floración se prolongó por más de 2 meses en todos los cultivares.
- El primer indicio del efecto del AG₃ fue la retardación del desarrollo de las plantas de todos los cultivares.
- Los cultivares de pulpa lila iniciaron primero la floración.
- El cultivar San Antonio produjo el mayor número de flores y estructuras relacionadas a la floración y La Rampla el menor número.
- La floración de los testigos ocurre aparentemente por el intercambio de señales entre plantas.
- La antesis y producción del polen dependen de las condiciones ambientales. La germinación del polen fue de 90-100% y la receptividad del ovario 100%.

V. RECOMENDACIONES

- Utilizar los resultados obtenidos en este estudio para realizar trabajos de mejora genética en el cultivo.
- Utilizar la dosis de 500 ppm de AG₃ aplicada semanalmente puesto que indujo la floración temprana y mayor número de flores.
- Establecer ensayos en épocas que se pueda hacer coincidir el momento de floración con el período lluvioso.
- Establecer próximos ensayos en zonas que presenten condiciones climáticas que favorezcan el desarrollo del cultivo y el proceso de floración (bajas temperaturas, alta humedad relativa, altas precipitaciones).
- Hacer coincidir la floración realizando aplicaciones tardías a los cultivares que iniciaron la floración más temprano y viceversa para trabajos de cruzamiento.

VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUEGUIA, A. y NZIETCHUENG, S. 1983. Production of hybrid *Xanthosoma sagittifolium* and test for resistance to *Phythium myriotyrum*. In: Tropical root crops. Production and uses in Africa. Cameroon, Africa. 169 p.
- ALAMU, S. y MC DAVID, C.R. 1978. Promotion of flowering in edible aroids by gibberellic acid. Tropical Agriculture (Trinidad) 55 (1):81-86.
- BERG, S. y VILLEE, M. 1996. Biología de villee. 3ª ed. Nueva editorial interamericana, S. A de C. V. Atrampa, México, D. F. 106-107 p.
- CEI (Centro de Exportaciones e Inversiones de Nicaragua). 2005. Servicios de Inteligencia Comercial. Nicaragua: exportaciones Enero-Diciembre 2004.
- GOENAGA, R. y HEPPELRY, P. 1989. Flowering induction, pollen and seed viability and artificial hybridization of taniens (*Xanthosoma* spp.). Ed. Board Mayagüez, Puerto Rico. 253 p.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2000. El cultivo del quequisque. Guía Tecnológica 24. Managua, Nicaragua. 6-7 p.
- LÓPEZ ZADA, M.; VÁSQUEZ BECALLI, E. y LÓPEZ FLETES, R. 1984. Raíces y tubérculos. Editorial Pueblo y Educación. Playa, Ciudad de la Habana, Cuba. 138 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Forestal). 1995. El quequisque en el mercado internacional. Agricultura y desarrollo. Revista No. 10. Dirección General de Información y Apoyo al Productor. 14 p.
- MAG, 1971. Manual práctico para interpretación de suelos. Catastro e inventario de recursos naturales. Nicaragua. 39 p.
- MAGFOR. 2003. Informe de producción agropecuaria de Nicaragua 2002-2003. Dirección de Estadística del MAGFOR. Nicaragua.
- MAGFOR (Ministerio de Agricultura y Forestal). 2005. Informe de producción agropecuaria de Nicaragua 2003-2004. Dirección de Estadística del MAGFOR. Nicaragua.
- MORALES C.R. 1987. Manual de laboratorio de fisiología vegetal. 178 p.
- MONTALDO, A. 1991. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. 2ª ed. San José, CR. Editorial Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 53 p.

- ONOKPISE, O. U., BOYA-MEBOKA. y WUTOH, J. 1992. Hibridization and fruit formation in macabo cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* (L) Schott). *Annals of applied biology*. 120: 527-535.
- REYES, G. y AGUILAR, M. D. 2005. Reproducción acelerada de semilla de quequisque (*Xanthosoma* spp.) y malanga (*Colocasia* spp.). Guía técnica No. 8. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 6-7 p.
- REYES, G. 2006. Studies on cocoyam (*Xanthosoma* spp.) in Nicaragua, with emphasis on Dasheen mosaic virus. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala, Suecia. ISSN: 1652- 6880, ISBN: 91-576-7056-0.
- ROJAS, C.R. 1998. Reproducción de semilla limpias de tiquisque blanco y morado a partir de plántulas *in vitro*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. MAG. Costa Rica. 39 p.
- SABORÍO, F.; GÓMEZ, L.; TÓRREZ, S. y VALVERDE, R. 1999. Inducción de floración de tiquisque (*Xanthosoma* spp.) en cinco regiones de Costa Rica. *Agronomía costarricense*. 24(1): 37-45.
- SCHUCH, U.K., FUCHIGAMI, L. H. y NAGAO, M. A. 1990. Gibberellic acid causes earlier flowering and synchronizes fruit ripening in coffee. *Plant Growth Reg.* 59 p.
- VÁZQUEZ, E. y TORRES, S. 1987. Fisiología vegetal. Ed. Pueblo y Educación. Playa, Ciudad de La Habana. 355-359 p.
- WILSON, J.P. 1985. Cocoyam. In: P. R. Goldsworthy and N. M. Fisher (eds.). *The Physiology of Tropical Field Crops*, 589-605. New York, London: John Wiley and Sons Ltd.
- ZEEBAART, J. A. D. 1976. Physiology of flower formation. *Annual Review of plant Physiology* 27:321-348.

ANEXOS

Cuadro 8. Significancia estadística del análisis de varianza de los datos de las variables altura de planta (Altpla, cm), número de hojas, grosor del seudotallo (Diámetro, en cm) y area foliar (Afoliar, en cm²), registrados a los 92, 120, 141, 178 y 244 días después de la siembra (dds) de las fuentes de variación: observaciones, cultivares, aplicación, cultivares por aplicación (Cul*Apl), coeficiente de variación (CV) y coeficiente de determinación (R²).

Variables	Fuentes de variación				CV	R ²
	Observaciones	Cultivares	Aplicación	Cul*Apl		
92 dds						
Altpla	ns	**	ns	**	25.11	0.50
Hojas	ns	**	ns	**	17.15	0.45
Diámetro	ns	**	ns	**	33.04	0.59
Afoliar	ns	**	*	**	48.34	0.60
120 dds						
Altpla	ns	**	**	*	19.39	0.42
Hojas	ns	**	*	ns	16.54	0.47
Diámetro	ns	**	ns	*	35.45	0.32
Afoliar	ns	**	ns	*	46.29	0.34
141 dds						
Altpla	*	**	*	*	19.69	0.41
Hojas	ns	**	**	*	18.19	0.50
Diámetro	ns	**	ns	*	34.14	0.36
Afoliar	ns	**	ns	*	45.76	0.39
178 dds						
Altpla	ns	**	ns	**	19.15	0.44
Hojas	*	**	**	**	18.14	0.52
Diámetro	ns	**	**	**	29.27	0.48
Afoliar	ns	**	**	**	47.22	0.62
244 dds						
Altpla	ns	**	**	ns	17.54	0.61
Hojas	ns	**	**	**	25.56	0.70
Diámetro	ns	**	**	*	34.79	0.55
Afoliar	ns	**	**	*	45.55	0.67

Cuadro 9. Análisis de varianza de las variables morfológicas altura de planta (cm), número de hojas, diámetro del seudotallo (cm), área foliar (cm²) de los cultivares San Ramón (SR), El Tuma (ET), San Antonio (SA), La Rampla (LR), San Lucas (SL), Casitas (CA), Masaya (MS), Apalí (AP) a los 92, 120, 141, 178, 244 días después de la siembra.

Cultivares	Día después de la siembra				
	92	120	141	178	244
Altura de plantas (cm)					
SR	43.98 b	68.32 a	70.42 ab	81.08	88.08 b
ET	33.08 d	59.52 bc	64.04 b	79.64	86.44 b
SA	41.52 b	69.68 a	75.80 a	91.58 a	97.00 a
LR	39.70 bc	66.16 ab	76.00 a	86.05	90.83 ab
ML	30.40 cd	59.70 bc	65.13 b	74.62	77.82 cd
SL	43.98 b	63.00 ab	75.40 a	90.84 a	87.41 b
CA	42.40 b	63.62 ab	71.12 ab	87.07	91.36 ab
MS	51.08 a	53.12 c	63.36 b	71.80	73.34 d
AP	39.06 bc	55.95 c	69.41 ab	82.75	83.95 bc
Número de hojas					
SR	5.4 a	4.80 a	4.57 a	4.88	3.56 c
ET	4.52 c	4.40 b	4.43 ab	4.92	4.20 abc
SA	4.96 b	5.08 a	4.64 a	5.25 a	4.72 a
LR	3.91 d	3.75 c	3.70 c	3.91	4.12 abc
ML	4.40 c	4.33 b	4.26 ab	5.16 a	4.39 ab
SL	4.32 cd	3.60 c	4.04 bc	4.64 b	3.79 bc
CA	4.60 bc	4.32 b	4.36 ab	4.96	4.00 bc
MS	4.40 c	3.60 c	4.24 ab	4.64 b	3.69 c
AP	4.20 cd	4.17 b	4.41 ab	5.29 a	3.95 bc
Diámetro (cm)					
SR	2.94	4.08 ab	4.19 abc	6.86	5.31 c
ET	1.9 f	3.23 cd	3.63 c	6.28	5.72 bc
SA	2.79	3.98	4.36 abc	8.04	4.74 bc
LR	2.62	3.72	4.68 ab	7.25	6.37 abc
ML	2.24	3.44	3.90 bc	7b.00	5.09 c
SL	4.32 a	4.58 a	5.02 a	8.88 a	7.47 a
CA	3.30 bc	3.57	3.84 bc	7.08	6.89 ab
MS	4.02 a	3.06 b	3.52 c	6.24	5.76 bc
AP	3.35 b	3.51	3.65 c	7.89	6.87 ab

		bcd		ab		
A foliar (cm²)						
SR	454.71 bc	852.1 ab	942.50 cde	840.60	1158.80 cd	
ET	311.03 d	734.0 bc	848.10 de	1056 bcd	1265.1 bcd	
SA	494.15 b	946.3 ab	1157.30 bc	1327.90	1582.70 ab	
LR	488.08 b	928.6 ab	1261.80 ab	1260.90	1803.40 a	
ML	338.67 cd	744.7 bc	949.30 cde	978.30	1233.70	
SL	666.35 a	1065 a	1519.90 a	1555.40 a	1502.60 abc	
CA	433.6b cd	836.1 ab	1097.50 cde	1054.5	1294.40 bc	
MS	645.44 a	581.8 c	820.60 e	928.80	916.40 d	
AP	464.54 b	824.8 b	1108.40 bcd	1117.5	1330.50 bc	

Cuadro 10. Altura de plantas (cm), grosor del seudotallo (ϕ , cm), número de hojas y área foliar (Afoliar, cm²) de plantas de los cultivares San Ramón (SR), El Tuma (ET), San Antonio (SA), La Rampla (LR), Malaquíás (ML), San Lucas (SL), Casitas (CA), Masaya (MS) y Apalí a los 92, 120, 141, 178 y 244 días después de la siembra.

Cultivares	Aplicaciones	Días después de la siembra																			
		92				120				141				178				224			
		Altura	Hojas	ϕ	Afoliar	Altura	Hojas	ϕ	Afoliar	Altura	Hojas	ϕ	Afoliar	Altura	Hojas	ϕ	Afoliar	Altura	Hojas	ϕ	Afoliar
SR	Testigo	48.2	5.4	3.3	515.9	62.8	5.2	4.58	878	67.4	5.2	5	1142	68.2	4.4	6.3	886.5	115	6.2	8.4	2457
	05-1S	46.0	5.4	3.2	556.1	72.8	4.6	4.7	1047	75	4.5	4.2	1157	94	5.2	9	1334	101	3	7.16	1093
	05-2S	39.0	5.4	2.5	339.2	63.6	4.2	3.5	678	61	3.8	2.8	427.8	77.6	4.8	7.65	590.8	70.8	3	3.16	703.8
	10-1S	44.2	5.6	2.9	427.1	72.2	4.6	3.9	834	78	4.7	4.4	995.3	85.2	5.6	7.3	879.4	80.2	3.2	4.06	984.2
	10-2S	40.0	5.2	2.8	435.1	70.2	5.4	3.6	824	75	4.6	4.7	999.9	80.4	4.6	6.3	512.3	73.8	2.4	3.8	555.5
ET	Testigo	35.0	5.2	2.4	273.5	56.2	5	3.3	620	60	6	3.8	1034	76.8	5.6	7	1472	113	6.8	8.76	2200
	05-1S	35.2	4.8	2.0	517.7	72.4	4.2	4.2	1317	78	4	6	1323	101	5.6	9.2	2036	92.6	2.6	6.14	1400
	05-2S	27.8	3.6	1.5	172.8	45	3.8	2.2	361	50.6	3.6	2.7	542.8	62	4.6	4.1	408.8	70	3.6	4.84	807.1
	10-1S	29.6	4.4	1.4	171.6	57.4	4.4	3	561	65	4.4	2.9	487.6	72	4.4	5.4	469.7	73.2	4	3.46	792.9
	10-2S	37.8	4.6	2.2	419.4	66.6	4.6	3.3	811	68.3	3.6	3.6	855.9	86.4	4.4	5.7	893.6	85	4	5.4	1125
SA	Testigo	35.8	4.8	2.4	386.2	52	5	3.3	624	60.6	5.4	3.8	978.2	92.8	6.4	9.8	2315	133	8.2	8.9	3592
	05-1S	42.2	5.4	2.6	497.2	73.2	5	4.2	1025	81.6	4.8	4.3	1144	94	5.4	8	1698	85.2	3.6	4.74	1218
	05-2S	37.4	4.4	2.6	406.7	64.4	5.2	2.7	743	71.8	3.8	3.6	927.6	73.75	4.25	5.5	434.3	80.8	3.2	3.68	921.1
	10-1S	41.2	5	2.9	525.9	76.8	5	4.1	1085	82.2	4.6	5	1272	90.2	4.6	7.6	1123	91.8	4.2	6.42	1318
	10-2S	51	5.2	3.5	654.4	82	5.2	5.4	1254	82.8	4.6	5	1464	103.6	5.4	8.8	893	94	4.4	4.96	863.1
LR	Testigo	31.4	3.2	1.5	272.6	51.6	3.8	3.3	659	57.2	4.2	4.2	1023	82	4.4	8.2	1820	110	5.2	8.86	2996
	05-1S	41.3	3.75	3.1	557.2	69	3.5	4	905	74.6	3.6	5	1160	81.5	4	6.25	1166	81.3	4.25	5.15	1631
	05-2S	43.8	3.6	3.0	584.8	71.8	3.6	3.4	969	77	2.6	4	1202	82.2	3.4	7.4	895.6	88.8	3.4	5.1	1488
	10-1S	37.8	4.2	2.7	462.3	67.2	3.8	3.8	1058	93.8	3.5	5	1603	91	3.8	7.2	1663	93.8	4.2	7.4	1807
	10-2S	44.6	4.8	3.0	577.2	71.8	4	4	1047	85	4.3	4.8	1434	94.8	4	7	741.4	78.8	3.6	5.1	1061
ML	Testigo	38.3	4.7	3.1	560.3	51	4.6	3.7	1058	63	5.7	4.9	1604	96.2	7	11.8	2718	116	8.4	10.8	3245
	05-1S	30.6	3.5	1.8	209.8	51.4	4.1	2.7	503	57.5	3.8	2.7	515	61.2	4.6	4.8	418.2	74.3	3.75	2.95	861.7
	05-2S	32.2	4.4	2.5	253.6	53.6	4.1	2.7	555	60.6	3.5	2.5	402.3	60	4.25	4.5	389.2	59.8	3.5	3.13	589.7
	10-1S	34.2	4	2.3	348	57.8	4.4	3.1	657	63.3	3.9	3.05	779.5	73.6	5.2	6.2	578	77.4	3	4.66	751.5
	10-2S	41.1	4.8	3.1	321.4	61.8	4.5	3.6	913	73.1	4.5	4.4	1227	79.2	4.6	7.2	670.1	57.6	3	3.12	517.1
SL	Testigo	33.8	4.2	3.4	476.7	47.8	3.6	3.6	820	68	4.2	5.2	1416	76	4.4	7.6	1945	108	4.8	8.88	2185
	05-1S	48.2	4.6	4.8	726	71.6	3.8	5	1240	77.8	4	5	1493	93.6	4.6	9.4	1867	87.6	4.2	8.9	981

	05-2S	47	4.6	4.8	749.1	66	3.4	4.8	1136	79.8	4.4	4.7	1683	102.2	4.8	10.2	1378	91.8	3.8	8.86	1584
	10-1S	46.4	4.4	4.6	779.3	71.2	3.8	5.7	1346	82	4	5.9	1686	103.6	5.2	10	1912	73.2	3	5.26	772.8
	10-2S	44.5	3.8	4	600.4	58.4	3.4	3.7	783	69.6	3.6	4	1322	78.8	4.2	7.2	674.2	73.5	3	4.98	980.1
CA	Testigo	40.3	4.2	3.2	392.4	52.2	4.8	3.5	778	62.6	5.4	4.3	1330	87.2	6.6	8.6	1913	117	6.6	9.5	2827
	05-1S	45.6	5	3.4	488.6	66.4	4.6	4	1016	75.6	4.4	4.4	1257	94.8	5.2	8.4	1384	89	3.2	6	1054
	05-2S	42.6	4.8	3.5	435.6	67.4	4.4	3.7	828	64.2	4.2	3.2	811	82.4	4.4	5.6	517.7	82	3.2	4.9	657.1
	10-1S	47.8	5	3.5	565	68.8	4.2	3.5	900	84.2	4.2	4.1	1271	87.4	5	7	767.9	87.8	4	7.84	1234
	10-2S	35.7	4	2.9	286.1	62.8	3.6	3	659	69	3.6	3	793.5	83.4	3.6	5.8	690.5	81	3	6.22	700
MS	Testigo	35.6	4.2	3.2	397.2	52.8	4	3.9	704	61.8	5.2	3.4	930.9	81.2	5.8	7.8	1850	96.8	5.4	8.92	1885
	05-1S	26.2	3.8	2.4	198.9	50.2	3.6	2.6	420	54.2	3.6	2.3	486.9	60.2	3.8	3.6	382.1	57.2	3.2	4.52	478.6
	05-2S	40.5	4.2	2.4	302.9	53.2	3.2	2.5	460	69.2	4.4	3.8	734.6	75.8	4.8	7	793.2	69.4	3.2	4.2	676.3
	10-1S	36.3	4.4	3.2	390.1	56.4	3.6	3.5	716	70.2	4	4.5	1113	77.8	4.8	7.4	1015	72.8	3.8	6.4	803.6
	10-2S	37.2	3.8	3.1	302.1	53	3.6	2.6	609	61.4	4	3.4	837	64	4	5.4	603.8	68.6	2.3	4.13	620.1
AP	Testigo	30.2	4.2	2.7	369.5	46.8	4.6	3.3	686	59.4	5.4	4.1	1159	81.4	6	9.4	1596	101	6.2	8.18	2156
	05-1S	40.8	4.6	3.6	530.8	65.2	4	4.3	1057	76.8	4.2	5.7	1344	77	4.8	7.4	738.8	88	3.6	7.02	1434
	05-2S	47.5	4.2	3.2	509.4	68.2	4.6	4.4	1114	83.8	4.8	4.5	1391	96.2	5.6	9.8	1660	88.2	3.6	8.32	1379
	10-1S	33.8	4	3.4	371	48.7	4	2.5	555	56.8	3.8	2.5	625.1	60	4.4	4.5	439.3	55	3	4.5	473.6
	10-2S	45.5	4.2	4.2	564.2	53.8	3.6	3.16	877	75.2	4	3.9	1275	94.8	5.4	7.4	964.9	74	2.75	5.05	750.7

Brácteas



Brácteas múltiples



Bráctea hoja de bandera



Flores



Figura 6. Estructuras florales desarrolladas por las plantas aplicadas con AG₃.



Figura 7. Realización de prueba de receptividad del ovario.