



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
FISIOLOGÍA VEGETAL**

**INTENSIDAD LUMINOSA Y ÁCIDO GIBERÉLICO  
EN LA PRODUCCIÓN DE ANTURIO PARA  
FLOR DE CORTE**

**SANDRA ELOISA RANGEL ESTRADA**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**DOCTORA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

**2011**

La presente tesis titulada: “**Intensidad luminosa y ácido giberélico en la producción de anturio para flor de corte**”, realizada por la alumna **Sandra Eloísa Rangel Estrada**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTORA EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
FISIOLOGÍA VEGETAL**

**CONSEJO PARTICULAR**

**CONSEJERA**

---

**DRA. LUCERO DEL MAR RUIZ POSADAS**

**ASESOR**

---

**DR. 3GABRIEL ALCÁNTAR GONZÁLEZ**

**ASESOR**

---

**DR. ÁNGEL VILLEGAS MONTER**

**ASESORA**

---

**DRA. MA. DE LAS NIEVES RODRÍGUEZ MENDOZA**

**ASESOR**

---

**DR. JOAQUÍN MURGUÍA GONZÁLEZ**

**ASESOR**

---

**DR. JORGE GUTIÉRREZ ESPINOSA**

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Noviembre 2011.

## DEDICATORIA

A mis padres, Sra. Juana María Estrada Cuéllar y Sr. Constantino Rangel Milán, que me apoyaron muchísimo durante mis estudios de doctorado y siempre están conmigo a pesar de la distancia.

A mis hermanos Olga Patricia y Miguel Angel Rangel Estrada, que a pesar de no estar con ellos, siempre están conmigo.

A Eleodoro Hernández Meneses, por su amor, apoyo y paciencia.

A toda la familia Rangel Milán y Estrada Cuéllar, a todos mis tías, tíos, primas y primos, que me han apoyado y han estado siempre al pendiente de mí.

A la familia Bobadilla Adame, por su gran amistad y apoyo durante mi estancia en Texcoco, Estado de México.

A todos mis compañeros y nuevos amigos durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados, que afortunadamente son muchos, a todos, gracias.

## AGRADECIMIENTOS

Al pueblo de México que, por medio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, me otorgó una beca económica para cursar mis estudios de doctorado en el Colegio de Postgraduados y llevar a cabo la presente investigación.

A Dra. Lucero del Mar Ruiz Posadas, por su orientación, consejos, comprensión y gran amistad.

A Dr. Joaquín Murguía González, por su valiosa orientación y apoyo durante mi estancia en Fortín de las Flores, Veracruz.

A Dr. Gabriel Alcántar González, por su guía y comentarios desde el inicio de la investigación.

A Dr. Ángel Villegas, por sus atinadas observaciones para la culminación de la presente investigación.

A Dra. Nieves Mendoza, por sus aportaciones para la realización de esta investigación.

A Dr. Jorge Gutiérrez, por sus observaciones hacia esta tesis.

A Sr. Valente Hernández Marcial por facilitarme las instalaciones su vivero comercial “Anturios Selectos el Fortín” para el desarrollo de la investigación y enseñarme lo que no aprendemos en aulas.

Al Sr. Antonio Velazco, Sra. Rocío Carmona, Sra. Corina Morales, Sr. Daniel Díaz, de la Orientación de Botánica, que me recibieron con mucho cariño aun siendo alumna de Fisiología Vegetal.

A todos, que de alguna manera contribuyeron a la realización de esta investigación.

## CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE CUADROS .....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE .....</b>	<b>xii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xv</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos .....	2
1.3 Hipótesis general.....	3
1.4 Hipótesis específicas.....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Generalidades.....	4
2.2 Manejo del cultivo .....	4
2.2.1 Luz .....	4
2.2.2 Temperatura .....	6
2.2.3 Humedad .....	6
2.2.4 Plagas y enfermedades .....	7
2.3 Sustratos.....	8
2.4 Sistemas de cultivo .....	9
2.5 Cosecha, clasificación y empaque.....	10
2.6 Control de la luz en el desarrollo de la planta .....	11
2.7 El uso de las Giberelinas (GA's) en cultivos .....	12
2.7.1 Naturaleza .....	12
2.7.2 Efectos fisiológicos .....	13
2.7.3 Giberelinas bio-activas .....	14
2.7.4 Ruta biosintética.....	15
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
3.1 Establecimiento del experimento .....	16
3.1.1 Localización .....	16
3.1.2 Establecimiento del cultivo .....	16
3.1.2.1 Construcción de camas de siembra .....	16
3.1.2.2 Sustrato .....	16
3.1.2.3 Material vegetal.....	17
3.1.2.4 Trasplante.....	18
3.1.3 Manejo del Cultivo.....	19

3.1.3.1 Fertilización .....	19
3.1.3.2 Control de plagas y enfermedades .....	19
3.1.3.3 Deshojado.....	19
3.1.4 Niveles de sombreado .....	19
3.1.5 Concentración de AG <sub>3</sub> .....	19
3.1.6 Diseño experimental.....	20
3.2 Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) .....	21
3.3 Condiciones ambientales .....	21
3.4 Análisis del crecimiento.....	21
3.5 Crecimiento vegetativo .....	21
3.5.1 Número de hojas .....	22
3.5.2 Área foliar .....	22
3.5.3 Cinética de crecimiento de hojas.....	22
3.5.4 Análisis histológico foliar .....	22
3.5.5 Altura de planta y producción de vástagos.....	22
3.6 Crecimiento: Inflorescencias.....	23
3.6.1 Número de inflorescencias .....	23
3.6.2 Calidad de inflorescencias.....	23
3.7 Extracción de clorofila y antocianinas .....	24
3.7.1 Clorofila .....	24
3.7.2 Antocianinas.....	25
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>26</b>
4.1 Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) .....	26
4.2 Condiciones ambientales .....	27
4.3 Crecimiento vegetativo .....	31
4.3.1 Número de hojas .....	31
4.3.2 Área foliar .....	34
4.3.3 Cinética de crecimiento.....	37
4.3.4 Largo de pecíolo.....	45
4.3.5 Análisis histológico de hoja .....	47
4.3.6 Altura de planta .....	48
4.3.7 Número de vástagos .....	50
4.4 Crecimiento: Inflorescencias.....	51
4.4.1 Número de inflorescencias .....	51
4.4.2 Tamaño de espata .....	53
4.4.3 Longitud de pedúnculo.....	56
4.5 Color de espata.....	58
4.5.1 Acrópolis® .....	59
4.5.3 Casino® .....	61
4.5.4 Tropical® .....	62
4.6 Vida en florero .....	64
4.7 Clorofila y antocianinas .....	73
4.7.1 Clorofila total .....	73

---

4.7.2 Antocianinas.....	74
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>79</b>
<b>VII. APÉNDICES .....</b>	<b>86</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características de las variedades de anturio evaluadas en el experimento.....	18
Cuadro 2. Productores que donaron material vegetativo para realizar la presente investigación.....	18
Cuadro 3. Tratamientos resultantes de la combinación de cuatro variedades de anturio, tres niveles de sombreado y cuatro concentraciones de AG <sub>3</sub> .....	20
Cuadro 4. Criterios de clasificación de brillo y coloración de espata y estado del espádice en inflorescencias de anturio (Paull, 1982; Elibox y Umaharan, 2008). .....	24
Cuadro 5. Respuesta obtenida en tamaño de espata ((largo + ancho)/2) de cuatro variedades de anturio de corte cultivadas en tres intensidades luminosas y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ). Cada valor es el promedio de 10 mediciones. ....	54
Cuadro 6. Respuesta obtenida en los componentes del color en espatas de anturio de corte variedad Acrópolis <sup>®</sup> cultivadas en tres intensidades luminosas y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ). Cada valor es el promedio de 120 mediciones. ....	59
Cuadro 7. Respuesta obtenida en los componentes del color en espatas de anturio de corte variedad Anneke <sup>®</sup> cultivadas en tres intensidades luminosas y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ). Cada valor es el promedio de 120 mediciones. ....	60
Cuadro 8. Respuesta obtenida en los componentes del color en espatas de anturio de corte variedad Casino <sup>®</sup> cultivadas en tres intensidades luminosas y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ). Cada valor es el promedio de 120 mediciones. ....	61
Cuadro 9. Respuesta obtenida en los componentes del color en espatas de anturio de corte variedad Tropical <sup>®</sup> cultivadas en tres intensidades luminosas y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ). Cada valor es el promedio de 120 mediciones. ....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructuras de las principales giberelinas activas del crecimiento vegetal (Taiz y Zeiger, 2010).....	14
Figura 2. Construcción de camas de siembra y tendido del sombreado. (A) Separación de la cama con alambres y blocks. (B) Vista de las camas rellenas con sustrato. (C) Instalación del sistema de drenaje. (D) Tendido de la malla sombra. (E) Desinfección del sustrato. (F) Vista final de las camas listas para el trasplante. ....	17
Figura 3. Variedades de anturio para flor de corte utilizadas en el experimento. (A) Acrópolis®. (B) Anneke®. (C) Casino®. (D) Tropical®. ....	18
Figura 4. Secciones de la espata para la evaluación de color durante la vida en florero de anturio. ....	23
Figura 5. Radiación fotosintéticamente activa (RFA) promedio mensual ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) en tres niveles de sombreado evaluadas en el cultivo de anturio para flor de corte en el periodo de julio/2008 - agosto/2009. (Nivel 1) Malla sombra de 90 %; (Nivel 2) Malla sombra de 80 %; (Nivel 3) Malla sombra de 60 %; (Exterior) Sin malla sombra. Cada valor es el promedio de 100 mediciones $\pm$ E.E. ....	26
Figura 6. Radiación fotosintéticamente activa (RFA) anual ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) en tres niveles de malla sombra evaluados en el cultivo de anturio para flor de corte en el periodo de julio/2008 – agosto/2009. Cada valor es el promedio de 1400 mediciones. ....	27
Figura 7. Temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial promedio durante julio/2008 - agosto/2009 en una intensidad luminosa de $1317 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , Fortín de las Flores, Veracruz. ....	28
Figura 8. Temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial promedio durante julio/2008 - agosto/2009 en una intensidad luminosa de $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , Fortín de las Flores, Veracruz. ....	28
Figura 9. Temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial promedio durante julio/2008 - agosto/2009 en una intensidad luminosa de $290 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , Fortín de las Flores, Veracruz. ....	29
Figura 10. Temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial promedio durante julio/2008 - agosto/2009 en una intensidad luminosa de $364 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , Fortín de las Flores, Veracruz. ....	30
Figura 11. Respuesta originada por las variedades de anturio para flor de corte y dosis de $\text{AG}_3$ en el número de hojas producidas durante un año de cultivo en tres intensidades luminosas. (A) Número de hojas por variedad. (B) Número de hojas por concentración de $\text{AG}_3$ . Cada valor es el promedio de 60 mediciones. ....	32
Figura 12. Número de hojas producidas por cuatro variedades de anturio cultivadas en tres intensidades luminosas en los ciclos de cultivo otoño-invierno y primavera-verano. Cada valor es el promedio de 60 mediciones. ....	33
Figura 13. Análisis de regresión del largo x ancho con el área foliar de cuatro variedades de anturio para flor de corte (n=60).....	35
Figura 14. Área foliar obtenida en las variedades de anturio para flor de corte producidas durante un año de cultivo en tres intensidades luminosas y cuatro dosis de $\text{AG}_3$ . (A) Área foliar por variedad. (B) Área foliar por intensidad luminosa. Cada valor es el promedio de 60 mediciones.....	36
Figura 15. Área foliar obtenida en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano de cuatro variedades de anturio para flor de corte cultivadas en intensidades luminosas y dosis de $\text{AG}_3$ diferentes. Cada valor es el promedio de 60 mediciones.....	36

Figura 16. Relación entre el número de hojas y área foliar de cuatro variedades de anturio para flor de corte cultivadas en intensidades luminosas y dosis de AG <sub>3</sub> diferentes. Cada valor es el promedio de 60 mediciones. ....	37
Figura 17. Cinética del crecimiento del área foliar de anturio variedad Acrópolis® en tres intensidades de luz y cuatro dosis de AG <sub>3</sub> (0, 50, 100 y 200 mg L <sup>-1</sup> ) en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano. Barras verticales son el error estándar de cinco repeticiones. ....	39
Figura 18. Cinética del crecimiento del área foliar de anturio variedad Anneke® en tres intensidades de luz y cuatro dosis de AG <sub>3</sub> (0, 50, 100 y 200 mg L <sup>-1</sup> ) en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano. Barras verticales son el error estándar de cinco repeticiones. ....	41
Figura 19. Cinética del crecimiento del área foliar de anturio variedad Casino® en tres intensidades de luz y cuatro dosis de AG <sub>3</sub> (0, 50, 100 y 200 mg L <sup>-1</sup> ) en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano. Barras verticales son el error estándar de cinco repeticiones. ....	42
Figura 20. Cinética del crecimiento del área foliar de anturio variedad Tropical® en tres intensidad de luz y cuatro dosis de AG <sub>3</sub> (0, 50, 100 y 200 mg L <sup>-1</sup> ) en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano. Barras verticales son el error estándar de cinco repeticiones. ....	43
Figura 21. Efecto producido por las variedades (A) de anturio para flor de corte, niveles de intensidad luminosa (B) y dosis de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) (C) sobre el largo del pecíolo. Cada valor es el promedio de 60 (A y C) y 80 (B) mediciones. ....	46
Figura 22. Largo de pecíolos de hojas de cuatro variedades de anturio para flor de corte en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano cultivados en intensidades luminosas y dosis de AG <sub>3</sub> diferentes. Cada valor es el promedio de 60 mediciones. ....	46
Figura 23. Cortes transversales de hojas de <i>Anthurium andraeanum</i> . (A) Tropical® en 256 μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> . (B) Tropical® en 364 μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> . (C) Tropical® en 290 μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> . (D) Casino® en 290 μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> . (E) Acrópolis® en 256 μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> . (F) Anneke® en 256 μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> . c= cutícula. cl= cloroplasto. eh= epidermis de haz. ee= epidermis de envés. ei= espacio intercelular. hv= haz vascular. pem= parénquima en empalizada. pes= parénquima esponjoso. d= drusas. r= ráfidios. Barra = 100 μm. ....	48
Figura 24. Efecto producido por la variedad (A) e intensidad luminosa (B) sobre la altura de planta en anturio para flor de corte tratados con cuatro dosis de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ). Cada valor es el promedio de 60 (A) y 80 (B) mediciones. ....	49
Figura 25. Efecto producido por la variedad (A), intensidad luminosa (B) y ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) (C) sobre el número de brotes producidos en plantas de anturio para flor de corte. Cada valor es el promedio de 60 (A y C) y 80 (B) mediciones. ....	50
Figura 26. Efecto producido por la variedad (A), intensidad luminosa (B) y ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) (C) sobre el número de inflorescencias de plantas de anturio para flor de corte. Cada valor es el promedio de 60 (A y C) y 80 (B) mediciones. ....	52
Figura 27. Numero de inflorescencias producidas en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano por cuatro variedades de anturio para flor de corte cultivadas en tres intensidades luminosas y cuatro dosis de AG <sub>3</sub> diferentes. Cada valor es la producción promedio de 120 plantas. ....	53
Figura 28. Efecto producido en anturio para flor de corte variedades Acrópolis® (A) y Anneke® (B) cultivadas en tres intensidades luminosas (256, 290 y 364 μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) y cuatro dosis de AG <sub>3</sub> (0, 50, 100 y 200 mg L <sup>-1</sup> ) sobre el tamaño de espata. Cada valor es el promedio de 10 mediciones. ....	55

Figura 29. Efecto producido en anturio para flor de corte variedades Casino® (A) y Tropical® (B) cultivadas en tres intensidades luminosas (256, 290 y 364 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y cuatro dosis de $\text{AG}_3$ (0, 50, 100 y 200 $\text{mg L}^{-1}$ ) sobre el tamaño de espata. Cada valor es el promedio de 10 mediciones. ....	56
Figura 30. Efecto producido por cuatro variedades de anturio (A) para flor de corte cultivadas en tres intensidades luminosas (B) y cuatro dosis de $\text{AG}_3$ (C) sobre la longitud del pedúnculo. Cada valor es el promedio de de 60 (A y C) y 80 (B) mediciones. ....	57
Figura 31. Longitud de pedúnculo de inflorescencias producidas en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano en cuatro variedades de anturio para flor de corte cultivadas en intensidades luminosas y dosis de $\text{AG}_3$ diferentes. Cada valor es el promedio de 60 mediciones.....	58
Figura 32. Efecto producido por la variedad (A), intensidad luminosa (B) y ácido giberélico ( $\text{AG}_3$ ) (C) sobre la vida en florero de inflorescencias de anturio para flor de corte. Cada valor es el promedio de de 60 (A y C) y 80 (B) mediciones. ....	65
Figura 33. Pérdida de peso de inflorescencias de anturio para flor de corte variedad Acrópolis® en tres intensidades de luz (256, 290 y 364 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y cuatro dosis de $\text{AG}_3$ (0, 50, 100 y 200 $\text{mg L}^{-1}$ ) mantenidas en agua destilada. Barras verticales indican error estándar de 5 repeticiones. ....	68
Figura 34. Pérdida de peso de inflorescencias de anturio variedad Anneke® en tres intensidades de luz (256, 290 y 364 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y cuatro dosis de $\text{AG}_3$ (0, 50, 100 y 200 $\text{mg L}^{-1}$ ) mantenidas en agua destilada. Barras verticales indican error estándar de 5 repeticiones. ....	70
Figura 35. Pérdida de peso de inflorescencias de anturio variedad Casino® en tres intensidades de luz (256, 290 y 364 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y cuatro dosis de $\text{AG}_3$ (0, 50, 100 y 200 $\text{mg L}^{-1}$ ) mantenidas en agua destilada. Barras verticales indican error estándar de 5 repeticiones. ....	71
Figura 36. Pérdida de peso de inflorescencias de anturio variedad Tropical® en tres intensidades de luz (256, 290 y 364 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y cuatro dosis de $\text{AG}_3$ (0, 50, 100 y 200 $\text{mg L}^{-1}$ ) mantenidas en agua destilada. Barras verticales indican error estándar de 5 repeticiones. ....	72
Figura 37. Efecto producido por la variedad e intensidad luminosa sobre la concentración total de clorofila total en hojas de anturio para flor de corte. (A) Concentración de clorofila ( $\text{mg g}^{-1}$ ) por variedad. (B) Concentración de clorofila ( $\text{mg g}^{-1}$ ) por nivel de intensidad luminosa. Cada valor es el promedio de 96 (A) y 128 (B) mediciones. ....	73
Figura 38. Efecto producido por niveles de intensidad luminosa (256, 290, 364 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) sobre la concentración de antocianinas en espatas de las variedades de anturio para flor de corte Anneke®, Casino® y Tropical®. Cada valor es el promedio de 36 mediciones.....	75
Figura 39. Efecto producido por dosis de ácido giberélico (0, 50, 100 y 200 $\text{mg L}^{-1}$ ) sobre la concentración de antocianinas en espatas de las variedades de anturio para flor de corte Anneke®, Casino® y Tropical®. Cada valor es el promedio de 18 mediciones.....	75
Figura 40. Distribución de antocianinas en la parte media y lóbulos de espatas de las variedades de anturio para flor de corte Anneke®, Casino® y Tropical®. Cada valor es el promedio de 36 mediciones. ....	76

## ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

Apéndice 1. Metodología para el análisis histológico de hojas de anturio para flor de corte.....	85
Apéndice 2. Cuadros medios y su significancia del análisis de varianza de tres niveles de intensidad luminosa y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) sobre el número de hojas, área foliar y largo de pecíolo de anturios para flor de corte variedad Acrópolis <sup>®</sup> , Anneke <sup>®</sup> , Casino <sup>®</sup> y Tropical <sup>®</sup> durante un año de cultivo. ....	86
Apéndice 3. Respuesta del número de hojas, área foliar y largo de pecíolo de cuatro variedades de anturio para flor de corte cultivadas en tres intensidades de luz y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ).....	87
Apéndice 4. Cuadros medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) en el número de hojas de anturios para flor de corte variedad Acrópolis <sup>®</sup> , Anneke <sup>®</sup> , Casino <sup>®</sup> y Tropical <sup>®</sup> en los ciclos de cultivo Otoño-Invierno y Primavera-Verano.....	88
Apéndice 5. Cuadros medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) en el área foliar de anturios para flor de corte variedad Acrópolis <sup>®</sup> , Anneke <sup>®</sup> , Casino <sup>®</sup> y Tropical <sup>®</sup> en los ciclos de cultivo Otoño-Invierno y Primavera-Verano.....	88
Apéndice 6. Cuadros medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) en el largo de pecíolo de hojas de anturios para flor de corte variedad Acrópolis <sup>®</sup> , Anneke <sup>®</sup> , Casino <sup>®</sup> y Tropical <sup>®</sup> en los ciclos de cultivo Otoño-Invierno y Primavera-Verano. ....	89
Apéndice 7. Cuadros medios y su significancia del análisis de varianza de la altura de planta, número de brotes, número de inflorescencias y largo de pedúnculo en variedades de anturio para flor de corte Acrópolis <sup>®</sup> , Anneke <sup>®</sup> , Casino <sup>®</sup> y Tropical <sup>®</sup> cultivados durante un año en tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ).....	89
Apéndice 8. Respuesta de altura de planta y número de brotes de cuatro variedades de anturio para flor de corte cultivadas en tres intensidades de luz y cuatro concentraciones de de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ).....	90
Apéndice 9. Respuesta del número de inflorescencias y largo de pedúnculo de cuatro variedades de anturio para flor de corte cultivadas en tres intensidades de luz y cuatro concentraciones de de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ).....	91
Apéndice 10. Cuadros medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) en el número de inflorescencias de anturios para flor de corte variedad Acrópolis <sup>®</sup> , Anneke <sup>®</sup> , Casino <sup>®</sup> y Tropical <sup>®</sup> en los ciclos de cultivo Otoño-Invierno y Primavera-Verano. ....	92
Apéndice 11. Cuadros medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) en el largo de pedúnculo de inflorescencias de anturios para flor de corte variedad Acrópolis <sup>®</sup> , Anneke <sup>®</sup> , Casino <sup>®</sup> y Tropical <sup>®</sup> en los ciclos de cultivo Otoño-Invierno y Primavera-Verano. ....	92
Apéndice 12. Cuadros medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) en el largo+ancho de espata de cuatro variedades de anturio para flor de corte. ....	93

Apéndice 13. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) sobre los componentes de color en cuatro zonas de la espata de anturio para flor de corte variedad Acrópolis® .....	93
Apéndice 14. Respuesta obtenida en los componentes de color de espatas de anturio para flor de corte variedad Acrópolis® cultivadas en tres intensidades de luz y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ).....	94
Apéndice 15. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) sobre los componentes de color en cuatro zonas de la espata de anturio para flor de corte variedad Anneke® .....	95
Apéndice 16. Respuesta obtenida en los componentes de color de espatas de anturio para flor de corte variedad Anneke® cultivadas en tres intensidades de luz y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ). ....	96
Apéndice 17. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) sobre los componentes de color en cuatro zonas de la espata de anturio para flor de corte variedad Casino® . .....	97
Apéndice 18. Respuesta obtenida en los componentes de color de espatas de anturio para flor de corte variedad Casino® cultivadas en tres intensidades de luz y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ).....	98
Apéndice 19. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) sobre los componentes de color en cuatro zonas de la espata de anturio para flor de corte variedad Tropical® .....	99
Apéndice 20. Respuesta obtenida en los componentes de color de espatas de anturio para flor de corte variedad Tropical® cultivadas en tres intensidades de luz y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ).....	100
Apéndice 21. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) sobre la vida en florero de inflorescencias y contenido de clorofila de cuatro variedades de anturio para flor de corte.....	101
Apéndice 22. Respuesta de vida en florero de inflorescencias y contenido de clorofila de cuatro variedades de anturio para flor de corte cultivadas en tres intensidades de luz y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ). .....	102
Apéndice 23. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) sobre el contenido de antocianinas en las secciones media y lóbulo de inflorescencias de anturio para flor de corte variedades Anneke®, Casino® y Tropical® .....	103
Apéndice 24. Contenido de antocianinas en secciones media (M) y lóbulo (L) de inflorescencias de tres variedades de anturio para flor de corte cultivadas en tres intensidades de luz y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ). .....	104

## RESUMEN

### INTENSIDAD LUMINOSA Y ÁCIDO GIBERÉLICO EN LA PRODUCCIÓN DE ANTURIO PARA FLOR DE CORTE

Sandra Eloisa Rangel Estrada, D.C.

Colegio de Postgraduados, 2011.

El anturio (*Anthurium andraeanum* Linden ex André) es una planta tropical que en su hábitat natural crece bajo la sombra de árboles y sus inflorescencias vistosas con larga vida en florero la ubican dentro de las más caras en el mercado de flores de corte en México y a escala mundial. En nuestro país se considera una especie ornamental no tradicional por lo que se desconocen muchos aspectos sobre los requerimientos de su cultivo. En la presente investigación, realizada en Fortín de las Flores, Veracruz, se estudiaron los efectos producidos por tres intensidades luminosas (256, 290 y 364  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) proporcionadas por mallas sombra comerciales y la aplicación foliar del ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) en el desarrollo, rendimiento y calidad de las inflorescencias para flor de corte de las variedades de anturio Acrópolis<sup>®</sup>, Anneke<sup>®</sup>, Casino<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup>. En cada nivel de sombreado se evaluaron las condiciones climáticas, el crecimiento de hojas y la producción, calidad y concentración de antocianinas de las inflorescencias. La intensidad luminosa de 256  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  proporcionó las condiciones óptimas de luz, temperatura y humedad relativa para el desarrollo del cultivo de anturio en la Región. Este nivel de sombreado favoreció plantas de mayor porte, longitud de pecíolo, área de espata, longitud de pedúnculo y espádice. Además, las inflorescencias cosechadas alcanzaron mayor vida en florero, color y concentración de antocianinas y mayor clorofila total en follaje. Por el contrario, la intensidad luminosa de 364  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  resultó perjudicial para el cultivo ya que produjo la degradación de pigmentos tanto en espata como en follaje, y las inflorescencias fueron de baja calidad. Asimismo, la aplicación foliar de AG<sub>3</sub> incrementó el número de hojas, hijuelos e inflorescencias producidas. La información generada es fundamental para el manejo del cultivo del anturio y puede insertarse en los programas de transferencia de tecnología para su aplicación a otras regiones de Veracruz u otros estados del país.

**Palabras clave:** *Anthurium andraeanum*, antocianinas, flor de corte, vida florero, intensidad luminosa.

## ABSTRACT

### LIGHT INTENSITY AND GIBBERELIC ACID IN ANTHURIUM CUT FLOWER

Sandra Eloisa Rangel Estrada, D.C.

Colegio de Postgraduados, 2011.

The anthurium (*Anthurium andraeanum* Linden ex André) is a tropical plant that grows wild in the shade of trees and their showy inflorescences with long vase life place it among the most expensive in the cut flower market in Mexico and global scale. In our country it is considered a non-traditional ornamental species are unknown so many aspects of their cultivation requirements. In the present study, performed in Fortín de las Flores, Veracruz, we studied the effects of three light intensities (256, 290 and 364  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) provided by commercial shade screens and foliar application of gibberellic acid ( $\text{GA}_3$ ) in the development, performance and quality of cut flower of anthurium varieties Acropolis<sup>®</sup>, Anneke<sup>®</sup>, Casino<sup>®</sup> and Tropical<sup>®</sup>. Climatic conditions, leaf growth and production, quality and concentration of anthocyanins in the inflorescences at each level of shading were evaluated. The light intensity of 256  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  provided the optimum conditions of light, temperature and relative humidity for the development of anthurium cultivation in the region. This level of shading favored plants with larger size, length of petiole, spathe area, length of peduncle and spadix. In addition, inflorescences harvested achieved greater vase life, color and anthocyanin concentration and higher total chlorophyll in foliage. By contrast, the light intensity of 364  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  was detrimental to the crop and led to the degradation of pigments in spathe as much foliage and inflorescences were of low quality. In addition, the foliar application of  $\text{GA}_3$  increased the number of leaves, shoots and inflorescences produced. The information generated is fundamental for the management of anthurium cultivation and can be inserted in the technology transfer programs for application to other regions of Veracruz and other states.

**Keywords:** *Anthurium andraeanum*, anthocyanin, cut flower, vase life, light intensity.

## I. INTRODUCCIÓN

Los anturios (*Anthurium andraeanum* Linden ex André) son plantas exóticas que ocupan el segundo lugar entre las flores de corte tropicales después de las orquídeas (Buldewo y Jaufeerally-Fakim, 2002; Dufour y Guérin, 2003a). Estas ornamentales producen inflorescencias vistosas con aceptación en el mercado nacional e internacional, por su larga vida en florero. Sus inflorescencias son de las más caras en el mercado de flores de corte en México y a escala mundial (Özçelik y Özkan, 2002).

El anturio pertenece a la familia Araceae, que está integrada por 2,823 especies divididas en 106 géneros (Govaerts *et al.*, 2002). El género *Anthurium* es el más grande con aproximadamente 1,000 especies donde se incluyen *A. andraeanum* y *A. scherzerianum* (Keating, 2002).

El valor del comercio mundial de tallos de anturio en 2002 fue de 20 millones de dólares (Robéne-Soustrade *et al.*, 2006). Holanda es el mayor productor del mundo con 25 millones de tallos al año, cultivados en 90 hectáreas de invernadero, seguido por Hawaii con 102 hectáreas (11.3 millones de tallos), isla Mauricio con 70 hectáreas (10.2 millones) y el Caribe (Jamaica, Trinidad y República Dominicana) con 45 hectáreas (7 millones) (Buldewo y Jaufeerally-Fakim, 2002; Guillot, 2008; van Herk *et al.*, 1998).

Aun cuando en México, los anturios se cultivan desde hace 50 años aproximadamente y paulatinamente han obtenido mayor presencia en el gusto de los consumidores, en la actualidad la superficie cultivada es menor de 20 hectáreas distribuidas en los estados de Veracruz, Chiapas, Morelos y Estado de México, principalmente (Gallaga, 2000). Sin embargo, para la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca (SAGARPA, 2006; 2010), el anturio es un cultivo no tradicional por lo que no se tiene información estadística de su cultivo y producción.

De acuerdo con el Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM), los anturios de tamaño mediano, durante los primeros seis meses del 2011 alcanzaron un precio de \$26.00 pesos por pieza (Secretaría de Economía, 2011).

A diferencia de países productores como Holanda con una superficie agrícola reducida y clima frío, México cuenta con potencial productivo para participar en el sector florícola a nivel internacional. La diversidad de climas y suelos permite cultivar diferentes ornamentales, entre las que se incluye el anturio, en algunas regiones tropicales, dentro de ellas la zona centro del estado de Veracruz. Gran parte de la producción comercial es para flor de corte. Sin embargo, se realiza en sistemas de producción muy diferentes, y existe la necesidad de encontrar mejores condiciones de crecimiento que, además de proporcionar mayores niveles de producción y que las inflorescencias sean de excelente calidad.

Fortín de las Flores es un municipio que posee condiciones ambientales adecuadas para el cultivo de anturio. No obstante, la diversidad de materiales y calibres de malla sombra dentro de los invernaderos, así como las condiciones ideales para cada variedad, provoca que se obtengan inflorescencias de poca uniformidad.

Por lo que para obtener un producto de calidad se requiere conocer cuáles son las condiciones óptimas del cultivo de anturio (temperatura, humedad, luz, fisiología) para aumentar el rendimiento, así como reducir tiempos y costos de producción.

### **1.1 Objetivo general**

- Evaluar el efecto de la combinación de nivel de luz y AG<sub>3</sub> en el crecimiento vegetativo y reproductivo de plantas de anturio.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Determinar el nivel óptimo de luz y temperatura para el crecimiento de cuatro variedades de anturio para flor de corte.
- Determinar el efecto de aplicación foliar de AG<sub>3</sub> en la producción, calidad y vida en florero de cuatro variedades de anturio para flor de corte.
- Analizar el efecto de la intensidad luminosa en la producción de antocianinas en la espata de inflorescencias y de clorofila en el follaje de cuatro variedades de anturio cultivadas en un clima cálido.

### 1.3 Hipótesis general

- La respuesta de anturio depende de la variedad, así como de la combinación de la intensidad luminosa y concentración de AG<sub>3</sub>.

### 1.4 Hipótesis específicas

- El municipio de Fortín de las Flores proporciona condiciones climáticas (luz, humedad relativa y temperatura) idóneas para la producción de anturio para flor de corte en malla sombra.
- La aplicación foliar de AG<sub>3</sub> favorece la producción, calidad y vida en florero de cuatro variedades de anturio para flor de corte.
- La intensidad luminosa disminuye en la concentración total de antocianinas en la espata y de clorofila en el follaje de cuatro variedades de anturio cultivadas en un clima cálido.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades

Existen alrededor de 300 especies de anturios pero son pocas las que se explotan por su potencial ornamental. Destacan *A. andraeanum*, *A. scandens*, *A. warocqueanum*, *A. crassinervium*, *A. crystallinum*, *A. scherzerianum* y en los últimos años, nuevas especies por su fragancia floral como *A. armeniense*, *A. antioquiense*, *A. fragrantissimum*, *A. lindenianum*, *A. ochranthum* y *A. roseospadix* (Henley y Robinson, 1994; Takahashi *et al.*, 2009; Kuanprasert, *et al.*, 1998; Kuehnle *et al.*, 2004).

En la literatura frecuentemente se utilizan dos nombres científicos para designar la especie comercial de anturio para flor de corte: *A. andreanum* y *A. andraeanum* (Sheffer *et al.*, 1980); sin embargo, en diferentes publicaciones de horticultura se aplica sin el diptongo (Silva *et al.*, 2005 en Japón; Guillot, 2008, en España; Dufour y Guérin, 2005 en Francia). Los dos nombres científicos se produjeron casi al mismo tiempo después de que M. E. André colectara especies de anturio en Colombia en 1876. A su regreso a Francia, esta nueva especie fue nombrada *A. andraeanum* por M. Linden en honor al coleccionista y que acompaña al artículo de André. Así, el nombre de *A. andraeanum* fue eficaz y válidamente publicado por André y no por Linden (Sheffer *et al.*, 1980). Debido a que la ortografía original es fonéticamente correcta, según lo menciona D. H. Nicolson en su tratamiento de las Aráceas de A.C. Smith, Flora Vitensis Nova (1979), la escritura correcta debe ser *A. andraeanum* y la autoría debe ser adjudicada a Linden ex André (Sheffer *et al.*, 1980; Royal Botanic Gardens, Kew, 2011).

### 2.2 Manejo del cultivo

#### 2.2.1 Luz

El anturio se considera una especie exigente en cuanto a cantidad y calidad de luz. Requiere óptimos niveles de luz y se debe evitar en todo momento la incidencia directa de los rayos solares porque producen quemaduras, decoloran la espata, tornan de color café el espádice y hasta disminuye el tamaño de la espata (Bushe *et al.*, 2004). Para evitar estos daños es indispensable proteger los cultivos mediante pantallas especiales, con cintas de aluminio, pero la solución más

económica es colocar una malla negra que sea capaz de detener entre 50-80 % de la radiación solar. Esta malla puede tenderse sobre estructuras de madera, metálicas o, si ya se tienen túneles de plástico, directo sobre la cubierta (Anthura, 2008; van Herk *et al.*, 1998; Higaki e Imamura, 1985a).

Puesto que la intensidad luminosa varía a lo largo del año, es recomendable variar el calibre de malla en función de la intensidad luminosa. Otros métodos para reducir la incidencia luminosa son pintar la cubierta plástica con yeso o instalar una pantalla móvil (Anthura, 2008; van Herk *et al.*, 1998). La intensidad luminosa más apropiada para el cultivo de *A. andreanum* a la altura de las plantas se sitúa entre 256-360  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y para *A. scherzerianum* entre 200-275  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Anthura, 2008; van Herk, 1992).

La intensidad luminosa insuficiente conlleva al alargamiento y disminución de la calidad de las plantas, junto con la disminución del rendimiento (flores año<sup>-1</sup>). En días soleados y con radiación máxima de 1,500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , el cultivo necesita 80 % de sombra y en zonas tropicales se requiere 75 % de protección. Se recomienda preferentemente el uso de dos mallas sombra, por ejemplo, una fija que proporcione 60 % y otra el 50 % de protección. La malla móvil puede cerrarse en periodos de sequía y al mediodía para evitar intensidades luminosas mayores a 500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Sonneveld y Voogt, 1993).

En el cultivo del anturio se pueden manejar diversos niveles de sombreado o de intensidad lumínica definidos en función de la ubicación geográfica, altitud, época del año y variedades. En Hawaii se ha reportado que con intensidades luminosas de 125 y 250  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  son suficientes para no tener problemas en el número de brotes, inflorescencias, coloración y calidad de la inflorescencia en anturios cultivados (Henny *et al.*, 1988).

Por su parte, Nomura *et al.*, (2009), al evaluar el crecimiento y rendimiento de plántulas de anturio de 20 cm de altura micropropagadas y aclimatadas de la variedad “Apalai” con malla sombra 70 % de diferentes colores (azul, rojo, negro y termo-reflejante), encontraron que los mejores resultados se obtuvieron con la malla negra. Este color proporcionó las condiciones óptimas para el crecimiento y producción de anturio y las dimensiones más grandes de tallo y espata, atributos que se consideran en la calidad de la flor.

En zonas tropicales como las Antillas se maneja 87 % de Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA), mientras que en zona de bosque de montaña baja se ha visto que con el uso de una RFA de baja intensidad se ve afectada la fotosíntesis neta y al aumentar la altitud donde se ubica el cultivo, la fotosíntesis neta disminuye (Dufour y Guerin, 2005; Letts y Mulligan, 2005).

### **2.2.2 Temperatura**

El anturio es una planta tropical que para desarrollarse sin problemas necesita temperaturas que oscilen entre 18 y 28 °C; las temperaturas mínimas y máximas deben ser 14 y 35 °C, respectivamente. Aun cuando la planta resiste estas temperaturas extremas, existe el riesgo de daños (Higaki y Rasmussen, 1979). Al inicio de la floración se recomiendan rangos de temperatura de 18 °C y 27 °C siempre y cuando se mantenga la humedad relativa mayor a 70 % y en función de la variedad (Noordegraaf, 1973).

En anturio, la iniciación floral y el desarrollo de la planta se logra con temperatura promedio de 18 °C, siendo la óptima 25 °C, aunque es mejor una temperatura de 28 °C con humedad relativa de 70 % y máxima de 30 °C (Murguía y Lee, 2008). La temperatura base para anturio es de 14 °C (van Herk, *et al.*, 1998; Dufour y Guerin, 2003a).

Si durante la producción o transporte de plantas la temperatura desciende por debajo de 14 °C, pueden aparecer diferentes daños. En plantas jóvenes las hojas se tornan de color marrón claro a marrón oscuro en los bordes y en las nervaduras. En los tallos aparecen manchas oscuras y las hojas jóvenes se vuelven marchitas porque son las más sensibles (Bushe *et al.*, 2004).

### **2.2.3 Humedad**

El cultivo requiere entre el 70 y 80 % de H.R. para mantener la cerosidad en hojas e inflorescencias (Murguía y Lee, 2008). La humedad del aire debe ser alta pero hay que poner atención cuando se tienen altas temperaturas porque se puede favorecer la presencia de plagas como pulgones o áfidos (Murguía, 1996).

Se recomienda mantener la humedad relativa alta mediante aspersiones o nebulizaciones con agua sobre el follaje y tallos o colocar la maceta sobre un plato, evitando que la base quede en

contacto con el agua, para prevenir la pudrición de las raíces. El agua para nebulización no debe estar muy fría porque se corre el riesgo de amarillar las hojas. El aire seco a su alrededor, debido a la calefacción o a las corrientes de aire, es un factor que provoca amarillamiento del follaje (Anthura, 2008; Valdéz y Hernández, 2005; van Herk, 1992).

#### 2.2.4 Plagas y enfermedades

Gran variedad de plagas y enfermedades pueden causar daños al cultivo del anturio en mayor o menor grado. Entre las más importantes se destacan:

- Ácaros (*Tetranychus urticae*). Viven y se alimentan del envés de las hojas en desarrollo, causan reducción del crecimiento y se observan manchas de color café (Murguía y Lee, 2008; Valdez y Hernández, 2005).
- Pulgones (*Myzodes persicae* y *Neomyzus circumflexus*). Atacan hojas, brotes tiernos y botones florales durante la época de lluvias. Producen manchas verdes sobre las hojas y secretan una sustancia melosa que decolora hojas y espatas (Higaki *et al.*, 1995; Murguía y Lee, 2008).
- Mosca blanca (*Aleurotulus anthuricola* Nakahara). Se alimentan del envés de las hojas o del peciolo. En infestaciones severas alcanzan la espata y provocan debilidad de la planta y, en consecuencia, disminuyen el rendimiento (Bushe *et al.*, 2004)
- Trips (*Chaetanaphothrips orchidii* Moulton). El daño de estos insectos se presenta en hojas y espatas jóvenes, que son tejidos suculentos, y se observan como un rayado blanco (Higaki *et al.*, 1995; Valdez y Hernández, 2005).
- Bacterias. Las enfermedades por bacterias son causadas principalmente por *Xanthomonas axonopodis* (la más perjudicial), *Pseudomonas cichorii*, *Erwinia carotovora*. Pueden destruir hojas, pecíolos y tallos, disminuyendo el rendimiento y convirtiendo las inflorescencias de mala calidad (Dhanya y Mary, 2006).
- Antracnosis (por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides*). Se desarrolla en plantaciones de anturio que están sometidas a factores de estrés como altas temperaturas, exceso de humedad y falta de poda. Comienza como pequeños puntos oscuros y circulares que se van expandiendo de forma triangular sobre la hoja y manchas cafés con bordes amarillos.

En la inflorescencia se observan como puntos negros en especial sobre las flores individuales del espádice (Murguía y Lee, 2008; Bushe *et al.*, 2004).

## 2.3 Sustratos

En un sistema de cultivo sostenible los materiales y sustratos deben ser de bajo costo, con una vida útil de por lo menos de 3 a 4 años, tener propiedades físicas perdurables durante su uso (capacidad de humedad, resistencia al calor), ser seguro (sin riesgo para humanos al consumir los vegetales) y que sea reciclable (van Os *et al.*, 1991; van Os, 2001).

Dentro de su guía de cultivo de anturios la empresa Anthura<sup>®</sup> recomienda usar sustratos con estructura estable, ya que el cultivo dura el menos de 5 a 6 años. El sustrato debe ser capaz de retener agua y fertilizantes, tener fácil drenaje, no se debe pudrir ni desintegrarse, no debe contener ninguna sustancia tóxica, ofrecer suficiente soporte a la planta y con fracciones (2-5 cm) que favorezcan la circulación del aire (van Herk *et al.*, 1998).

Los primeros sustratos recomendados para anturio fueron hojarasca de coníferas, corteza de pino y varios tipos de turba, como sphagnum, peat moss y turba fibrosa. La mayoría de estos sustratos tienen alta capacidad de aireación pero limitada retención de humedad, lo cual es una desventaja para el anturio (Boertje, 1978; Holcroft y Laing, 1995; Higaki y Imamura, 1985a y 1985b).

El anturio necesita de buena aireación en las raíces y por lo tanto debe crecer en sustratos con alta porosidad como el polifenol (Oasis), peat granulado, cáscara de coco, cenizas de lava o carbón y piedra pómez. Otro sustrato es la lana de roca o caucho de poliuretano, que puede ser comparado con la piedra pómez, ya que tiene propiedades físicas similares (Özçelik y Özkan, 2002).

Sin embargo, a pesar de todos los requerimientos, el sustrato empleado siempre estará en función de la región donde se ubique el cultivo porque lo mejor es usar materiales que estén disponibles en cantidad y calidad y que, además, sean económicos.

En Francia se utiliza la mezcla (1:2) de trozos de madera y pouzzolane (grava volcánica de la región) de 5 a 15 mm de diámetro (Dufour y Guérin, 2003a; Dufour, 2001). En la isla Mauricio, principal exportador hacia los países europeos y el segundo más importante a escala mundial

después de Holanda (Nowbuth, 2001), se han probado y mejorado diferentes mezclas que brindan buenos resultados. Entre ellos destacan la mezcla de suelo y bagazo (2:1), aserrín:estiércol:suelo (1:1:1) y bagazo:estiércol:suelo (1:1:1) (Nowbuth, 2001).

En México se han probado como sustratos pergamino de café, cascarilla de arroz, hojas descompuestas de leguminosas, hojarasca del árbol de chalahuite (*Inga vera*), bagazo de caña, aserrín, pulpa de café descompuesta y estopa de coco molida (Murguía y Lee, 2008; Murguía *et al.*, 2007). En lugares donde se está empezando a producir anturio, como Tabasco y Yucatán, se están probando nuevas opciones en cada región que pudieran funcionar como sustratos para el cultivo. Las mezclas probadas han sido tierra negra con viruta (1:2) donde se obtienen inflorescencias de mayor calidad (mayor largo y ancho de espata y largo de pedúnculo), así como la mezcla de tierra y fibra de coco (1:2) (Murguía y Lee, 2008). Otras mezclas usadas se componen de residuos de la producción agrícola de la región, como bagazo de caña, cascarilla de cacao, estiércol y cascarilla de arroz.

## 2.4 Sistemas de cultivo

El sistema de cultivo debe elegirse en función de la disponibilidad de los materiales y recursos de la zona. Las principales formas desarrolladas han sido el cultivo en macetas, camas y bancales (Valdez y Hernández, 2005).

Cuando se usan camas de cultivo se recomienda construirlas de 6 x .90 x .30 m, de largo, ancho y alto respectivamente, con densidad de plantación de 8 plantas  $m^{-2}$  en tres líneas por cada cama con sistema de riego por goteo (Özçelik y Özkan, 2002).

También existen sistemas de cultivo elevados donde se emplean construcciones de barras o mallazos (usados para armar hormigón) de las que se suspenden macetas. La desventaja de este sistema es la poca flexibilidad en cuanto a la distancia entre las macetas y el tamaño de éstas (Atehortúa y Pizano, 1999).

Por último, el sistema de cultivo en macetas permite mayor flexibilidad para sacar las plantas para su trasplante, clasificación, transporte o cuando los problemas de enfermedades son frecuentes (Murguía y Lee, 2008). Sobre todo permite el óptimo aprovechamiento del espacio

disponible y resultan fáciles de automatizar. En términos generales se puede decir que los sistemas de riego colocados en las bases de las plantas requieren que las macetas estén elevadas para evitar que se forme una capa de agua en el fondo de las mismas.

En Japón se ha desarrollado un novedoso sistema de cultivo eficiente y económico el cual es llamado ELLY's (easy-maintenance long-lasting yield system) (Kesumawati *et al.*, 2007). Este sistema consiste en combinar el uso de un grado de inclinación de la cama y un riego de neblina intermitente. Se reporta que con 30 y 60° de inclinación se obtiene mayor número de inflorescencias, así como espatas y pedúnculos más grandes.

## 2.5 Cosecha, clasificación y empaque

Se ha determinado que las condiciones ambientales que se presenten de 60 a 80 días antes de la cosecha de la inflorescencia son determinantes para el desarrollo normal de la misma (Daí y Paull, 1990), además, la curva de crecimiento de la espata está caracterizada por presentar una doble sigmoide.

La flor comercial de anturio es una hoja modificada (espata), que contiene una inflorescencia cilíndrica llamada espádice. Esta inflorescencia está cubierta por más de 300 pequeñas flores verdaderas arregladas en espiral (Paull y Chantrachit, 2001). La espata con forma de corazón, cuyo tamaño varía según la variedad, es producida en un ciclo de flor-hoja-flor-hoja (Daí y Paull, 1990; Dufour y Guérin, 2003a).

Se ha determinado que el punto de corte ideal para anturio es cuando 2/3 de las flores botánicas han madurado, es decir, están abiertas, la cual inicia desde la base hasta la punta del espádice. Esto se observa por el grado de cambio de color del espádice, el cual puede ir de amarillo a blanco como la variedad Cancan<sup>®</sup> o Tropical<sup>®</sup>, o de verde a amarillo como en Midori<sup>®</sup> (Dufour y Guérin, 2003a). En otras variedades esto puede cambiar, como en Marshall, donde 1/3 de madurez de sus flores botánicas es el punto ideal de corte (Thawiang *et al.*, 2007).

Después de la cosecha, los tallos se sumergen en agua con nitrato de plata (AgNO<sub>3</sub>), o pasan por un período de enfriamiento hasta un “tratamiento de calor” (60 °C por 15 segundos) o durante el empaque se coloca en la base del pedúnculo un cartucho de plástico con solución preservadora

(Thidiazurón, Benciladenina o etanol) o con bactericidas o se realiza un encerado a la espata (Thawiang *et al.*, 2007; Mujjafar y Sankart, 2003; Paull y Goo, 1982; Paull y Chantrachit, 2001; Hettiarachchi y Balas, 2005).

En la clasificación de inflorescencias de anturio existen dos criterios principalmente, el de Europa y el de Estados Unidos (Valdéz y Hernández, 2005). El primero considera el tamaño de la espata y la longitud del pedúnculo para determinar la cantidad de inflorescencias que se pueden empacar por caja. El tamaño de la espata va desde los 6 hasta 15 cm o más y de esta manera poder empacar desde 21 hasta 8 inflorescencias por caja. En cambio, en el criterio de Estados Unidos solo se considera el tamaño de la espata, el cual es el promedio del largo y ancho de la misma (Dufour y Guérin, 2003a), y las categorías se dividen en corsage (menor de 5 cm), peje (menor de 6 cm), miniatura (de 6.5 a 7.5 cm), pequeño (de 7.5 a 10 cm), mediano (10 a 12.5 cm), grande (de 12.5 a 15 cm) y extragrande (mayor de 15 cm) (Valdéz y Hernández, 2005). En México cada productor tiene su categoría de acuerdo a las necesidades del comprador y la mayoría las divide en siete u ocho categorías donde la espata mide desde 5 cm hasta 15 cm y el tallo de la inflorescencia desde los 20 cm hasta los 50 cm.

Después de que las inflorescencias fueron tratadas con alguna sustancia preservadora y que han sido clasificadas, se procede a su empaque en cajas de cartón de 90 x 50 x 20 cm de largo, ancho y alto, respectivamente. Las cajas se acondicionan con polietileno o papel periódico y se colocan desde 10 hasta 16 inflorescencias dependiendo del tamaño de las mismas (Valdéz y Hernández, 2005; Murguía y Lee, 2008).

## **2.6 Control de la luz en el desarrollo de la planta**

La luz afecta cada aspecto del desarrollo vegetal desde la germinación de la semilla. Durante el crecimiento vegetativo regula la respuesta de la planta en competencia con otras. Las plantas responden a un amplio espectro de luz desde la UV-B hasta la luz roja-lejana. Además, las plantas son sensibles a la duración, intensidad y dirección de la luz utilizando distintos

fotorreceptores sensibles a luz UV-B, UV-A, azul, verde, rojo y rojo lejano (Fankhauser y Chory, 1997).

La producción de cultivos en sistemas protegidos ha creado muchas oportunidades para el manejo de la luz ambiental, incluyendo la modificación de la duración del día y suplementación de longitudes de onda. Por otra parte, también se han logrado avances en la calidad y cantidad de la luz resultante por el bloqueo de la radiación UV-B y la reducción en la fotosíntesis (King, 2006). El uso de películas plásticas de diferente naturaleza o color puede cambiar la calidad de la radiación espectral, y como consecuencia el crecimiento y producción de los cultivos (Nomura *et al.*, 2009).

En plantas de *Syngonium*, Chase y Poole (1987) evaluaron el efecto de cuatro niveles de sombreado (47, 63, 73 y 80 %), obteniendo mayor área foliar y calidad de la flor al disminuir la intensidad lumínica.

La luz también tiene influencia en la acumulación de pigmentos en las plantas, en particular sobre las antocianinas. Debido a que el color de las flores es una de las variables de calidad más atractivas en los cultivos ornamentales de flor de corte es importante conocer la naturaleza de los pigmentos y los factores que afectan su biosíntesis o degradación, así como los tratamientos postcosecha que permitan preservar o realzar la pigmentación (Hatier y Gould, 2009).

## **2.7 El uso de las Giberelinas (GA's) en cultivos**

### **2.7.1 Naturaleza**

Las giberelinas (GA's) son una familia de compuestos basados en la estructura del *ent*-giberelano. Los ácidos diterpenoides tetracíclicos presentes en la naturaleza, con estructuras basadas en el esqueleto de carbón del *ent*-giberelano, son designados como giberelinas más un número en orden creciente para su identificación (Sponsel y Hedden, 2010).

Actualmente existen 136 GA's totalmente caracterizadas que se han identificado a partir de 128 especies de plantas vasculares y también de algunas bacterias y hongos. Aunque el compuesto más ampliamente disponible es el AG<sub>3</sub>, la giberelina más importante en plantas es GA<sub>1</sub>, la cual es

la principal responsable del alargamiento del tallo. Muchas otras GA's son precursoras de la forma activa de GA<sub>1</sub> (Davies, 2010).

### 2.7.2 Efectos fisiológicos

Las giberelinas primero se aislaron del hongo *Gibberella fujikuroi* del cual derivan su nombre. La presencia de grandes cantidades de GA's como metabolitos secundarios en este hongo condujo al sobrecrecimiento de plantas de arroz infectadas. Por lo tanto, desde su descubrimiento las GA's fueron conocidas por ser efectivas en la promoción del alargamiento del tallo y su caracterización a partir del hongo fue seguida por su identificación como componentes naturales de plantas no infectadas (Sponsel y Hedden, 2010).

Las giberelinas son reconocidas por ser reguladores de muchas fases del desarrollo de plantas superiores incluyendo la germinación de semillas, alargamiento del tallo, inducción de la floración, desarrollo del polen y crecimiento del fruto. La concentración de las GA's bioactivas en plantas está en el rango  $10^{-11}$  a  $10^{-9}$  g g<sup>-1</sup> de peso de materia fresca (PMF), en función del tejido y especie y está estrechamente regulada (Sponsel y Hedden, 2010). Sus principales funciones son:

- Alargamiento del tallo: GA<sub>1</sub> causa hiper-alargamiento de tallos mediante la estimulación de la división y elongación celular.
- Enrollamiento en plantas de días largos: Las GA's causan alargamiento del tallo en respuesta a días largos.
- Inducción de la germinación de semillas: Las GA's pueden causar la germinación de las semillas en especies que normalmente requieren frío (estratificación) o luz para inducir la germinación.
- Producción de enzimas durante la germinación: Las GA's estimulan la producción de numerosas enzimas, notablemente  $\alpha$ -amilasa, en granos de cereal.
- Amarre y crecimiento de frutos: Esto se puede inducir por aplicaciones exógenas en algunos frutos (p.e. uvas). El papel endógeno es incierto.
- Inducción de la masculinidad en flores dioicas.
- Inducción de la floración

### 2.7.3 Giberelinas bio-activas

De las 136 GA's conocidas pocas tienen actividad biológica intrínseca. Las GA's de 20 carbonos normalmente no tienen actividad biológica *per se*, pero se pueden metabolizar a GA's de 19C que pueden ser bioactivas. Muchas de las giberelinas que se identificaron en los primeros años de investigación son las únicas que poseen la mayor actividad biológica. Estas incluyen GA<sub>1</sub>, GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub> y GA<sub>7</sub> que comúnmente tienen un grupo hidroxilo en C-3β, un grupo carboxilo en C-6 y una lactona entre C-4 y C-10 (Figura 1, Yamaguchi, 2008).

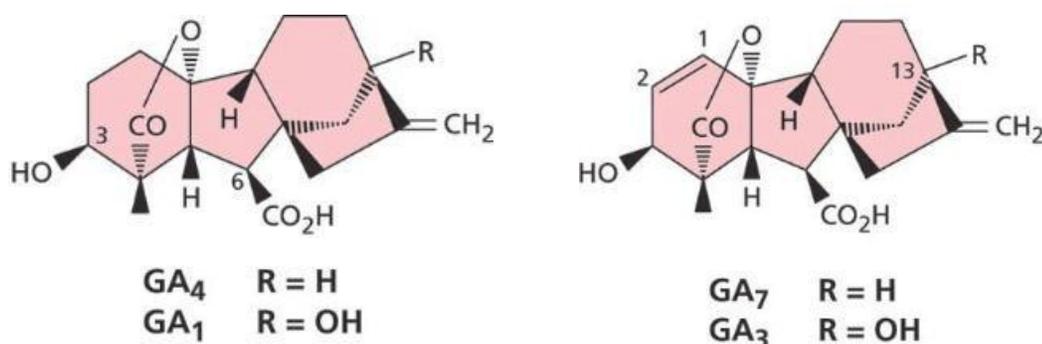


Figura 1. Estructuras de las principales giberelinas activas del crecimiento vegetal (Taiz y Zeiger, 2010).

Debido a que la hidroxilación 2β es un mecanismo de desactivación, una GA que tiene alguna funcionalidad en el C-2 que evita la hidroxilación de 2β puede tener actividad aumentada. Por ello, GA<sub>3</sub> y GA<sub>7</sub>, las cuales poseen doble enlace en 1,2 no son sustratos para la enzima que hidroxila 2β y tienen actividad de mayor duración que sus contrapartes GA<sub>1</sub> y GA<sub>4</sub> (Sponsel y Hedden, 2010). King *et al.* (2003) encontraron que los requerimientos estructurales para actividad florígenica pueden ser sutilmente diferentes a las del alargamiento del tallo. Así, GA<sub>5</sub> y GA<sub>6</sub> son más activas que GA<sub>1</sub> y GA<sub>4</sub> en el incremento de la floración en *Lolium*, mientras GA<sub>1</sub> y GA<sub>4</sub> muestra mayor actividad sobre GA<sub>5</sub> y GA<sub>6</sub> en la promoción de crecimiento de tallo en este género.

Las GA's presentes en una especie vegetal en particular están acompañadas por una docena o más de GA's que probablemente son precursores inactivos o productos de desactivación de las formas activas. La mayor acumulación de GA se encuentra en el hongo *G. fujikuroi*, a partir del cual se produce comercialmente. El AG<sub>3</sub> ha sido identificado en 45 plantas y se usa para

promover la germinación de semillas, alargamiento de tallos y crecimiento de frutos en diversas plantas agronómica y hortícolamente importantes (Sponsel y Hedden, 2010).

#### **2.7.4 Ruta biosintética**

Las giberelinas se sintetizan en tejidos jóvenes de brotes y semillas en desarrollo. Su biosíntesis inicia en el cloroplasto y subsecuentemente en la membrana y el citoplasma. Algunas GA's probablemente se transportan por el floema y xilema (Davies, 2010).

Como diterpenoides, las GA's se sintetizan a partir del geranylgeranyl difosfato (GGPP) *via* isopentenil difosfato (IPP), el cual es el block de construcción de 5 carbonos para todos los compuestos terpenoides/isoprenoides. La ruta biosintética de las GA's se puede dividir en tres fases. La primera, la cual ocurre en los plastidios, conduce a la síntesis del hidrocarbano tetracíclico *ent*-kaurene. En la segunda fase de la ruta, la cual toma lugar en el retículo endoplasmático, el *ent*-kaurene es oxidado secuencialmente para producir la primera GA formada (GA<sub>12</sub>) y su análoga 13-hidroxilada (GA<sub>53</sub>). En la última fase, que se lleva a cabo en el citosol, GA<sub>12</sub> y GA<sub>53</sub> se oxidan a otras GA's de 20 y 19C (Sponsel y Hedden, 2010).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Establecimiento del experimento

##### 3.1.1 Localización

El experimento se desarrolló en el vivero comercial “Anturios Selectos el Fortín”, ubicado en el ejido Villa Unión, Fortín de las Flores, Veracruz. El municipio se ubica entre los paralelos 18° 48' y 18° 59' de latitud norte; los meridianos 96° 56' y 97° 02' de longitud oeste y altitud entre 585 y 1,400 m. Perteneció a la Región de las Altas Montañas de la zona centro del estado de Veracruz. Presenta clima semicálido húmedo con temperatura media anual que oscila entre 18 y 22 °C y precipitación anual de 1800 a 2500 mm.

##### 3.1.2 Establecimiento del cultivo

###### 3.1.2.1 Construcción de camas de siembra

Las actividades iniciaron a principios de junio/2008 con la construcción de las camas de cultivo, utilizando plástico reciclado y alambre galvanizado con filas de blocks de cemento en los extremos. Las dimensiones fueron 10.5 m de largo, 90 cm de ancho y 20 cm de alto (Figura 2A y 2B). En el fondo de la cama se colocó plástico delgado para evitar filtración del agua de riego y, posteriormente, se depositó el sustrato (Figura 2A). Para favorecer el escurrimiento en cada cama se dejó un desnivel de 15° y al final se instaló un sistema de drenaje (Figura 2C).

###### 3.1.2.2 Sustrato

El sustrato utilizado fue tezontle rojo (material poroso de origen volcánico) con granulometría menor de 9 mm de diámetro. Las camas se llenaron con 10 cm de sustrato y se desinfectó mediante un riego con solución fungicida de Captán<sup>®</sup> + Promyl<sup>®</sup> (2 g L<sup>-1</sup>) (Figura 2B y 2E). El riego de desinfección se aplicó hasta saturación del sustrato y después de 36 h las camas quedaron listas para trasplantar las plantas (Figura 2E y 2F).

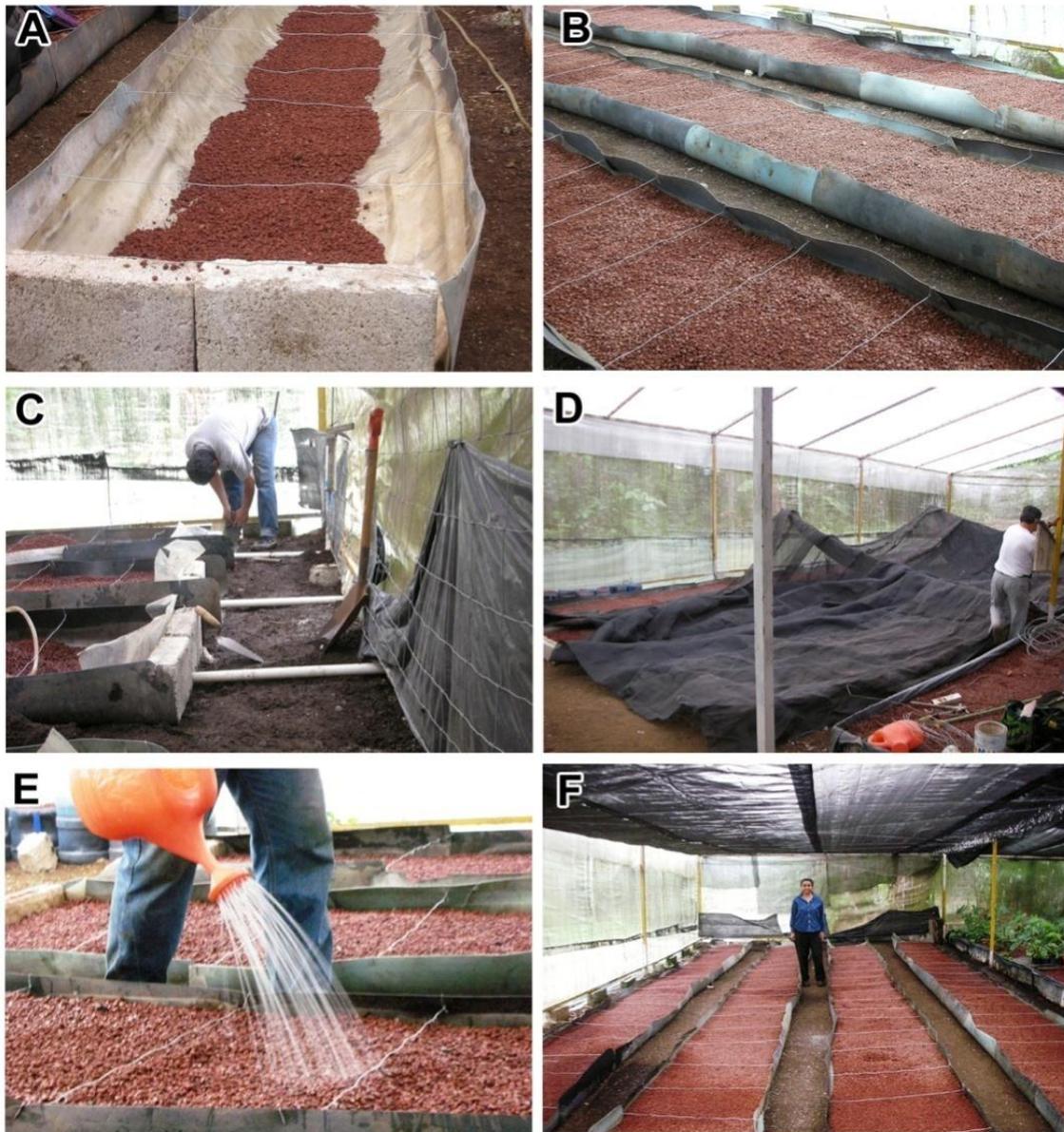


Figura 2. Construcción de camas de siembra y tendido del sombreado. (A) Separación de la cama con alambres y blocks. (B) Vista de las camas rellenas con sustrato. (C) Instalación del sistema de drenaje. (D) Tendido de la malla sombra. (E) Desinfección del sustrato. (F) Vista final de las camas listas para el trasplante.

### 3.1.2.3 Material vegetal

Se evaluaron cuatro variedades de anturio para flor de corte: Acrópolis<sup>®</sup> (Figura 3A), Anneke<sup>®</sup> (Figura 3B), Casino<sup>®</sup> (Figura 3C) y Tropical<sup>®</sup> (Figura 3D). Estas variedades se seleccionaron por ser novedosas (se exhiben en los catálogos de la empresa holandesa Anthura<sup>®</sup>) y las más demandadas en el mercado de flores de corte tropicales (Cuadro 1).

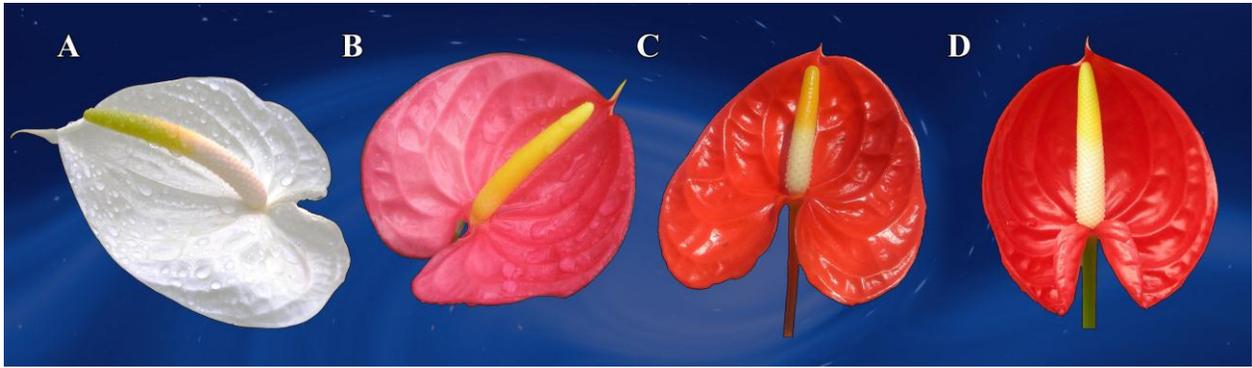


Figura 3. Variedades de anturio para flor de corte utilizadas en el experimento. (A) Acrópolis<sup>®</sup>. (B) Anneke<sup>®</sup>. (C) Casino<sup>®</sup>. (D) Tropical<sup>®</sup>.

**Cuadro 1. Características de las variedades de anturio evaluadas en el experimento.**

Característica	Acrópolis <sup>®</sup>	Anneke <sup>®</sup>	Casino <sup>®</sup>	Tropical <sup>®</sup>
Color espata	Blanca	Rosa	Naranja	Roja
Color espádice	Verde	Verde	Amarillo	Verde
Vida en florero (días)	23	33	27	23
Diámetro espata	13-15 cm	10-15 cm	14-16 cm	12-14 cm

La totalidad del material vegetal fue proporcionado por productores de la región que pertenecen a la asociación Sistema-Producto Ornamental del estado de Veracruz (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Productores que donaron material vegetativo para realizar la presente investigación.**

Productor	Empresa	Origen	Variedad
Juan José González Noverola	Vivero las Trancas	Pinoltepec	Tropical <sup>®</sup>
Valente Hernández Marcial	Anturios Selectos el Fortín	Fortín de las Flores	Casino <sup>®</sup> y Tropical <sup>®</sup>
Francisco Tiburcio Ramos	Viveros Consolapa	Coatepec	Acrópolis <sup>®</sup>
Francisco Tiburcio Ramos	Viveros Consolapa	Coatepec	Anneke <sup>®</sup>
Gilberto Martínez	Vivero Chiltoyac	Tamarindo	Casino <sup>®</sup>
Roberto Rincón	Vivero Xanat Calli		Tropical <sup>®</sup>

#### 3.1.2.4 Trasplante

Se seleccionaron plantas de tamaño uniforme y se podaron hasta dejar sólo tres hojas. Se sumergieron durante 2 horas en una solución de Captán<sup>®</sup> (10 g L<sup>-1</sup>) + Raizal<sup>®</sup> (50 g L<sup>-1</sup>) y enseguida se plantaron en las camas formando tres hileras.

### **3.1.3 Manejo del Cultivo**

#### ***3.1.3.1 Fertilización***

Los fertilizantes se suministraron vía foliar cada semana usando Bayfolan<sup>®</sup> (2 mL L<sup>-1</sup>) y granular con 5 g por planta de Masacote<sup>®</sup> (fertilizante granular de lenta liberación, con formulación 16+8+12 (+2)) cada 3 meses. Los riegos se hicieron diariamente y, en verano o días muy calurosos, se complementó con aspersión sobre el follaje para aumentar la humedad relativa.

#### ***3.1.3.2 Control de plagas y enfermedades***

De acuerdo con las necesidades del cultivo, cada semana junto con el riego, se aplicaron fungicidas Promyl<sup>®</sup> (2 g L<sup>-1</sup>) o Captán<sup>®</sup> (2 g L<sup>-1</sup>) en la época de lluvias, mientras que en temporada de altas temperaturas se aplicó insecticida líquido Thiodan<sup>®</sup> 35 CE (2 mL L<sup>-1</sup>).

#### ***3.1.3.3 Deshojado***

El deshojado se hizo cada mes con la ayuda de un cuchillo desinfectado con alcohol, evitando hacer heridas graves a la planta. Con esta práctica se eliminaron hojas viejas o dañadas cuyo aporte de fotoasimilados a la planta es bajo y pueden ser foco de infección e incidencia de plagas y enfermedades. De esta manera se conservan únicamente tres hojas en la planta.

### **3.1.4 Niveles de sombreado**

Para evaluar el sombreado se utilizó malla sombra comercial de tres calibres de 1.65 m de ancho: 60 % (nivel 3), 80 % (nivel 2) y 90 % (nivel 1). El tendido se colocó uniendo los tres calibres de malla con cáñamo (cordel) hasta formar una sola cubierta. Después se sujetó a tubos de metal con la ayuda de alambres (Figura 2D). Cada nivel de sombra se colocó a lo largo de una cama de cultivo (Figura 2F). Posteriormente se realizaron mediciones y promedios de intensidad luminosa para obtener la cantidad de luz recibida por las plantas.

### **3.1.5 Concentración de AG<sub>3</sub>**

A partir del mes de agosto/2008 y hasta julio/2009, cada 15 días, se hicieron aplicaciones de AG<sub>3</sub> en concentraciones de 0, 50, 100 y 200 mg L<sup>-1</sup>. La aplicación se hizo con un aspersor de 2 L de

capacidad y el AG<sub>3</sub> se mezcló con 0.05 % de Tween 20<sup>®</sup> como surfactante. Las aplicaciones se hicieron sobre el follaje por las mañanas hasta el punto de goteo.

### 3.1.6 Diseño experimental

El experimento se diseñó completamente al azar en arreglo factorial con cuatro variedades de anturio, tres niveles de intensidad luminosa y cuatro concentraciones de AG<sub>3</sub>. La combinación de los factores arrojó un total de 48 tratamientos (Cuadro 3). La unidad experimental fue una planta, con 10 repeticiones por tratamiento, dando en total 480 unidades experimentales. El análisis estadístico se hizo con el paquete estadístico SAS (The SAS<sup>®</sup> System v 9.0, 2002).

**Cuadro 3. Tratamientos resultantes de la combinación de cuatro variedades de anturio, tres niveles de sombreado y cuatro concentraciones de AG<sub>3</sub>.**

Trat. (Núm.)	Variedad	Sombreado ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	AG <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	Trat. (Núm.)	Variedad	Sombreado ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	AG <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )
1	Tropical <sup>®</sup>	190	0	25	Casino <sup>®</sup>	190	0
2	Tropical <sup>®</sup>	250	50	26	Casino <sup>®</sup>	250	50
3	Tropical <sup>®</sup>	290	100	27	Casino <sup>®</sup>	290	100
4	Tropical <sup>®</sup>	190	200	28	Casino <sup>®</sup>	190	200
5	Tropical <sup>®</sup>	250	0	29	Casino <sup>®</sup>	250	0
6	Tropical <sup>®</sup>	290	50	30	Casino <sup>®</sup>	290	50
7	Tropical <sup>®</sup>	190	100	31	Casino <sup>®</sup>	190	100
8	Tropical <sup>®</sup>	250	200	32	Casino <sup>®</sup>	250	200
9	Tropical <sup>®</sup>	290	0	33	Casino <sup>®</sup>	290	0
10	Tropical <sup>®</sup>	190	50	34	Casino <sup>®</sup>	190	50
11	Tropical <sup>®</sup>	250	100	35	Casino <sup>®</sup>	250	100
12	Tropical <sup>®</sup>	290	200	36	Casino <sup>®</sup>	290	200
13	Acrópolis <sup>®</sup>	190	0	37	Anneke <sup>®</sup>	190	0
14	Acrópolis <sup>®</sup>	250	50	38	Anneke <sup>®</sup>	250	50
15	Acrópolis <sup>®</sup>	290	100	39	Anneke <sup>®</sup>	290	100
16	Acrópolis <sup>®</sup>	190	200	40	Anneke <sup>®</sup>	190	200
17	Acrópolis <sup>®</sup>	250	0	41	Anneke <sup>®</sup>	250	0
18	Acrópolis <sup>®</sup>	290	50	42	Anneke <sup>®</sup>	290	50
19	Acrópolis <sup>®</sup>	190	100	43	Anneke <sup>®</sup>	190	100
20	Acrópolis <sup>®</sup>	250	200	44	Anneke <sup>®</sup>	250	200
21	Acrópolis <sup>®</sup>	290	0	45	Anneke <sup>®</sup>	290	0
22	Acrópolis <sup>®</sup>	190	50	46	Anneke <sup>®</sup>	190	50
23	Acrópolis <sup>®</sup>	250	100	47	Anneke <sup>®</sup>	250	100
24	Acrópolis <sup>®</sup>	290	200	48	Anneke <sup>®</sup>	290	200

### 3.2. Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA)

En cada nivel de sombreado y a la altura del cultivo se midió la RFA cada semana con un Ceptómetro linear PAR/LAI Ceptometer LP-80 AccuPAR Decagon<sup>®</sup> Devices Inc. Las mediciones se tomaron cada hora a partir de las 9:00 h hasta las 16:00 h y el promedio mensual y anual se reportó en  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

### 3.3 Condiciones ambientales

Diariamente se midieron las condiciones de humedad relativa (%), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y radiación solar (lum/sqf) con ayuda de un datalogger HOBO<sup>®</sup> instalado en cada nivel de sombreado a la altura de las plantas.

### 3.4 Análisis del crecimiento

Después de 30 días del trasplante se etiquetaron cinco plantas por tratamiento y cada semana se midió el crecimiento de la hoja [largo y ancho (cm), largo de pecíolo (cm), color de hoja (con una tabla Munsell<sup>®</sup> para tejido vegetal)] e inflorescencia desde su emergencia [largo y ancho de espata (cm), largo de pedúnculo (cm), largo de espádice (cm) y porcentaje de madurez de espádice]. Los datos se presentaron por ciclo de cultivo (otoño-invierno y primavera-verano) y anual.

### 3.5 Crecimiento vegetativo

El anturio en su fase sympodial tiene un ciclo de producción hoja-flor-hoja-flor y se considera que los 60 a 80 días previos a la emergencia de la hoja y flor, respectivamente, son cruciales para el buen desarrollo de estos órganos (Daí y Paull, 1990). Con base en estos aspectos del crecimiento, la primer medición de la hoja e inflorescencia, después del trasplante, se hizo a partir del mes de agosto/2008 y se asignó como valor inicial 0.5 cm. Así se evitó que las condiciones de cultivo de donde procedían las plantas alteraran las mediciones.

### **3.5.1 Número de hojas**

Se contabilizó el número de hojas producidas por planta desde el trasplante y los resultados se presentaron por ciclo (primavera-verano y otoño-invierno) y anual.

### **3.5.2 Área foliar**

Para determinar el área foliar se cortaron 60 hojas de cada variedad de anturio que ya habían cesado su crecimiento (las mediciones de largo y ancho alcanzaron valores constantes). Mediante el integrador electrónico de área foliar LI-COR<sup>®</sup> (Inc. Lincoln, Nebraska E.U.A, modelo LI-3100) se determinó el área foliar y se hizo un análisis de regresión del área calculada por el largo y ancho medidos contra el área foliar determinada con el integrador. Para cada variedad se obtuvo una ecuación de predicción con la cual se estimó el área foliar.

### **3.5.3 Cinética de crecimiento de hojas**

Para evaluar la cinética de crecimiento, cada siete días y con el apoyo de una regla, se midió el largo (cm), ancho (cm) y longitud de pecíolo (cm) a partir de su emergencia.

### **3.5.4 Análisis histológico foliar**

Se cosecharon dos hojas jóvenes completamente expandidas de cada tratamiento, se preservaron en bolsas de plástico con papel húmedo y se llevaron al laboratorio. Para obtener las muestras, se hicieron cortes transversales de la parte media de la hoja. Las muestras biológicas se procesaron usando la metodología existente para su observación en el microscopio de luz (Apéndice 1).

### **3.5.5 Altura de planta y producción de vástagos**

Por medio de una cinta métrica, al inicio y final del experimento, se midió la altura de planta considerada desde la base de la planta hasta la hoja más alta. También se contabilizó el número de brotes (hijuelos) producidos por planta hasta concluir el experimento.

## 3.6 Crecimiento: Inflorescencias

### 3.6.1 Número de inflorescencias

Se cuantificó el número de inflorescencias producidas por planta anotando la fecha de corte. Esta variable se reportó como número de inflorescencias planta<sup>-1</sup> mes<sup>-1</sup> por ciclo (primavera-verano y otoño-invierno) y anual.

### 3.6.2 Calidad de Inflorescencia

De cada tratamiento se cosecharon cinco inflorescencias producidas de abril a julio/2009 y se evaluó:

- Tamaño: con el apoyo de un vernier digital se midió largo y ancho de espata (cm), largo y diámetro del tallo (cm), largo y diámetro del espádice (cm).
- Color: la espata se dividió en cuatro secciones (Figura 4) y en cada una se midió el color con el colorímetro CR-400 Konica, Minolta<sup>®</sup> cada tercer día.

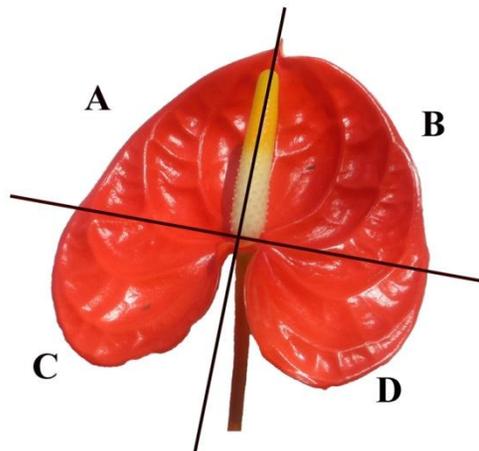


Figura 4. Secciones de la espata para la evaluación de color durante la vida en florero de anturio.

- Vida en florero: las inflorescencias se colocaron de forma individual en matraces de vidrio de 500 mL de capacidad con 100 mL de agua destilada (pH 5.7) y se mantuvieron en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Peñuela, Ver., a una temperatura promedio de 22 °C y 12 h luz. La boca del matraz se cubrió con papel aluminio para evitar la pérdida

de agua por evaporación y cada tercer día se midió el volumen de agua transpirada y se hizo el cambio de agua. También se evaluó el cambio de color de la espata durante la vida en florero utilizando una escala de color de elaboración propia con ayuda de la literatura consultada (Cuadro 4) y el peso fresco de la inflorescencia hasta el fin de su vida útil.

**Cuadro 4. Criterios de clasificación de brillo y coloración de espata y estado del espádice en inflorescencias de anturio (Paull, 1982; Elibox y Umaharan, 2008).**

<b>ESPATA (BRILLO)</b>		
<b>1</b>	Sin pérdida	Condición de máximo brillo como recién cortada
<b>2</b>	Pérdida ligera	No reprobable
<b>3</b>	Pérdida moderada	Permanece un brillo ligero
<b>4</b>	Pérdida severa	Flácida, sin brillo, marchitez de lóbulos
<b>ESPATA (AZULADO)</b>		
<b>1</b>	Ninguno	Apariencia recién cortada, sin azulado
<b>2</b>	Ligero	Menos de 5 % azulado
<b>3</b>	Moderado	Del 5 al 10 % azulado
<b>4</b>	Severo	Más del 10 % azulado
<b>ESPÁDICE</b>		
<b>1</b>	Sin manchas	
<b>2</b>	Punta ligeramente descolorida - color café	
<b>3</b>	Punta definitivamente café, separación ligera de las flores	
<b>4</b>	Punta café y secándose, menos del 10 % afectada	
<b>5</b>	Punta necrótica y seca, más de 10 % afectada	

### 3.7 Extracción de clorofila y antocianinas

#### 3.7.1 Clorofila

Durante los meses de abril a julio, de cada tratamiento se cosecharon cuatro hojas jóvenes y sin daños, se pesaron (g) y midieron su largo y ancho (cm). Para la extracción de clorofila se tomaron dos secciones de la parte media de la hoja y de cada sección se obtuvo un segmento de 2 cm<sup>2</sup> y se pesó. La sección obtenida se maceró en un mortero junto con 10 mL de una solución de acetona y agua (80:20). El líquido obtenido se filtró utilizando papel Whatman #1 y un embudo para eliminar sólidos suspendidos y precipitados. El extracto se colocó en el Espectrofotómetro

UV/VIS UNICO® para su lectura en absorbancia (nm). La solución de acetona con agua se usó como blanco y los extractos obtenidos se leyeron a una longitud de onda ( $\lambda$ ) de 663 y 645 nm.

Para convertir las medidas de absorbancia a mg de clorofila por gramo de tejido vegetal, se utilizó la ecuación de Arnon (1949):

$$\text{Chl a (mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ de hoja)} = \frac{[(12.7)(\lambda_{663}) - (2.6)(\lambda_{645})](\text{mL Acetona})}{\text{mg de tejido vegetal}}$$

$$\text{Chl b (mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ de hoja)} = \frac{[(12.7)(\lambda_{645}) - (2.6)(\lambda_{663})](\text{mL Acetona})}{\text{mg de tejido vegetal}}$$

$$\text{Clorofila Total (mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ de hoja)} = \text{Chl a} + \text{Chl b}$$

### 3.7.2 Antocianinas

De forma paralela a la evaluación de vida en florero, se cosecharon tres inflorescencias por tratamiento para la extracción y cuantificación de antocianinas en la espata. Se obtuvo el peso de la espata completa y se dividió de manera horizontal en tres secciones: punta, parte media y lóbulos. De cada sección se obtuvo una muestra de aproximadamente 1 g de peso, la cual se maceró con 20 mL de etanol acidificado con HCl al 0.01 % (9:1). El líquido obtenido se filtró con papel Whatman #1 para eliminar sólidos suspendidos y precipitados. El extracto se aforó a 100 mL y se colocó en frascos ámbar de vidrio y se dejó en refrigeración por 20 h. La solución de etanol acidificado con HCl al 0.01 % se usó como blanco y los extractos se leyeron a una  $\lambda$  de 525 y 535 nm en el Espectrofotómetro UV/VIS UNICO®. Los valores se reportaron en mg L<sup>-1</sup>.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA)

La RFA puede reducirse sustancialmente con el empleo de cubiertas plásticas conocidas comúnmente como malla sombra. Con los registros de RFA obtenidos durante un año de evaluación se pudo determinar que con los tres niveles de sombra evaluados es posible reducir hasta 70 % la RFA, comparada cuando no se usa malla sombra (Figura 5 y 7). De forma natural la luminosidad se ve reducida en el invierno debido a que es más frecuente la nubosidad. Esta disminución es un factor clave que afecta el crecimiento de las plantas de anturio, sobretodo la producción de inflorescencias y pérdida de calidad de las mismas (pequeñas o deformes) (Atehortúa y Pizano, 1999).

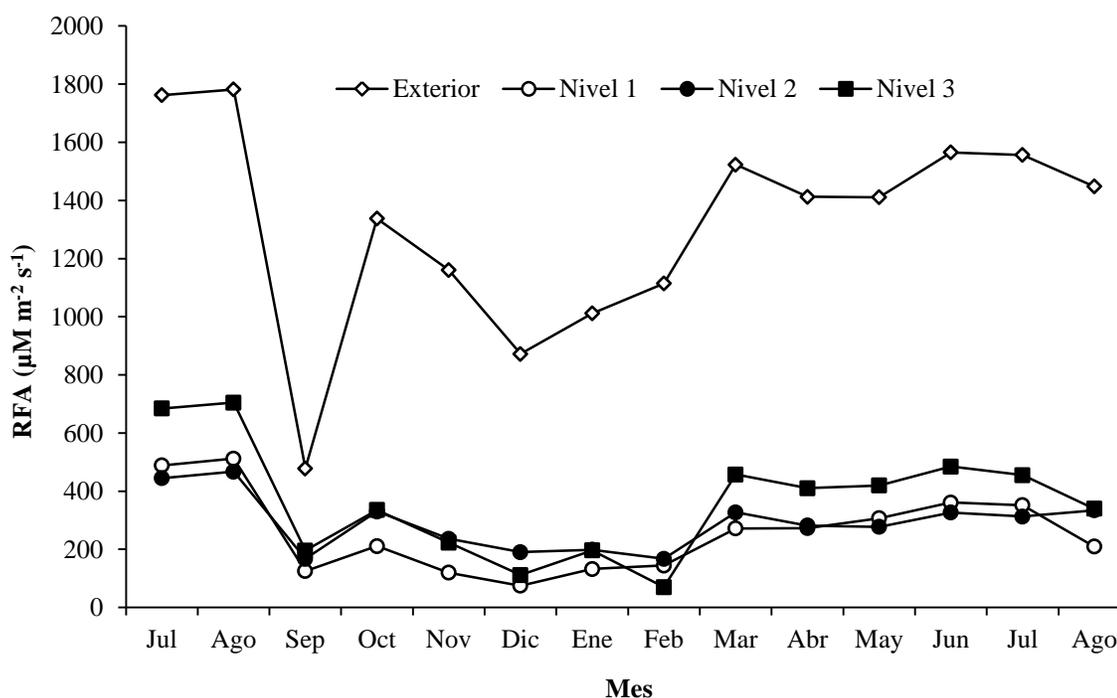


Figura 5. Radiación fotosintéticamente activa (RFA) promedio mensual ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) en tres niveles de sombreado evaluadas en el cultivo de anturio para flor de corte en el periodo de julio/2008 - agosto/2009. (Nivel 1) Malla sombra de 90 %; (Nivel 2) Malla sombra de 80 %; (Nivel 3) Malla sombra de 60 %; (Exterior) Sin malla sombra. Cada valor es el promedio de 100 mediciones  $\pm$ E.E.

Los valores de RFA obtenidos en cada intensidad de sombra alcanzaron promedios de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  nivel 1;  $290 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  nivel 2 y  $364 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  nivel 3 (Figura 6). De aquí en adelante esta clasificación es la que se usó para diferenciar las intensidades luminosas evaluadas.

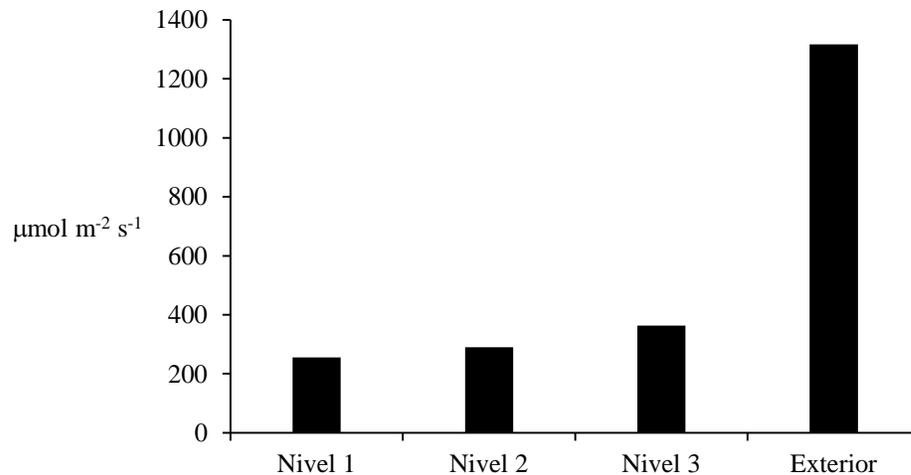


Figura 6. Radiación fotosintéticamente activa (RFA) anual ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) en tres niveles de malla sombra evaluados en el cultivo de anturio para flor de corte en el período de julio/2008 – agosto/2009. Cada valor es el promedio de 1400 mediciones.

## 4.2 Condiciones ambientales

En Fortín de las Flores, Ver., de junio-septiembre es la época de lluvias abundantes y de temperaturas más calurosas (Figura 7, 8, 9 y 10). Aun cuando estas condiciones climáticas pudieran resultar adversas para algunos cultivos, los anturios pueden tolerarlas sin sufrir daños (quemaduras o decoloración del follaje) puesto que se trata de una especie originaria de climas tropicales. En invierno se presentan lloviznas provocadas por vientos del norte, acompañadas de nubosidad y descensos de temperatura. En enero se registró la temperatura más baja ( $5.0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) pero gracias a la humedad relativa alta (88 %) el cultivo no presentó daños por frío (Figuras 7, 8 y 9).

Las condiciones climáticas registradas en el exterior (sin malla sombra y sin plantas) se consideraron las testigo. Aquí la intensidad luminosa promedio fue  $1317 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , con temperaturas máxima y mínima de  $48.0 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $5.0 \text{ }^\circ\text{C}$ , respectivamente (Figura 7).

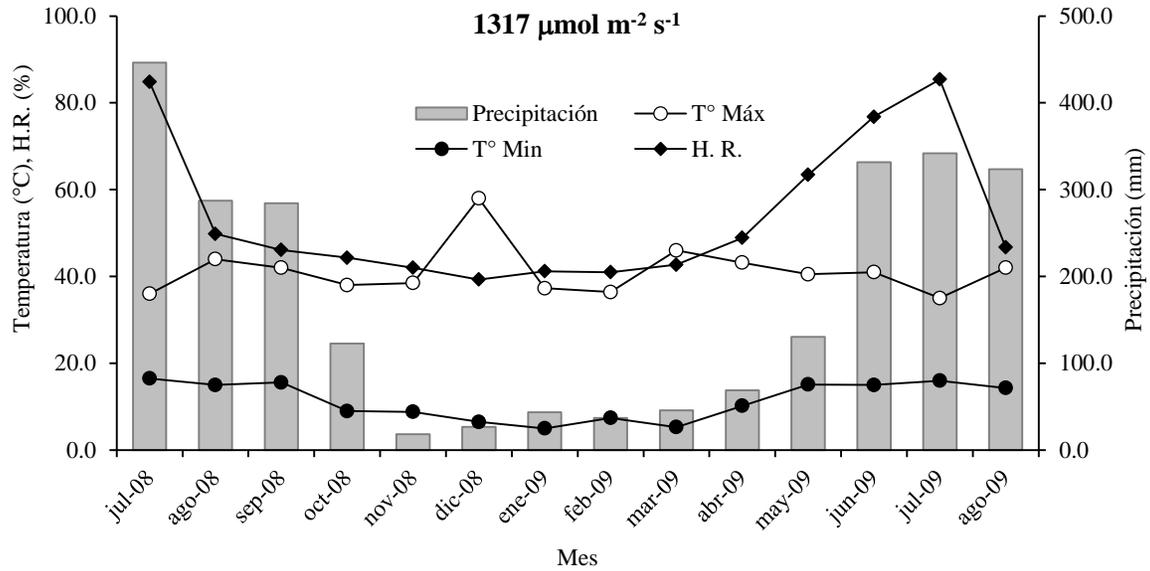


Figura 7. Temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial promedio durante julio/2008 - agosto/2009 en una intensidad luminosa de  $1317 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , Fortín de las Flores, Veracruz.

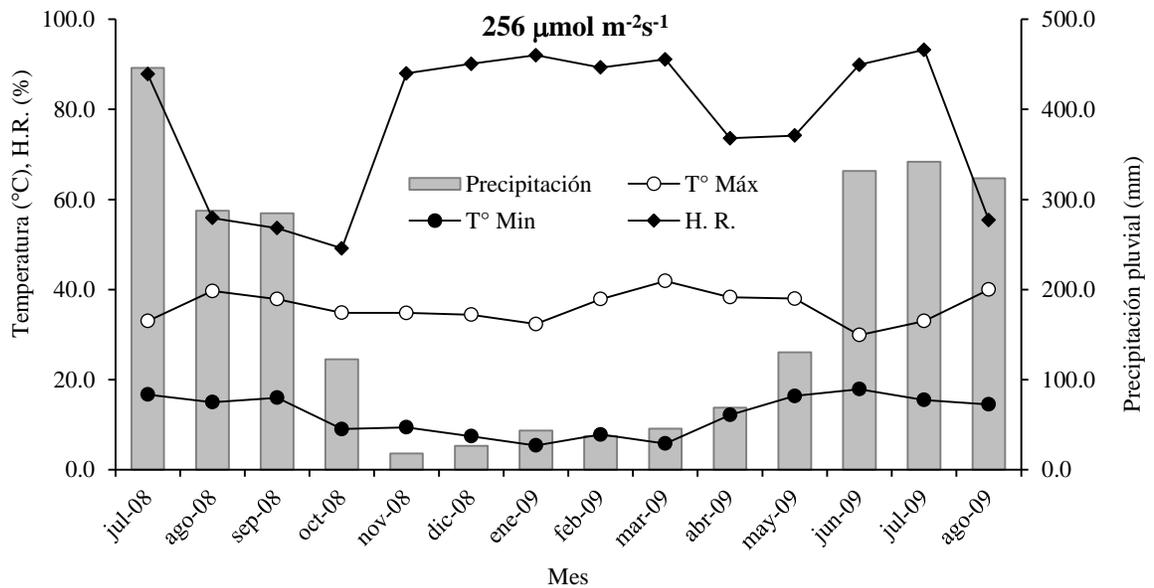


Figura 8. Temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial promedio durante julio/2008 - agosto/2009 en una intensidad luminosa de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , Fortín de las Flores, Veracruz.

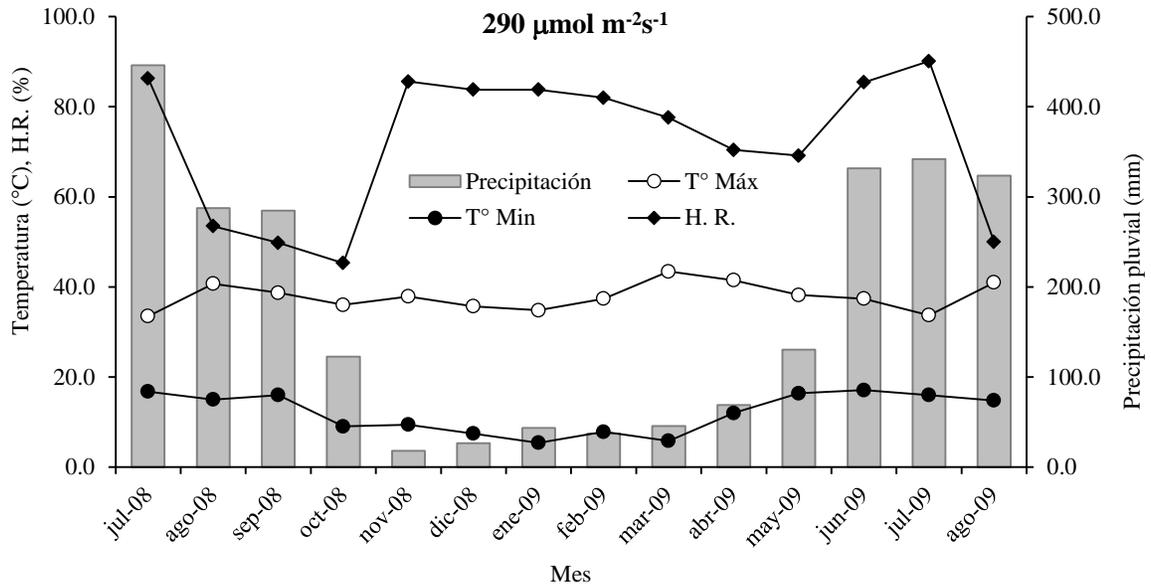


Figura 9. Temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial promedio durante julio/2008 - agosto/2009 en una intensidad luminosa de  $290 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , Fortín de las Flores, Veracruz.

En cada nivel de intensidad luminosa se presentaron condiciones de temperatura y humedad relativa diferentes. La temperatura más alta se alcanzó en  $364 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y correspondió a  $47.9^\circ\text{C}$  con  $39.5\%$  de humedad relativa y esta respuesta se debe a que el tipo de cubierta usado deja pasar mayor cantidad de luz solar (Figura 10). En contraste, en la malla sombra de mayor calibre que proporciona  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , la temperatura máxima registrada fue  $34.4^\circ\text{C}$  con humedad relativa de  $90.1\%$  en el mismo mes y día (Figura 8). Estos valores demuestran que con este sombreado es posible reducir la temperatura hasta en  $23.5^\circ\text{C}$  y mantener la humedad relativa  $50.6\%$  más que en el sombreado de  $364 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

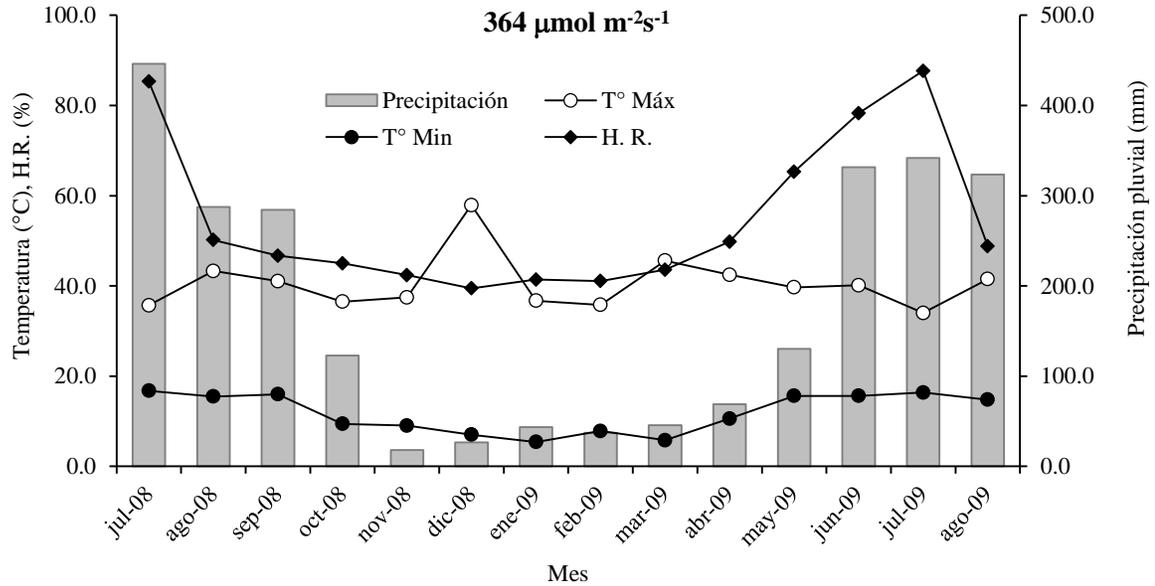


Figura 10. Temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial promedio durante julio/2008 - agosto/2009 en una intensidad luminosa de  $364 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , Fortín de las Flores, Veracruz.

En el sombreado de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  las temperaturas máximas y mínimas se comportaron más estables. La diferencia entre el día y noche fue en promedio de  $24 \text{ }^\circ\text{C}$ , mientras que en la de mayor intensidad ( $364 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) la diferencia alcanzó hasta  $29 \text{ }^\circ\text{C}$  en promedio (Figura 8 y 10).

En zonas tropicales la intensidad de irradiancia juega un papel muy importante en la determinación de la ecofisiología de las plantas. En la cima del dosel de los bosques la RFA puede alcanzar valores que van desde  $1,000$  hasta  $2,500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de fotones, en tanto que en el piso, donde crecen muchas especies de epífitas, puede ser de  $5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Por lo tanto, la luz puede convertirse en un factor de estrés ya sea por falta (cuando llega a ser una limitante como fuente de energía para la fotosíntesis) o exceso (cuando ocasiona una sobre-energización del aparato fotosintético y aumento de fotoinhibición o, incluso, fotodestrucción) (Lüttge, 2008).

Estos resultados demuestran que las cubiertas plásticas no solo protegen los cultivos de los daños causados por granizo, vientos fuertes, lluvia, insectos, aves y la excesiva radiación solar, sino que también contribuyen a mantener un microclima con humedad y temperaturas más estables, especialmente en verano (Pérez *et al.*, 2006). Todas estas ventajas permiten obtener producción

agrícola de alta calidad y disminuir el uso de agroquímicos y, específicamente, en el cultivo de anturios estos beneficios se reflejan en el mantenimiento de un cultivo sin problemas de enfermedades o estrés por saturación del sistema fotosintético o exceso de transpiración del cultivo (Al-Arifi, 2006; Briassoulis *et al.*, 2007).

Dentro del rango de la RFA todas las longitudes de onda son importantes y la interrupción de cualquier color del espectro tienen efectos negativos en el crecimiento vegetal, aunque las respuestas de las especies vegetales pueden ser diferentes, inclusive entre variedades (Henbest, 2007; Nomura *et al.*, 2009). En algunas especies ornamentales las respuestas a la alteración en la calidad de la luz están relacionadas con el aumento en la longitud de entrenudos en crisantemo cultivado en cubierta de polietileno azul (Oyaert *et al.*, 1999), aumento en la altura de la planta y número de hojas en *Dracaena marginata* y *Anthurium* cultivadas en malla sombra roja (Kawabata *et al.*, 2007; Kobayashi *et al.*, 2006; Lima *et al.*, 2010). En otras especies como *Aralia* sp. y *Monstera deliciosa* se ha observado que las cubiertas de malla azul causan retraso en el crecimiento, mientras que la malla roja produce aceleración en el crecimiento vegetativo de estas plantas cuando se compara con malla negra (Shahak *et al.*, 2002).

Aunque se ha reportado que el anturio es factible de cultivarse en sombra natural de especies arbóreas como *Inga vera* (Murguía *et al.*, 2007), siempre se obtendrán mejores resultados con cubiertas plásticas debido a que su uniformidad ayuda a mantener condiciones climáticas más estables durante el año. No obstante, la selección de la mejor malla sombra dependerá de varios factores, siendo los más importantes los relacionados con la fisiología del cultivo y la efectiva difusión de la luz. Otros factores como la condensación y temperatura también son importantes pero ellos son resultado, en gran medida, de la localización geográfica y del clima de la región donde se ubique el cultivo (Henbest, 2007; Nomura *et al.*, 2009).

### **4.3 Crecimiento vegetativo**

#### **4.3.1 Número de hojas**

Las diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) detectadas que en los 48 tratamientos evaluados (Cuadro 3) revelaron que, a excepción del nivel de intensidad luminosa, tanto la variedad y concentración de AG<sub>3</sub> así como la triple interacción tuvieron efectos en el número de hojas (Apéndice 2). La

variedad Anneke<sup>®</sup> produjo mayor número de hojas seguida de las variedades Tropical<sup>®</sup>, Casino<sup>®</sup> y Acrópolis<sup>®</sup> (Figura 11A). La concentración de AG<sub>3</sub> con la que se obtuvo mayor número de hojas fue 200 mg L<sup>-1</sup> (Figura 11B).

En el análisis de la triple interacción se detectó que los mejores resultados de número de hojas (6.0) se presentaron en la variedad Casino<sup>®</sup> cultivada con 290  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y 200 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>. La variedad Tropical<sup>®</sup> produjo la mayor cantidad de hojas (6.0) cuando se cultivó con 364  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  con aplicaciones de 100 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>. Por su parte, Acrópolis<sup>®</sup> y Anneke<sup>®</sup> alcanzaron mayor número de hojas (6.0 y 5.0, respectivamente) con 256  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y aplicaciones de 200 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> (Apéndice 3).

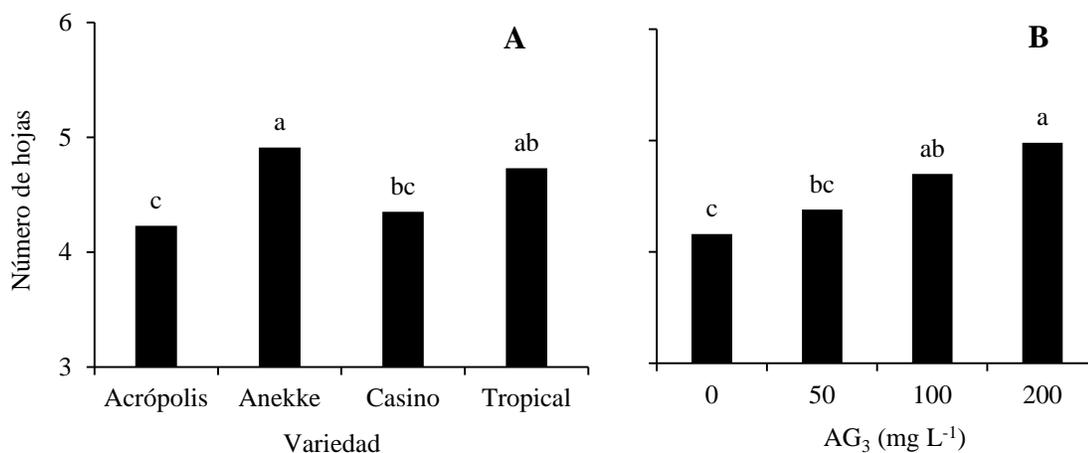


Figura 11. Respuesta originada por las variedades de anturio para flor de corte y dosis de AG<sub>3</sub> en el número de hojas producidas durante un año de cultivo en tres intensidades luminosas. (A) Número de hojas por variedad. (B) Número de hojas por concentración de AG<sub>3</sub>. Cada valor es el promedio de 60 mediciones.

Debido a que el número de hojas tuvo un comportamiento directamente proporcional a la concentración de AG<sub>3</sub> empleado, podría señalarse que esta tendencia puede mantenerse al aplicar dosis mayores; sin embargo, aunque no se evaluó el efecto de dosis mayores a 200 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>, debe existir un punto umbral o de aplicación máxima donde la planta se vuelve insensible al efecto del AG<sub>3</sub> sin que se observe un aumento en el número de hojas. Existen reportes de que en anturio se han aplicado hasta 500 mg L<sup>-1</sup> de este regulador de crecimiento, aunque solo evaluaron

el número de inflorescencias y no se dio seguimiento en el número de hojas (Henny y Hamilton, 1992).

A pesar de que el crecimiento observado en el número anual de hojas mostró diferencias entre variedades y condiciones de cultivo, es importante resaltar que este crecimiento resultó más contrastante cuando se analizó en los ciclos de cultivo otoño-invierno y primavera-verano en cada variedad. El análisis estadístico ( $p \leq 0.05$ ) mostró que todas las variedades produjeron más hojas en primavera-verano que en otoño-invierno (Apéndice 4, Figura 12).

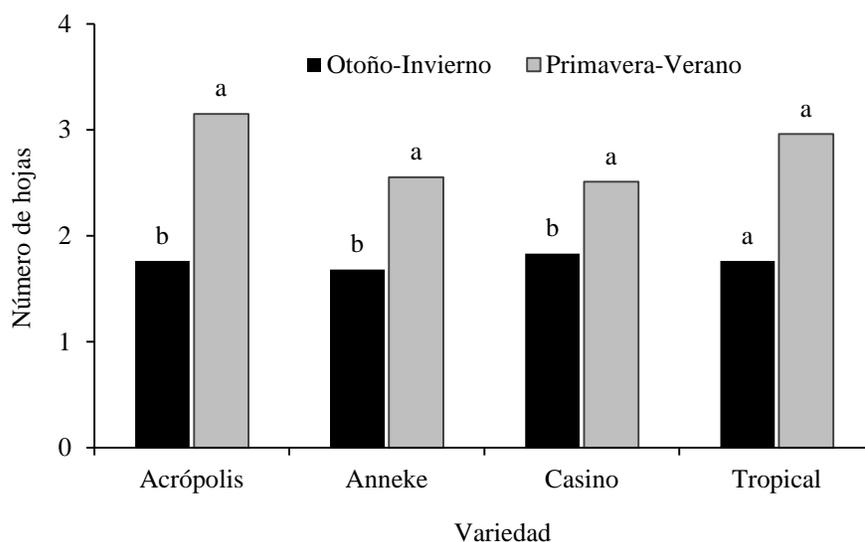


Figura 12. Número de hojas producidas por cuatro variedades de anturio cultivadas en tres intensidades luminosas en los ciclos de cultivo otoño-invierno y primavera-verano. Cada valor es el promedio de 60 mediciones.

Las giberelinas en su forma bioactiva funcionan como un mediador clave entre la percepción de las señales ambientales y las respuestas en el crecimiento, y es la luz uno de los principales factores ambientales que afectan el crecimiento vegetal (Yamaguchi, 2008). A pesar de que aún no se ha determinado que el número de hojas es una respuesta directa a la aplicación de  $AG_3$  en la planta, sí hay evidencia que sugiere que los cambios en la concentración de giberelinas son, al menos en parte, responsables de la floración. Durante la fase reproductiva, el anturio produce una hoja después de una flor y el aparente filocrono (tiempo en producir hojas) está supeditado al nivel de intensidad luminosa. Sin embargo, al aplicar  $AG_3$  se ha observado que se favorece el

aumento de la cantidad de hojas y, por consiguiente, también aumenta la cantidad de inflorescencias debido a que en cada axila foliar se encuentra una yema floral (Higaki *et al.*, 1984), por lo que el tiempo de emergencia de cada órgano se reduce (Dufour y Guérin, 2003a). Además, en el presente trabajo se pudo determinar que la aplicación de AG<sub>3</sub> contribuye a que las inflorescencias alcancen su desarrollo en menor tiempo.

#### 4.3.2 Área foliar

El análisis del crecimiento vegetal puede hacerse con varios parámetros (incremento en longitud, volumen, área, peso, número de células, índice proteico, entre otros) comparándolos contra el tiempo. El área foliar es uno de los principales parámetros de crecimiento vegetal que está relacionado con los diversos procesos fisiológicos de la planta, tales como fotosíntesis, respiración y transpiración. Entre los métodos utilizados para determinar el área foliar se encuentran los destructivos y los no destructivos. En la primera categoría se ubican los integradores de área foliar que son los más exactos. Para llegar al método no destructivo es necesario usar un integrador y destruir algunas muestras y con esos valores de largo y ancho determinar ecuaciones de regresión. Esta forma es una de las más efectivas para analizar el crecimiento y también se aplica en anturio (Silva *et al.*, 2008).

A pesar de que existen ecuaciones para determinar área foliar en anturio que se basan en regresiones lineales de mediciones de área foliar y materia seca, tanto para la fase monopodial como simpodial (Dufour y Guérin, 2003a; Silva *et al.*, 2008), éstas no se pueden aplicar para todas las especies y variedades de anturio debido a que la forma de la hoja es diferente. Por ello, es necesario generar una ecuación para cada genotipo. Con las mediciones efectuadas de largo y ancho en 60 hojas de diferentes edades, a las cuales se les determinó el área con el integrador, se hizo un análisis de regresión para obtener una ecuación que permitió estimar el área foliar en cada variedad (Figura 13).

Las diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) detectadas en los 48 tratamientos (Cuadro 3), revelaron que la variedad, intensidad luminosa y la triple interacción tuvieron efectos en el área foliar. La respuesta exhibida por el AG<sub>3</sub> no fue significativa (Apéndice 2). La variedad Tropical<sup>®</sup> manifestó los mayores valores de área foliar seguida de Acrópolis<sup>®</sup>, Anneke<sup>®</sup> y Casino<sup>®</sup> (Figura 14A). La

intensidad luminosa que más favoreció la respuesta de área foliar fue  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  seguida de 290 y 364 (Figura 14B).

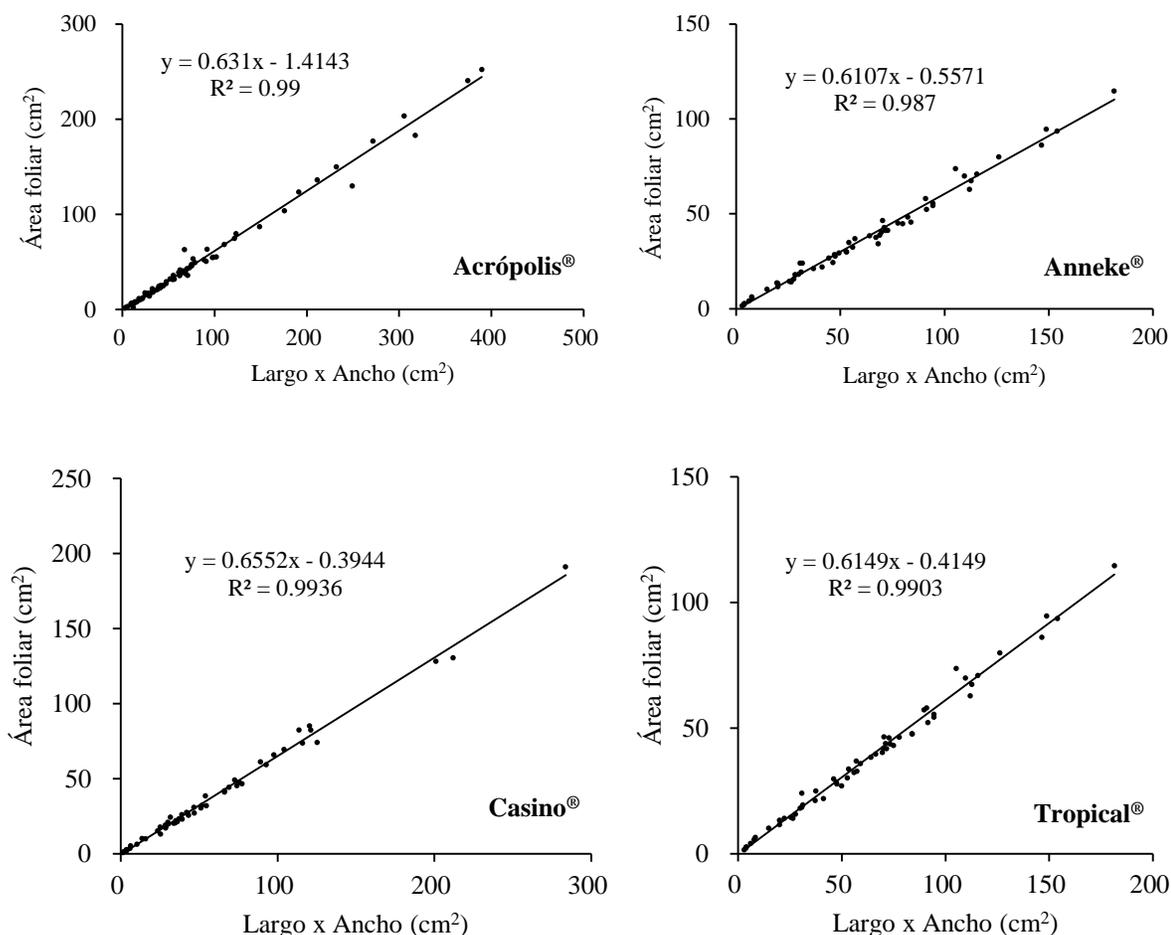


Figura 13. Análisis de regresión del largo x ancho con el área foliar de cuatro variedades de anturio para flor de corte (n=60).

La triple interacción mostró que los mejores resultados de área foliar ( $319.26 \text{ cm}^2$ ) correspondieron a la combinación de la variedad Tropical® con intensidad luminosa de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de AG<sub>3</sub>. Se observó que con este nivel de sombreado se obtuvieron los mayores valores de área foliar en las cuatro variedades. Anneke® produjo hojas más grandes ( $213.43 \text{ cm}^2$ ) con aplicaciones de  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de AG<sub>3</sub>, mientras que Acrópolis® ( $207.93 \text{ cm}^2$ ) y Casino® ( $185.27 \text{ cm}^2$ ) con 200 y  $50 \text{ mg L}^{-1}$  de AG<sub>3</sub>, respectivamente (Figura 14, Apéndice 3).

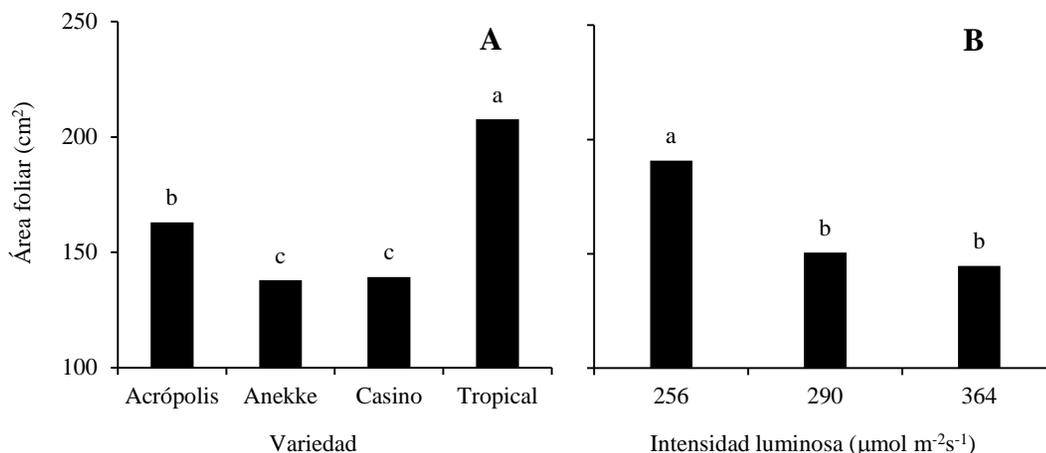


Figura 14. Área foliar obtenida en las variedades de anturio para flor de corte producidas durante un año de cultivo en tres intensidades luminosas y cuatro dosis de AG<sub>3</sub>. (A) Área foliar por variedad. (B) Área foliar por intensidad luminosa. Cada valor es el promedio de 60 mediciones.

De forma similar al análisis hecho con el número de hojas, para el área foliar se observaron diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) al examinar el crecimiento en cada variedad en los ciclos de cultivo otoño-invierno y primavera-verano (Apéndice 5). Se detectó que todas las variedades produjeron hojas más grandes en el ciclo primavera-verano que en otoño-invierno (Figura 15).

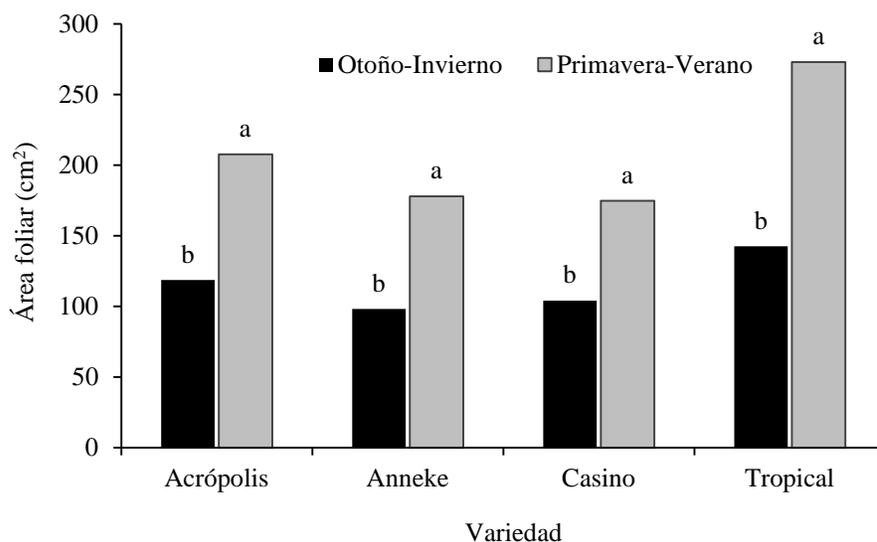


Figura 15. Área foliar obtenida en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano de cuatro variedades de anturio para flor de corte cultivadas en intensidades luminosas y dosis de AG<sub>3</sub> diferentes. Cada valor es el promedio de 60 mediciones.

En climas tropicales las intensidades luminosas son más altas que en climas templados (270 versus  $350 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Para anturio se ha observado que existe relación entre intensidad luminosa y aumento en el área foliar, presentando valores de  $65.11 \text{ cm}^2$  a  $300.32 \text{ cm}^2$  cuando la RFA cae de 146.0 hasta  $360.0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , esto, en un clima tropical húmedo y que su RFA varía de 270 a  $410 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Dufour y Guérin, 2003a).

#### 4.3.3 Cinética de crecimiento

Con los valores obtenidos de número de hojas y área foliar se examinó la relación entre ambas variables en cada variedad. Se apreció que si bien algunas variedades produjeron mayor número de hojas éstas fueron más pequeñas. Las variedades Acrópolis<sup>®</sup>, Anneke<sup>®</sup> y Casino<sup>®</sup> produjeron menor cantidad de hojas pero de tamaño más grande mientras que Tropical<sup>®</sup> produjo mayor cantidad de hojas pero de tamaño más pequeño (Figura 16).

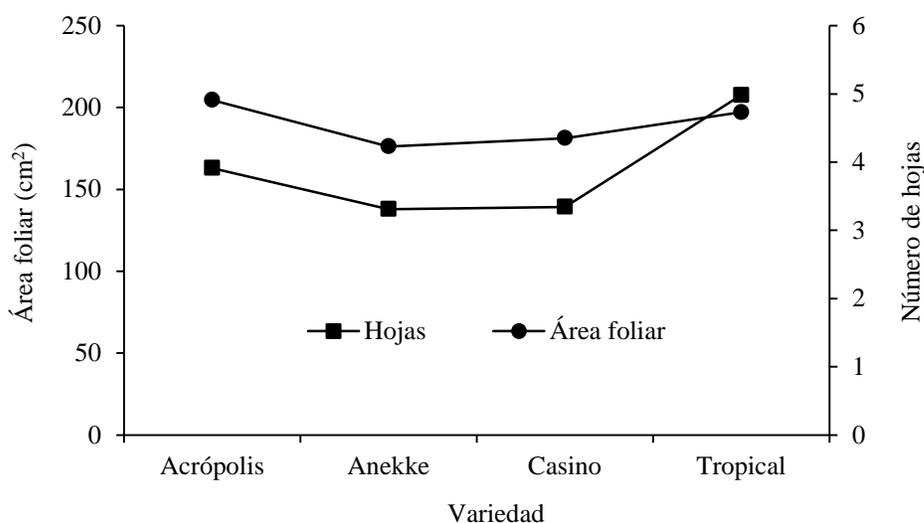


Figura 16. Relación entre el número de hojas y área foliar de cuatro variedades de anturio para flor de corte cultivadas en intensidades luminosas y dosis de AG<sub>3</sub> diferentes. Cada valor es el promedio de 60 mediciones.

El análisis de la cinética de crecimiento en hojas, a partir del área foliar (cm<sup>2</sup>), permitió observar que todas las variedades exhiben mayor crecimiento en el ciclo primavera-verano que en otoño-invierno (Figuras 17, 18, 19 y 20).

En la variedad Acrópolis<sup>®</sup> se observó que el desdoblamiento del limbo se presenta a partir de la quinta semana en otoño-invierno, mientras que en primavera-verano se desdobla en menos tiempo (tres semanas). La madurez de la hoja en otoño-invierno se alcanza hasta la semana 11 mientras que en primavera-verano es suficiente con ocho semanas. De igual forma, en otoño-invierno las hojas son de tamaño más pequeño que en primavera-verano (Figura 17).

En Anneke<sup>®</sup> el desdoblamiento del limbo se presenta a partir de la cuarta semana en otoño-invierno y en primavera-verano ocurre una semana antes. En otoño-invierno las hojas alcanzan la madurez después de 12 semanas; mientras que, en primavera-verano en ocho. En otoño-invierno las hojas son de menor tamaño que en primavera-verano, siendo más notable con la menor intensidad luminosa (Figura 18).

En la variedad Casino<sup>®</sup> el limbo se desdobla a partir de la cuarta semana en otoño-invierno, mientras que en primavera-verano lo hace en la tercer semana. La madurez de la hoja en otoño-invierno se alcanza hasta las 13 semanas mientras que en primavera-verano solo se necesitan ocho semanas. Las hojas son de mayor tamaño en primavera-verano que en otoño-invierno (Figura 19).

El desdoblamiento del limbo en Tropical<sup>®</sup> se presenta a partir de la cuarta semana en otoño-invierno, mientras que en primavera-verano ocurre una semana antes. La madurez de la hoja en otoño-invierno se alcanza hasta la semana 11 mientras que en primavera-verano en la ocho. Al igual que en las otras variedades, en otoño-invierno las hojas son de menor tamaño que en primavera-verano, presentándose en la intensidad luminosa de  $290 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  las hojas más pequeñas (Figura 20).

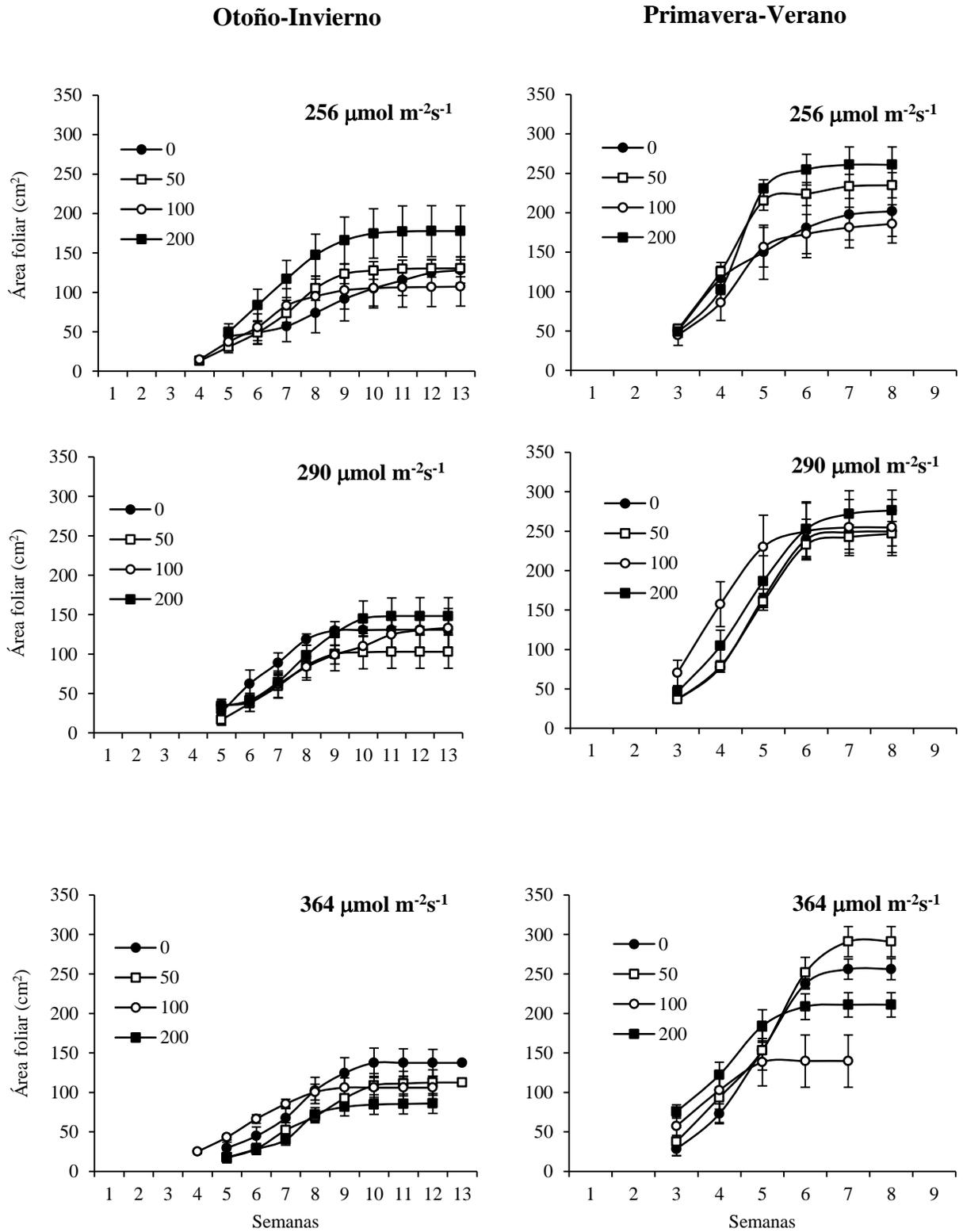


Figura 17. Cinética del crecimiento del área foliar de anturio variedad Acrópolis® en tres intensidades de luz y cuatro dosis de AG<sub>3</sub> (0, 50, 100 y 200 mg L<sup>-1</sup>) en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano. Barras verticales son el error estándar de cinco repeticiones.

Durante el ciclo otoño-invierno con  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  se observó que Tropical<sup>®</sup> presenta una cinética de crecimiento más pronunciada seguida de Acrópolis<sup>®</sup> y ambas con la concentración más alta de AG<sub>3</sub> ( $200 \text{ mg L}^{-1}$ ). En cambio, en el mismo periodo pero con una intensidad de  $290 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , Acrópolis<sup>®</sup> presentó una mayor cinética de crecimiento foliar mientras que en las otras tres variedades esta respuesta fue muy similar, alcanzando el cese de su crecimiento entre la semana 8 y 9 (Figura 17, 18, 19 y 20). Con la máxima intensidad de luz ( $364 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y sin aplicación de AG<sub>3</sub> Tropical<sup>®</sup> expresó su mayor área foliar entre la semana 6 y 8, seguida de Casino<sup>®</sup> con  $100$  y  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de este regulador de crecimiento (Figura 17, 18, 19 y 20).

En contraste, durante el periodo de primavera-verano con  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de intensidad luminosa, Casino<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup> presentaron mayor inclinación en las curvas de cinética de área foliar, aunque todas las variedades alcanzan su máximo crecimiento en la semana 6. Acrópolis<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup> necesitaron de la aplicación de  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de AG<sub>3</sub> para obtener la mayor área foliar (Figura 17 y 20), mientras que Anneke<sup>®</sup> y Casino<sup>®</sup>, necesitaron de  $100$  y  $50 \text{ mg L}^{-1}$  de AG<sub>3</sub>, respectivamente (Figura 18 y 19). Con una intensidad de  $290 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , Acrópolis<sup>®</sup> presentó la mayor inclinación en sus curvas de crecimiento foliar, seguida de Tropical<sup>®</sup> y con la aplicación de  $200$  y  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de AG<sub>3</sub>, respectivamente, para producir la mayor área foliar (Figura 17 y 20). En el mismo periodo, pero con  $364 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de intensidad luminosa, las curvas de cinética de área foliar presentaron comportamientos diferentes en todas las variedades y en todas las concentraciones de AG<sub>3</sub>. En Acrópolis<sup>®</sup> y Anneke<sup>®</sup> se observó la mayor inclinación y área foliar con  $50 \text{ mg L}^{-1}$  de AG<sub>3</sub> (Figura 17 y 18). En Casino<sup>®</sup> la mayor inclinación y área foliar se obtiene con  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de AG<sub>3</sub> (Figura 19), mientras que para Tropical<sup>®</sup> se alcanza con  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de AG<sub>3</sub> (Figura 20).

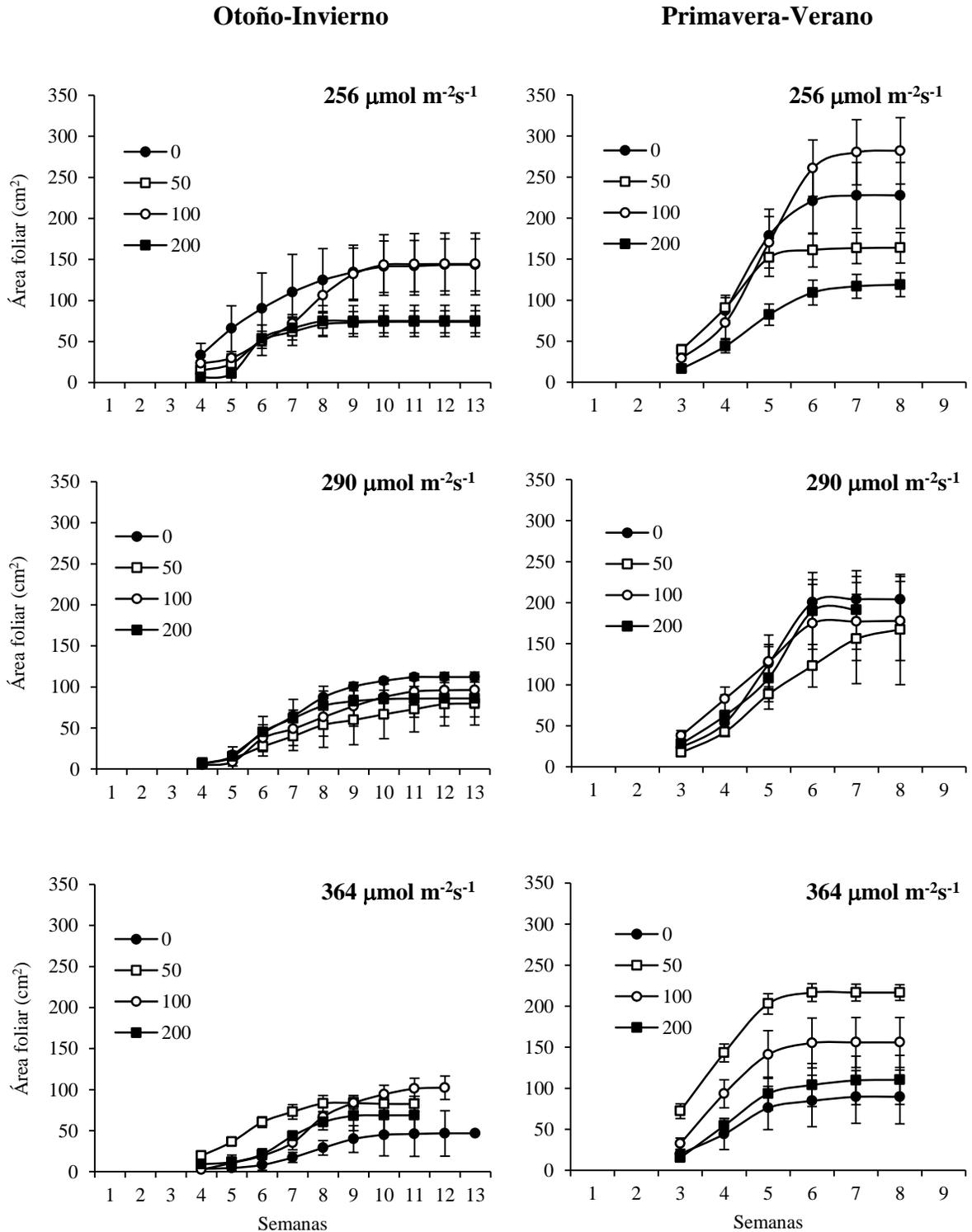


Figura 18. Cinética del crecimiento del área foliar de anturio variedad Anneke<sup>®</sup> en tres intensidades de luz y cuatro dosis de AG<sub>3</sub> (0, 50, 100 y 200 mg L<sup>-1</sup>) en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano. Barras verticales son el error estándar de cinco repeticiones.

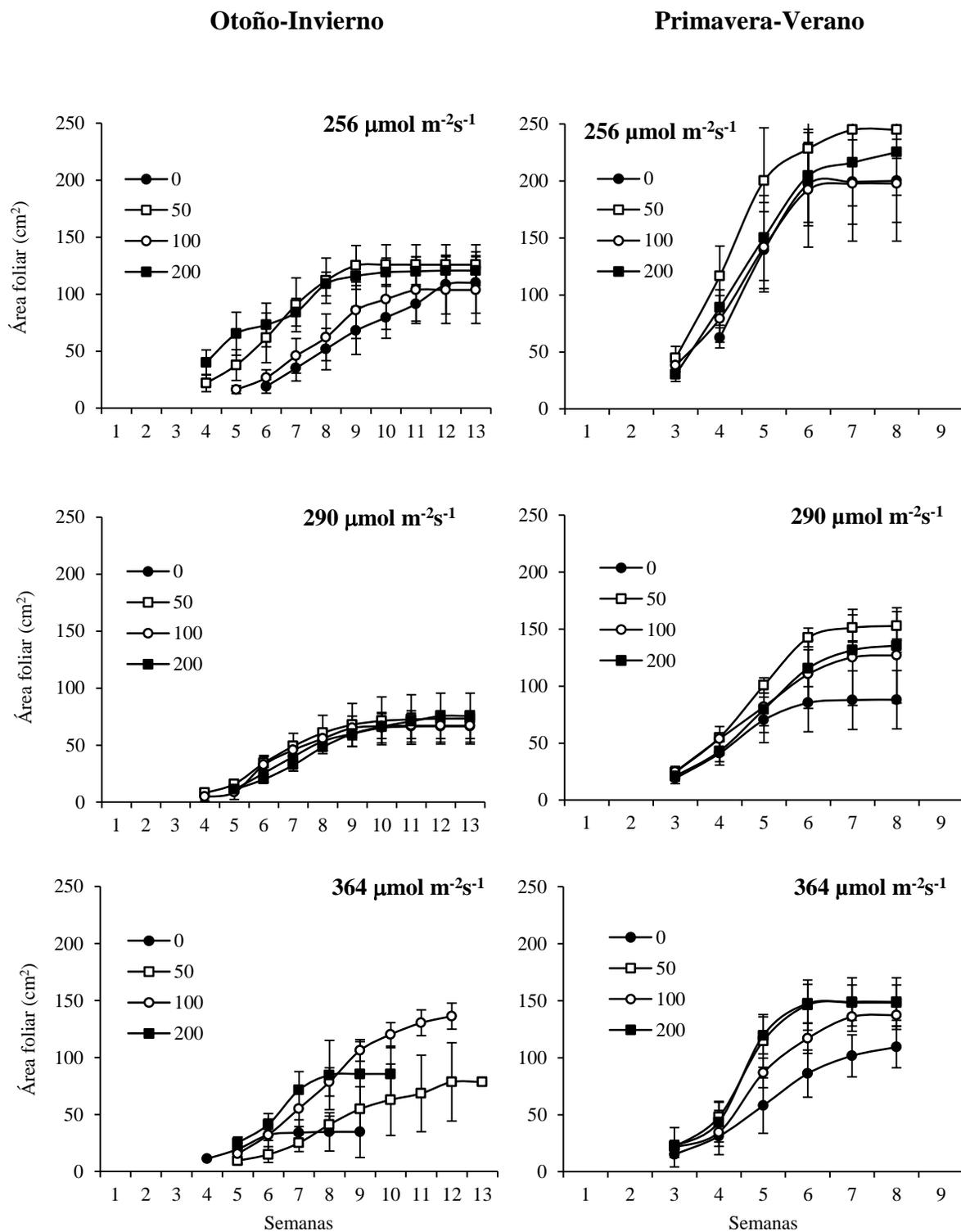


Figura 19. Cinética del crecimiento del área foliar de anturio variedad Casino® en tres intensidades de luz y cuatro dosis de AG<sub>3</sub> (0, 50, 100 y 200 mg L<sup>-1</sup>) en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano. Barras verticales son el error estándar de cinco repeticiones.

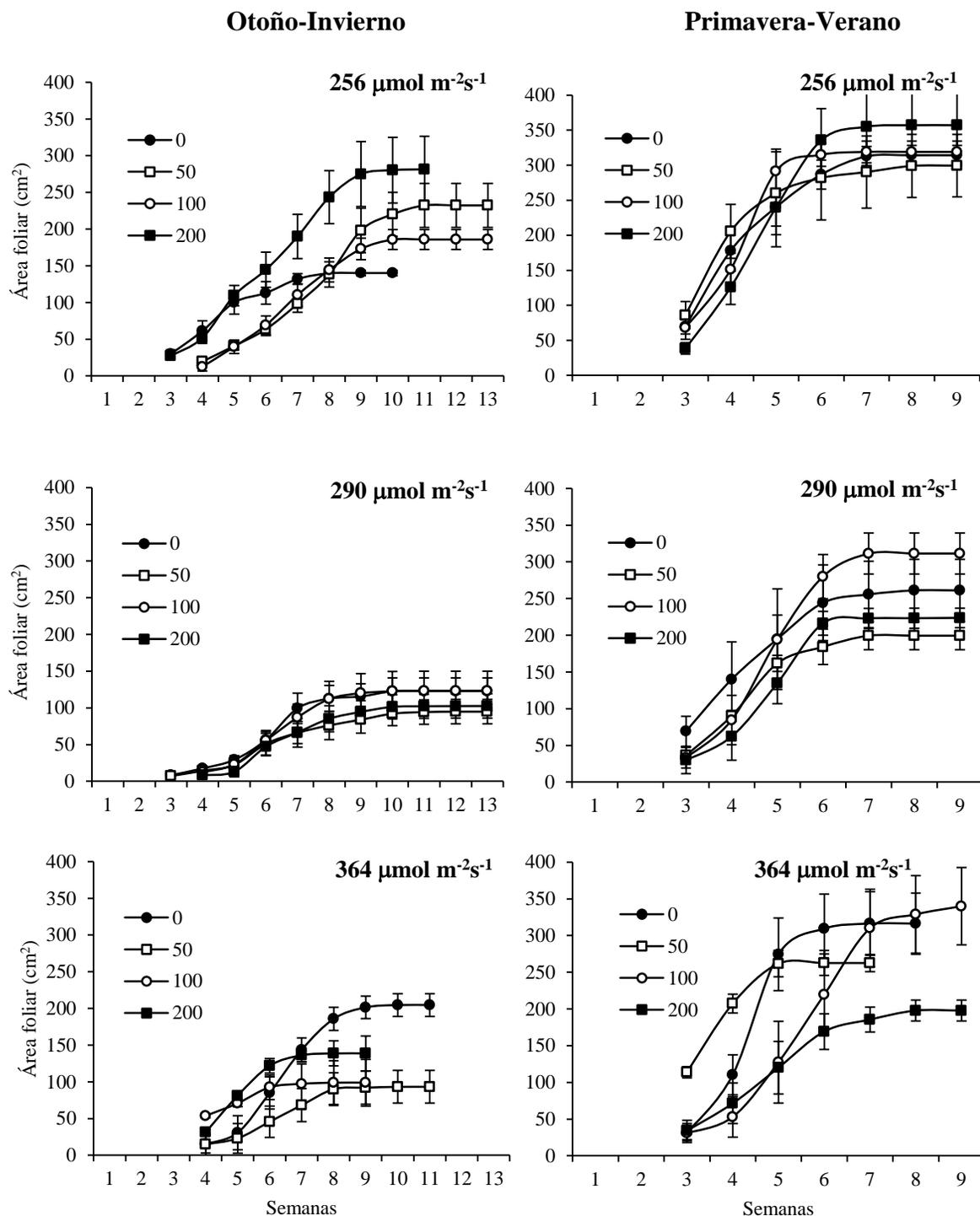


Figura 20. Cinética del crecimiento del área foliar de anturio variedad Tropical<sup>®</sup> en tres intensidad de luz y cuatro dosis de AG<sub>3</sub> (0, 50, 100 y 200 mg L<sup>-1</sup>) en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano. Barras verticales son el error estándar de cinco repeticiones.

La luz es un factor ambiental importante y las plantas han desarrollado sistemas fotosensibles que les permiten responder a la intensidad, dirección, duración y longitud de onda de la misma. Las plantas al ser sésiles y fotoautotróficas son particularmente sensibles a esta señal crucial externa (Fankhauser y Chory, 1997; Chen *et al.*, 2004).

El anturio es una planta perenne que en condiciones naturales crece en la sombra de árboles o helechos y por ello en la actualidad los viveros comerciales deben usar mallas de polipropileno y riegos para propiciar un ambiente de crecimiento favorable (Bushe *et al.*, 2004).

Las diferencias detectadas en el crecimiento de anturio respecto al número de hojas, área foliar y longitud de pecíolo en los ciclos primavera-verano y otoño-invierno se deben a que en este último ciclo las condiciones climáticas, los días más cortos, intensidad luminosa baja y frecuentes periodos nublados, contribuyen a reducir de manera significativa la calidad de la planta y retraso de la producción. Esta reducción del crecimiento tiene su origen en que los interruptores fotosensibles, fotorreceptores, están estrechamente controlados por la luz de múltiples formas. Si las condiciones de luz cambian, también lo hace la actividad de los fotorreceptores, principalmente del fitocromo en la conversión de su forma inactiva a la biológicamente activa y la consecuente cascada transcripcional (Jiao *et al.*, 2007).

Los recientes estudios en *Arabidopsis thaliana* han demostrado que la calidad de la luz es crucial en el desarrollo de las plantas ya que juega un papel importante en la regulación de factores de transcripción que desencadenan respuestas que impactan directamente la fotomorfogénesis. Además, cada tipo de órgano en la planta exhibe distintas respuestas del desarrollo a la luz (Jiao *et al.*, 2007).

Los tratamientos de intensidad luminosa (256, 290 y 364  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), además de aumentar el crecimiento vegetativo, también reducen el tiempo de producción de hojas, lo que trae como consecuencia mayor acumulación de fotoasimilados para las inflorescencias que surgen de la axila foliar. Debido a que las hojas en desarrollo compiten con la flor inmadura por la distribución de los asimilados, provocan que el crecimiento de las flores dependa de la relación fuente-demanda en la planta y una manera para acelerarla puede ser aumentando la fuente, es decir, las hojas (Dufour y Guérin, 2003a).

Estos resultados están en concordancia con lo reportado por Dufour y Guérin (2003b), quienes señalan que el tamaño de hojas e inflorescencias es afectado por el nivel de sombreado. Esta respuesta se debe a que la actividad fotosintética disminuye en plantas que se cultivan con intensidades de luz mayores a las requeridas. Así, las plantas de sombra, como el anturio, pueden sufrir daños (clorosis foliar y pérdida de color de la espata).

La temperatura es otro factor clave que afecta el desarrollo de las plantas y, al igual que sucede con la luz, las especies se han adaptado para sentir y responder rápidamente a los cambios en la temperatura ambiental (Samach y Wigge, 2005). Sin embargo, los mecanismos específicos con los que las plantas responden a estos cambios apenas empiezan a estudiarse y entenderse. Parte de estas investigaciones se han enfocado a entender la relación entre la luz y temperatura, ya que son dos de los estímulos más importantes que regulan el desarrollo vegetal. Se ha podido determinar que existe interacción considerable entre ellos a nivel de rutas de señalización y a nivel molecular (Franklin, 2009).

#### 4.3.4 Largo de pecíolo

El análisis estadístico ( $p \leq 0.05$ ) de los 48 tratamientos evaluados (Cuadro 3), exhibió que la variedad, intensidad luminosa, AG<sub>3</sub> y la triple interacción tuvieron efectos en el largo de pecíolo (Apéndice 2). La variedad Tropical<sup>®</sup> presentó hojas con pecíolos más largos (25.22 cm) seguida de las otras tres variedades. La intensidad luminosa que más favoreció la respuesta de largo de pecíolo fue 256  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y el AG<sub>3</sub> cuando se aplicaron 200  $\text{mg L}^{-1}$  (Figura 21).

La interacción producida por los tres factores reveló que los mejores resultados de largo de pecíolo (29.00 cm) correspondieron a la combinación de la variedad Anneke<sup>®</sup> en 256  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y sin AG<sub>3</sub>. En las variedades restantes se observó que Tropical<sup>®</sup> produjo los pecíolos más largos (27.82 cm) con el sombreado de 364  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y aplicaciones de 200  $\text{mg L}^{-1}$  de AG<sub>3</sub>, mientras que Casino<sup>®</sup> (25.68 cm) y Acrópolis<sup>®</sup> (20.66 cm) lo alcanzaron con 256  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y 200  $\text{mg L}^{-1}$  de AG<sub>3</sub> (Apéndice 3).

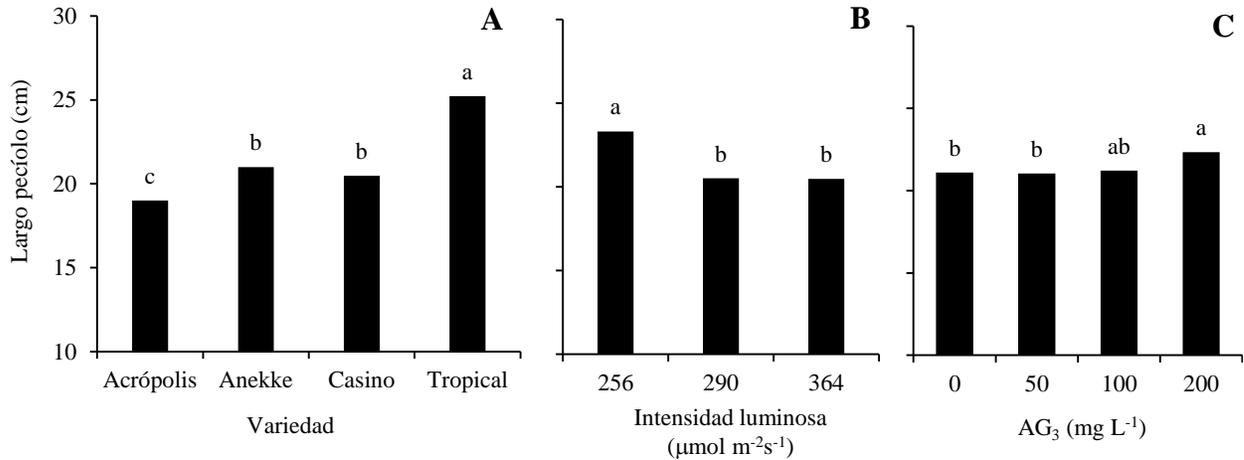


Figura 21. Efecto producido por las variedades (A) de anturio para flor de corte, niveles de intensidad luminosa (B) y dosis de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) (C) sobre el largo del pecíolo. Cada valor es el promedio de 60 (A y C) y 80 (B) mediciones.

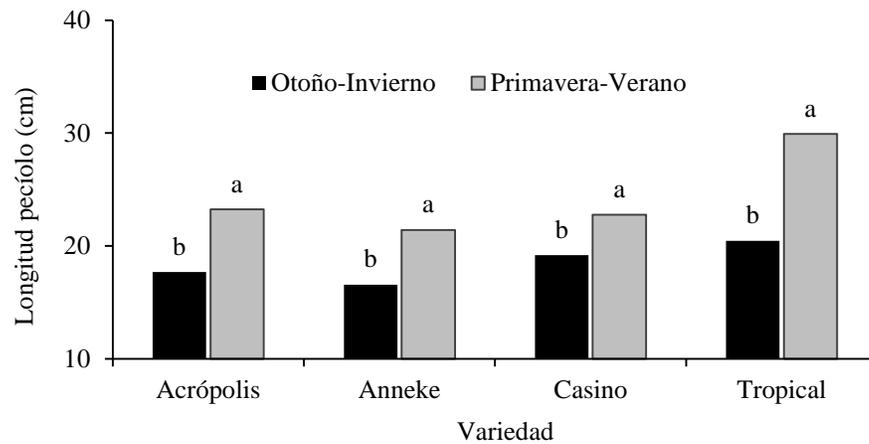


Figura 22. Largo de pecíolos de hojas de cuatro variedades de anturio para flor de corte en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano cultivados en intensidades luminosas y dosis de AG<sub>3</sub> diferentes. Cada valor es el promedio de 60 mediciones.

De forma similar al análisis efectuado con el número de hojas y área foliar, al examinar el crecimiento del pecíolo en los ciclos de cultivo otoño-invierno y primavera-verano se observaron diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) en cada variedad (Apéndice 6). Se detectó que todas las variedades produjeron hojas con pecíolos más largos en primavera-verano que en otoño-invierno (Figura 22).

El crecimiento del pecíolo muestra un aumento directamente proporcional al área foliar y es influenciado por la intensidad luminosa, ya que con menor RFA ( $360.0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) se producen

pecíolos significativamente más largos (34.7 cm) (Dufour y Guérin, 2003a y 2003b). Si bien, en anturio para flor de corte no se le presta tanta atención a la longitud del pecíolo ésta variable es muy importante, ya que contribuye a que los limbos estén más expuestos a la intensidad luminosa y presenten una mayor actividad fotosintética, además que determina la altura final de la planta. La poca importancia que los productores le otorgan a la longitud del pecíolo estriba en que las variedades de anturio se comercializan básicamente para flor de corte y sus hojas no se utilizan como follaje.

#### 4.3.5 Análisis histológico de hoja

En el análisis histológico se observaron diferencias en el grosor de la lámina foliar atribuidos al nivel de intensidad luminosa y a la variedad de anturio. En ninguna de las cuatro variedades analizadas fue posible observar los estomas debido a que no se obtuvieron muestras limpias y sin daños en los mismos. Se ha reportado que es mínima la cantidad de estomas en el envés. Por ejemplo, en el caso de Tropical<sup>®</sup> Elibox y Umaharan (2008) contabilizaron 3.3 estomas por mm<sup>2</sup> mientras que en Evergreen<sup>®</sup> pueden contarse hasta 25.7 estomas por mm<sup>2</sup>.

Se pudieron observar diferencias entre los diferentes tejidos de la lámina foliar, tanto en el parénquima de empalizada como en el esponjoso. Las hojas presentaron una capa de cera en la superficie adaxial de la epidermis. Presentan una capa de células epidérmicas de forma poligonal con crecimiento anticlinal y sin cloroplastos. Las células de la superficie adaxial son de mayor tamaño que en el envés, especialmente en Anneke<sup>®</sup> (Figura 23F).

El parénquima en empalizada está formado por dos capas de células alargadas, colocadas en sentido perpendicular a la epidermis del haz y con abundante concentración de cloroplastos; mientras que el parénquima esponjoso presenta células isodiamétricas, con menos cloroplastos y con grandes espacios intercelulares. Se pudo observar la presencia de drusas y ráfidos de cristales de oxalato de calcio en el parénquima en empalizada, mientras que en el parénquima esponjoso hubo presencia de ráfidos en todas las variedades. En la literatura se indica que la presencia de cristales es raro y sólo se encuentran en el parénquima esponjoso (Mantovani y Pereira, 2005).

Se ha relacionado que el grosor de una hoja está determinado por la variedad, tamaño y peso de la lámina (Keating, 2002).

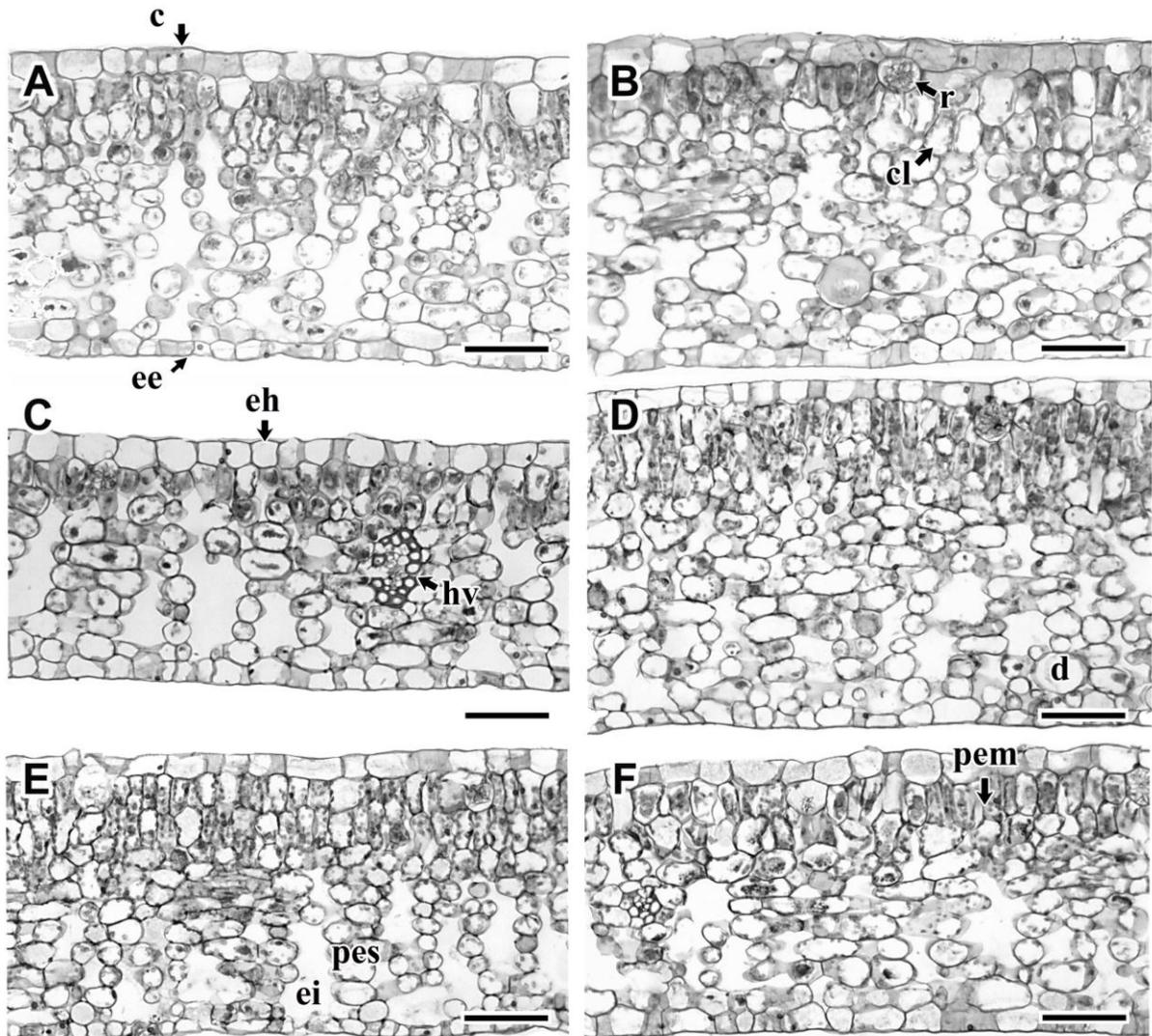


Figura 23. Cortes transversales de hojas de *Anthurium andraeanum*. (A) Tropical<sup>®</sup> en  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . (B) Tropical<sup>®</sup> en  $364 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . (C) Tropical<sup>®</sup> en  $290 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . (D) Casino<sup>®</sup> en  $290 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . (E) Acrópolis<sup>®</sup> en  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . (F) Anneke<sup>®</sup> en  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . c= cutícula. cl= cloroplasto. eh= epidermis de haz. ee= epidermis de envés. ei= espacio intercelular. hv= haz vascular. pem= parénquima en empalizada. pes= parénquima esponjoso. d= drusas. r= ráfidos. Barra = 100  $\mu\text{m}$ .

#### 4.3.6 Altura de planta

Las diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) encontradas en los 48 tratamientos evaluados (Cuadro 3), revelaron que la altura de la planta fue afectada por la variedad, intensidad luminosa y la triple interacción. La respuesta producida por el AG<sub>3</sub> no fue significativa (Apéndice 7). En la variedad Tropical<sup>®</sup> se expresaron las plantas de porte más alto (40.02 cm) seguida de las variedades

Acrópolis<sup>®</sup>, Anneke<sup>®</sup> y Casino<sup>®</sup> (Figura 24A), en tanto que la intensidad luminosa que más favoreció esta respuesta fue la de 256  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Figura 24B).

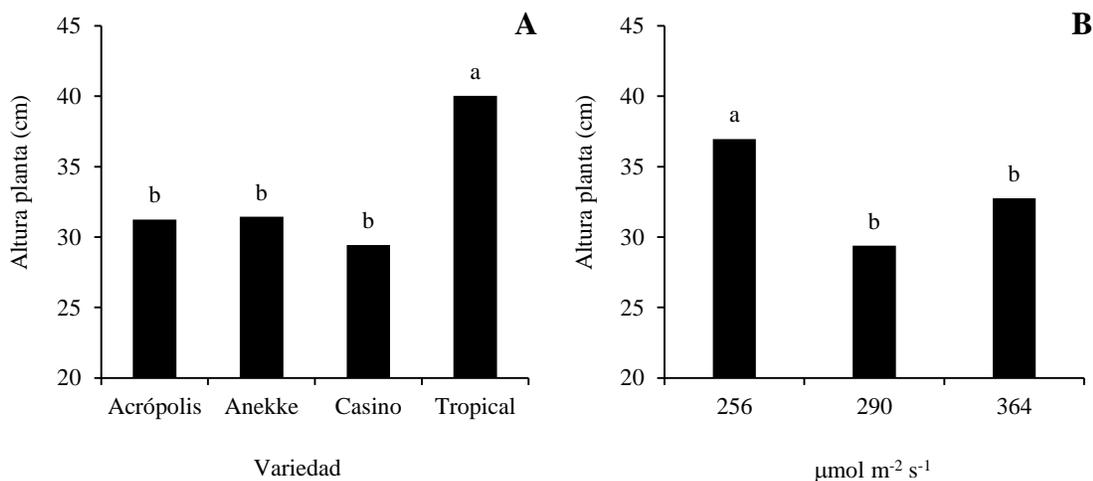


Figura 24. Efecto producido por la variedad (A) e intensidad luminosa (B) sobre la altura de planta en anturio para flor de corte tratados con cuatro dosis de ácido giberélico ( $\text{AG}_3$ ). Cada valor es el promedio de 60 (A) y 80 (B) mediciones.

En la triple interacción se mostró que los mejores resultados de altura de planta (55.1 cm) se obtuvieron en la combinación de la variedad Anneke<sup>®</sup> cultivada en una intensidad luminosa de 364  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y sin  $\text{AG}_3$ . En las demás variedades se observó que alcanzaron su mayor porte cuando se cultivaron en el sombreado de 256  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  pero con diferente concentración de  $\text{AG}_3$ . Las plantas más altas de Tropical<sup>®</sup> (49.43 cm) y Acrópolis<sup>®</sup> (35.77 cm) se obtuvieron con 200  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  mientras que en Casino<sup>®</sup> (37.32 cm) se lograron con 100  $\text{mg L}^{-1}$  de este regulador de crecimiento (Apéndice 8).

Todas las variedades de anturio son de porte pequeño, sea para maceta o para flor de corte, y esto se debe a que por naturaleza son plantas herbáceas con hábito de crecimiento que varía desde terrestre y trepadoras hasta epífitas y para su producción comercial no es importante la altura de planta. El crecimiento del rizoma es horizontal por lo que si se tienen plantas muy altas resulta desfavorable para el manejo del cultivo. La altura de la planta no es una característica que afecte directamente la producción de inflorescencias, porque los rizomas siempre crecerán horizontalmente sobre el sustrato. Incluso, cuando el rizoma es forzado a crecer verticalmente

llegará el momento en que se doblará y caerá sobre las demás plantas y esto generalmente sucede en plantaciones que superan los 10 años de edad. A pesar de que el anturio es una planta perenne de día neutro, su longitud final se ve influenciada por el nivel de intensidad luminosa recibida durante el año (Valdez y Hernández, 2005).

#### 4.3.7 Número de vástagos

El análisis estadístico ( $p \leq 0.05$ ) de los 48 tratamientos evaluados (Cuadro 3), indicó que el número de vástagos fue influenciado por la variedad, intensidad luminosa,  $AG_3$  y la triple interacción (Apéndice 7). La variedad Anneke<sup>®</sup> produjo la mayor cantidad de brotes (2.25) que representan el doble de los generados en las otras tres variedades (Figura 25A). Las intensidades luminosas de 256 y 364  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  fueron donde se produjeron más brotes, mientras que el  $AG_3$  favoreció la respuesta con aplicaciones de 100 y 200  $\text{mg L}^{-1}$  (Figura 25B y 25C).

En la triple interacción se detectó que las cuatro variedades evaluadas produjeron la mayor cantidad de brotes cuando se cultivaron con una intensidad luminosa de 256  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , pero en diferente concentración de  $AG_3$ . Así, las variedades Anneke<sup>®</sup> y Casino<sup>®</sup> alcanzaron el mayor número de brotes (3.9 y 3.7, respectivamente) con aplicaciones de 200  $\text{mg L}^{-1}$  de este regulador de crecimiento, mientras que en Acrópolis<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup> fue con 100  $\text{mg L}^{-1}$  (Apéndice 8).

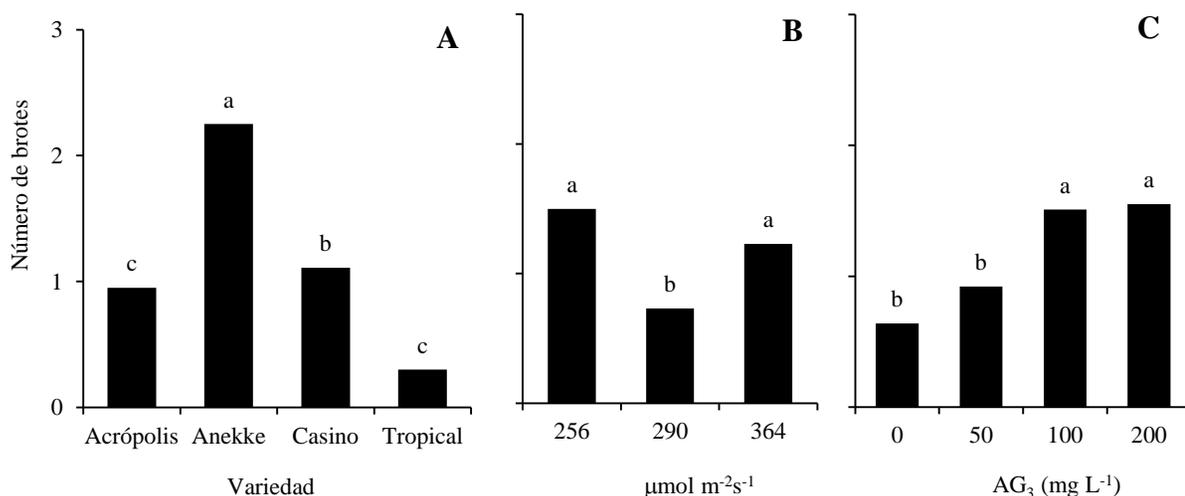


Figura 25. Efecto producido por la variedad (A), intensidad luminosa (B) y ácido giberélico ( $AG_3$ ) (C) sobre el número de brotes producidos en plantas de anturio para flor de corte. Cada valor es el promedio de 60 (A y C) y 80 (B) mediciones.

El anturio se propaga vegetativamente para asegurar la uniformidad de las variedades. Un método convencional de propagación vegetativa es la separación de hijuelos o vástagos cuando éstos tienen raíces desarrolladas. Usado en plantas juveniles, las cuales tienen más nudos por longitud de tallo que en plantas maduras, resulta ser un método potencialmente rápido y económico (Imamura e Higaki, 1988).

A pesar de que en esta investigación se aplicó el AG<sub>3</sub> en plantas de 6 meses de edad, se obtuvieron mayor número de hijuelos con la máxima aplicación de este regulador de crecimiento (200 mg L<sup>-1</sup>) en comparación con lo reportado por Imamura e Higaki (1988) con una sola aplicación foliar de 500 mg L<sup>-1</sup> durante 10 minutos.

Las plantas utilizadas en la presente investigación fueron cultivadas con el objetivo de producir inflorescencias y no hijuelos, en comparación con las plantas de maceta que producen más brotes que aumentan el follaje y número de inflorescencias. Además, la empresa holandesa Anthura<sup>®</sup> recomienda en su Guía de Cultivo de Anturio quitar los vástagos producidos, por cuestiones de pago de regalías; sin embargo, entre los productores es una práctica común. En plantaciones viejas, cuyo tallo sea mayor de 40 cm de altura y con cinco nudos como mínimo, éste se corta y coloca en un contenedor con condiciones adecuadas para su desarrollo (alta humedad relativa y baja intensidad luminosa). Así, la base del tallo formará brotes laterales que se usarán para la obtención de esquejes (Váldez y Hernández, 2005; Murguía y Lee, 2008). Esta práctica produce un incremento de plantas para producción y permite el “rejuvenecimiento” de la plantación.

## **4.4 Crecimiento: Inflorescencias**

### **4.4.1 Número de inflorescencias**

Las diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) detectadas en los 48 tratamientos (Cuadro 3) indicaron que la variedad, intensidad luminosa, AG<sub>3</sub> y la interacción de estos tres factores tuvieron efectos sobre el número de inflorescencias (Apéndice 7). La variedad Tropical<sup>®</sup> produjo la mayor cantidad de inflorescencias (4.75) seguida de las variedades Acrópolis<sup>®</sup>, Casino<sup>®</sup> y Anneke<sup>®</sup>. La intensidad luminosa que mejores resultados favoreció a esta misma variable fue la de 256  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  seguidos de 290 y 364, mientras que la aplicación de 200 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> fue la óptima para obtener mayor cantidad de inflorescencias (Figura 26).

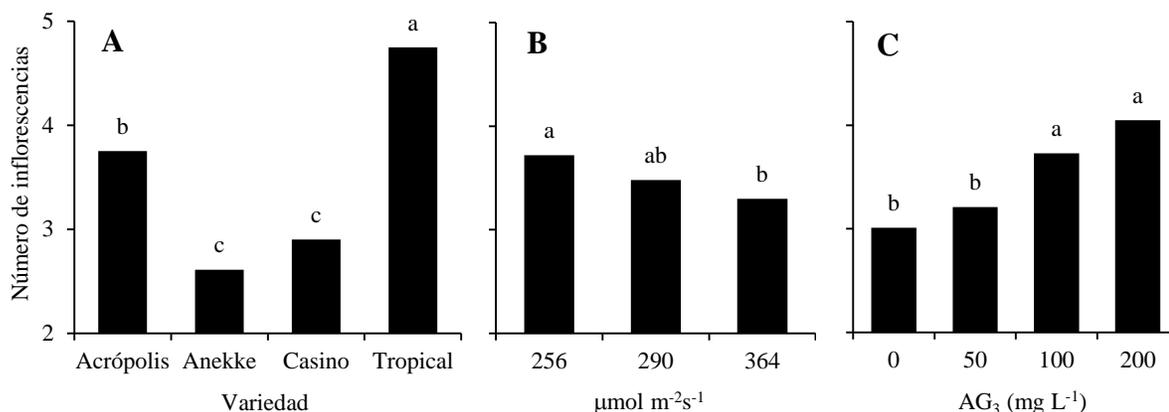


Figura 26. Efecto producido por la variedad (A), intensidad luminosa (B) y ácido giberélico ( $\text{AG}_3$ ) (C) sobre el número de inflorescencias de plantas de anturio para flor de corte. Cada valor es el promedio de 60 (A y C) y 80 (B) mediciones.

En la triple interacción se observó que la mayor cantidad de inflorescencias (5.8) se obtuvo en la combinación de la variedad Tropical<sup>®</sup> cultivada en intensidad luminosa de  $256 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  y  $200 \text{mg L}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$ . Estas mismas condiciones de intensidad luminosa y  $\text{AG}_3$  resultaron las óptimas para obtener la mayor cantidad de inflorescencias en las otras tres variedades: 5.4 en Acrópolis<sup>®</sup>, 4.6 en Casino<sup>®</sup> y 3.6 en Anneke<sup>®</sup> (Apéndice 9).

El análisis de la producción de inflorescencias en los ciclos de cultivo otoño-invierno y primavera-verano para cada variedad reveló diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ). Se apreció que todas las variedades produjeron más inflorescencias en primavera-verano que en otoño-invierno (Apéndice 10, Figura 27).

En anturio existen reportes del efecto de las estaciones del año (diferentes niveles de intensidad luminosa y temperatura) en el crecimiento y producción de inflorescencias con la intención de cambiar la época de alta producción de verano hacia otoño. El tamaño de las inflorescencias aumenta si se disminuye la intensidad diaria de luz de  $150$  a  $40 \mu\text{mol m}^{-2}$  de fotones (Dufour y Guérin, 2003b). Sin embargo, se ha observado que el exceso en el nivel de luz recibido por la planta, ocasiona fotoinhibición, además de clorosis foliar y temperaturas altas. Así, se ha calculado que para el anturio el punto de saturación es alrededor de  $500 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  de fotones, (Dufour y Guérin, 2003a y 2003b). De hecho, sin el uso de malla sombra se presentó una temperatura de  $58 \text{ }^\circ\text{C}$  que pueden inhibir la actividad de algunas enzimas, mientras que en la

malla sombra de mayor calibre ( $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) se presentó una temperatura de  $34.4$  como máxima, haciendo más favorable la actividad metabólica.

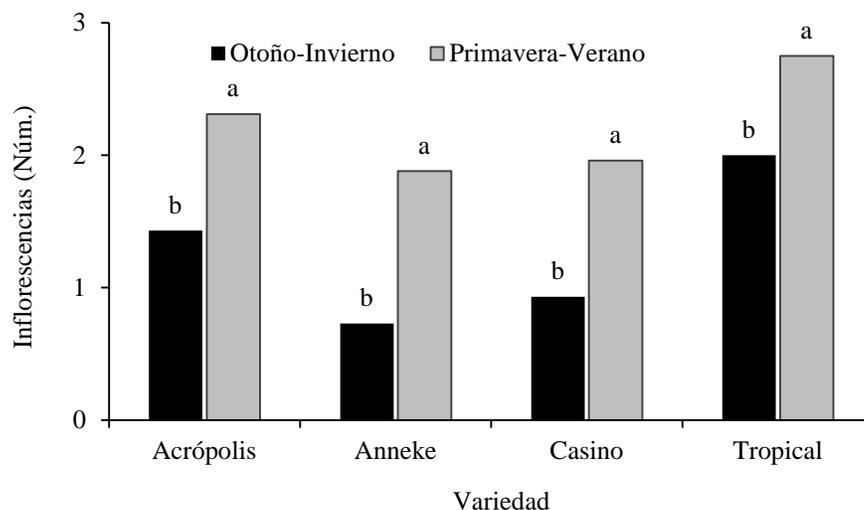


Figura 27. Numero de inflorescencias producidas en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano por cuatro variedades de anturio para flor de corte cultivadas en tres intensidades luminosas y cuatro dosis de  $\text{AG}_3$  diferentes. Cada valor es la producción promedio de 120 plantas.

#### 4.4.2 Tamaño de espata

La evaluación del tamaño de espata se hizo de manera separada para cada variedad, debido a que las dimensiones y formas de éstas son diferentes. El análisis estadístico mostró diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) al evaluar 12 tratamientos resultantes de la combinación de tres niveles de intensidad luminosa ( $256$ ,  $290$  y  $364 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y cuatro concentraciones de  $\text{AG}_3$  ( $0$ ,  $50$ ,  $100$  y  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ). En todas las variedades el largo x ancho de espata resultó afectado por el nivel de intensidad luminosa, la concentración de  $\text{AG}_3$  y la interacción (Apéndice 12).

Los mayores valores de la relación largo x ancho de espata se alcanzaron con intensidad luminosa de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y aplicaciones de  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  en las cuatro variedades (Cuadro 5).

En la interacción se observó que las espatas de mayor tamaño se produjeron con una intensidad luminosa de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Las espatas de Acrópolis<sup>®</sup> ( $11.09 \text{ cm}$ ), Anneke<sup>®</sup> ( $11.15 \text{ cm}$ ), Casino<sup>®</sup> ( $11.31 \text{ cm}$ ) y Tropical<sup>®</sup> ( $12.83 \text{ cm}$ ) lograron la mejor respuesta con aplicaciones de  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  (Figura 28 y 29).

**Cuadro 5. Respuesta obtenida en tamaño de espata ((largo + ancho)/2) de cuatro variedades de anturio de corte cultivadas en tres intensidades luminosas y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>). Cada valor es el promedio de 10 mediciones.**

Factor	Acrópolis®	Anneke®	Casino®	Tropical®
Intensidad luminosa ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )				
256	9.64 a	9.00 a	9.66 a	10.65 a
290	9.29 ab	8.84 b	7.49 c	9.16 b
364	9.14 b	8.21 c	8.62 b	8.27 c
AG <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )				
0	8.16 c	7.62 d	7.34 d	7.74 d
50	9.05 b	8.04 c	8.19 c	8.73 c
100	10.32 a	8.87 b	8.92 b	9.73 b
200	9.90 a	10.21 a	9.92 a	11.24 a

Medias con diferentes letras en una columna son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

En las variedades Acrópolis®, Anneke® y Tropical® se observó que el aumento en el tamaño de la espata es directamente proporcional al aumentar la dosis de AG<sub>3</sub> y, dentro de una misma dosis, el tamaño de la espata disminuye al aumentar el nivel de intensidad luminosa (Figura 28 y 29). En cambio, para Casino® al aumentar la dosis de AG<sub>3</sub> se incrementa el tamaño de la espata y es mayor con el menor nivel de intensidad ( $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), pero al aumentarla a 290 disminuye el tamaño de la espata, aunque con 364 aumenta el tamaño de la espata (Figura 29).

Los tamaños de espata alcanzados en Anneke® y Tropical® se ubican dentro de los estándares de calidad recomendados por Anthura B.V (Anthura, 2008). Además hay que resaltar que los datos obtenidos corresponden a espatas del primer año de producción y que son de tamaño menor, mismo que aumenta con la edad de la planta hasta estabilizarse (van Herk *et al.*, 1998).

Desde la segunda quincena del mes de noviembre hasta finales de mayo, en las comunidades cercanas al sitio del experimento, se realiza la zafra de la caña de azúcar y los restos de cenizas se convierten en un problema ya que producen pequeñas manchas negras en la espata. La variedad Acrópolis® resultó ser sensible a estos residuos, por lo que un promedio de 15 % de las inflorescencias producidas dentro de este periodo fueron descartadas para la evaluación de calidad a pesar de tener el tamaño indicado, y no así para el conteo de producción.

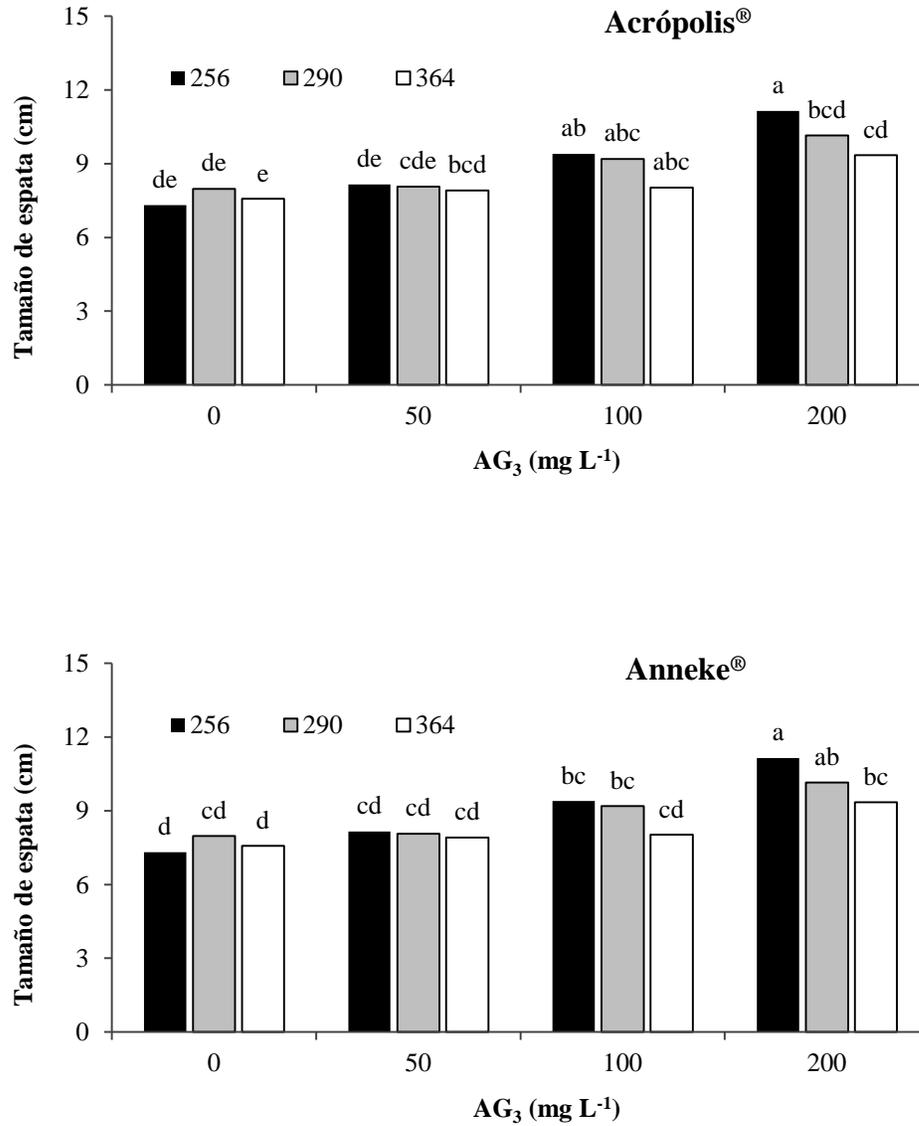


Figura 28. Efecto producido en anturio para flor de corte variedades Acrópolis® (A) y Anneke® (B) cultivadas en tres intensidades luminosas (256, 290 y 364  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y cuatro dosis de AG<sub>3</sub> (0, 50, 100 y 200  $\text{mg L}^{-1}$ ) sobre el tamaño de espata. Cada valor es el promedio de 10 mediciones.

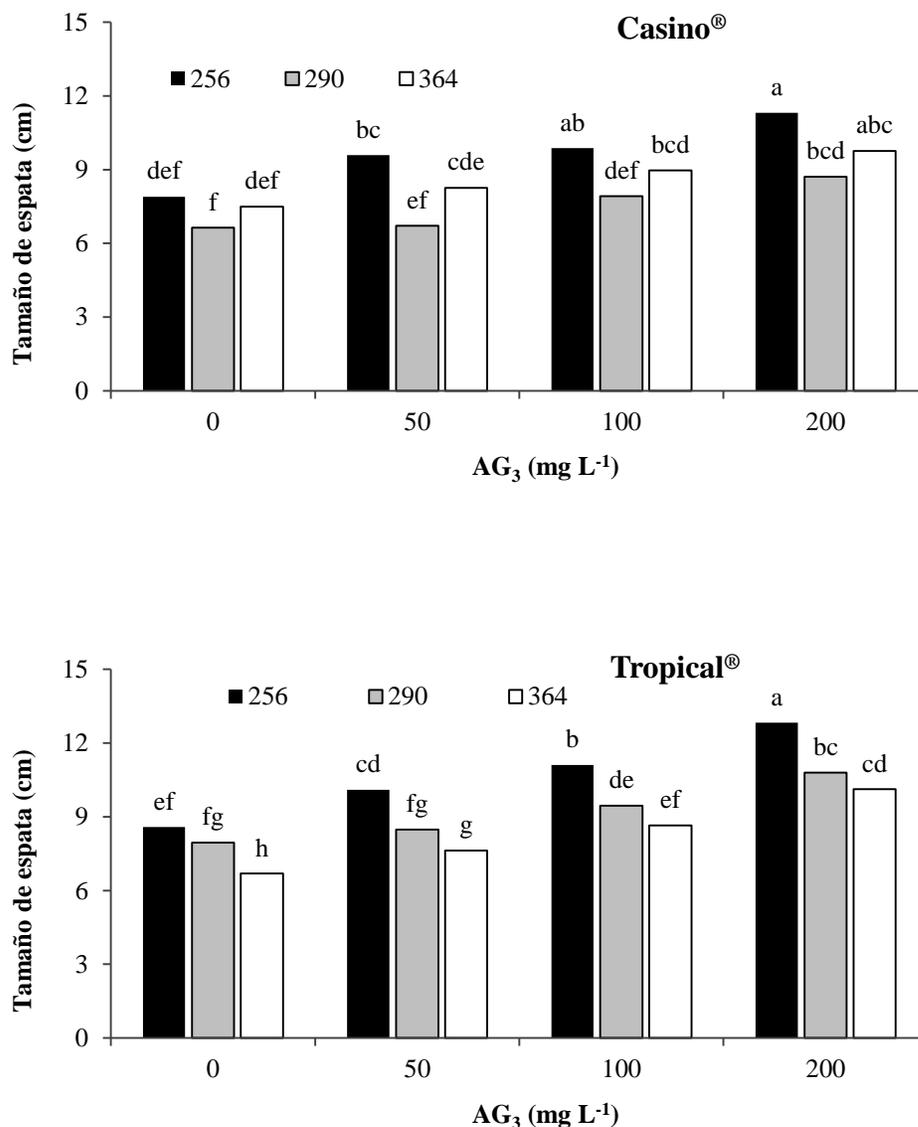


Figura 29. Efecto producido en anturio para flor de corte variedades Casino® (A) y Tropical® (B) cultivadas en tres intensidades luminosas (256, 290 y 364  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y cuatro dosis de AG<sub>3</sub> (0, 50, 100 y 200  $\text{mg L}^{-1}$ ) sobre el tamaño de espata. Cada valor es el promedio de 10 mediciones.

#### 4.4.3 Longitud de pedúnculo

Las diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) de los 48 tratamientos evaluados (Cuadro 3), indicaron que la variedad, intensidad luminosa, AG<sub>3</sub> y la interacción formada por estos tres factores tuvieron efectos sobre la longitud de pedúnculo (Apéndice 7). La variedad Casino® produjo inflorescencias de pedúnculo más largos seguida de las variedades Tropical®, Anneke® y Acrópolis®. La intensidad luminosa con la que se obtuvieron pedúnculos más largos fue la de 256

$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , mientras que el  $\text{AG}_3$  favoreció la mejor respuesta cuando se aplicó en la concentración de  $200 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 30).

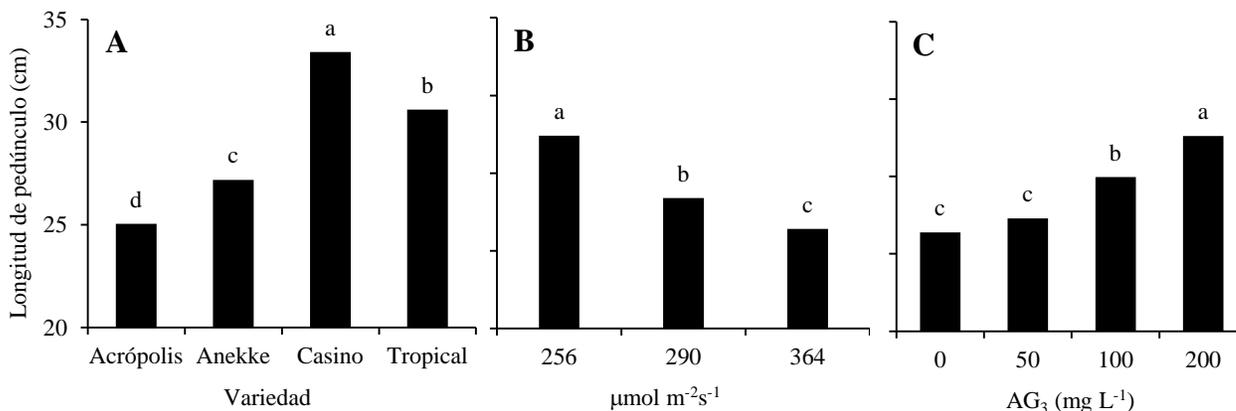


Figura 30. Efecto producido por cuatro variedades de anturio (A) para flor de corte cultivadas en tres intensidades luminosas (B) y cuatro dosis de  $\text{AG}_3$  (C) sobre la longitud del pedúnculo. Cada valor es el promedio de de 60 (A y C) y 80 (B) mediciones.

La triple interacción mostró que las inflorescencias de pedúnculos más largos ( $43.50 \text{ cm}$ ) se obtuvieron en la variedad Tropical<sup>®</sup> cultivada en una intensidad luminosa de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$ . Estas mismas condiciones de intensidad luminosa y  $\text{AG}_3$  resultaron las óptimas para las variedades Casino<sup>®</sup> ( $41.06 \text{ cm}$ ) y Anneke<sup>®</sup> ( $35.70 \text{ cm}$ ), mientras que en Acrópolis<sup>®</sup> ( $29.42 \text{ cm}$ ) se logró con  $290 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  (Apéndice 9).

El análisis de largo de pedúnculo en los ciclos de cultivo otoño-invierno y primavera-verano para cada variedad mostró diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ). Se detectó que las cuatro variedades produjeron inflorescencias de pedúnculos más largos en primavera-verano que en otoño-invierno (Apéndice 10, Figura 31).

Es importante destacar que en las variedades evaluadas las plantas se encontraban en su primer año de edad cuando se cosecharon las primeras inflorescencias y por ello exhibieron espatas de  $6.5$  hasta  $15 \text{ cm}$  de tamaño y pedúnculos con longitud superior de  $25 \text{ cm}$ . Con estas dimensiones las inflorescencias se ubicaron en las categorías de chica, mediana y grande. De acuerdo con Anthura<sup>®</sup> B.V. estas variedades de anturio para flor de corte a los  $16$  meses de edad producen a una capacidad de  $60 \%$  y las inflorescencias son chicas, mientras que las de  $20$  meses de edad ya

producen al 100 % inflorescencias con diámetros de 12 a 16 cm sin considerar la longitud del pedúnculo (Anthura, B.V. 2008).

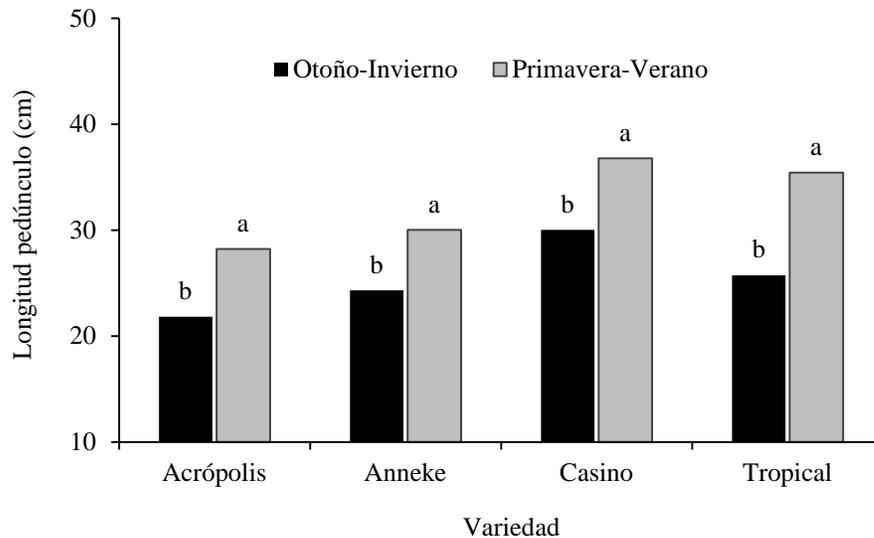


Figura 31. Longitud de pedúnculo de inflorescencias producidas en los ciclos otoño-invierno y primavera-verano en cuatro variedades de anturio para flor de corte cultivadas en intensidades luminosas y dosis de AG<sub>3</sub> diferentes. Cada valor es el promedio de 60 mediciones.

Los resultados obtenidos en la presente investigación permitieron establecer que existe una respuesta directamente proporcional entre el crecimiento del pedúnculo y el crecimiento de la espata. Sin embargo, Dufour y Guérin (2003a), en trabajos hechos con anturio variedad Cancan<sup>®</sup> en las Antillas-Guyana, observaron que la disminución en la producción de inflorescencias en los meses de febrero, abril y noviembre no está relacionada con la RFA o la temperatura debido a que los experimentos se desarrollaron en condiciones netamente tropicales. No obstante, es importante resaltar que las fluctuaciones en la RFA, aunque sean mínimas, pueden resultar decisivas para el rendimiento del cultivo de anturio, ya que estas alteraciones pueden coincidir con la iniciación y emergencia floral (Daí y Paull, 1990). Esta respuesta del cultivo de anturio demuestra que el desarrollo final de la planta es el resultado de la interacción genotipo-ambiente.

#### 4.5 Color de espata

El efecto producido por los niveles de intensidad luminosa (256, 290 y 364  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y las concentraciones de AG<sub>3</sub> (0, 50, 100 y 200  $\text{mg L}^{-1}$ ) sobre los componentes del color (L, Hue° y Chroma) se analizó para cada variedad en cuatro zonas de la espata.

### 4.5.1 Acrópolis®

Las diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) indicaron que en esta variedad la intensidad luminosa y el  $AG_3$  tuvieron efectos sobre los tres componentes del color, mientras que la zona de la espata sólo afectó L. La triple interacción resultó significativa para los tres componentes (Apéndice 13). Con una intensidad luminosa de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  se alcanzaron los mejores valores en L, Hue° y Chroma. La concentración de  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de  $AG_3$  favoreció la mejor respuesta en Hue° y Chroma mientras que para L fue suficiente con  $100 \text{ mg L}^{-1}$  (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Respuesta obtenida en los componentes del color en espatas de anturio de corte variedad Acrópolis® cultivadas en tres intensidades luminosas y cuatro concentraciones de ácido giberélico ( $AG_3$ ). Cada valor es el promedio de 120 mediciones.**

Factor	L	Hue°	Chroma
Nivel de sombra ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )			
256	84.92 a	-1.35 a	11.56 a
290	83.42 b	-1.35 a	10.87 b
364	83.53 b	-1.39 b	10.56 b
$AG_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )			
0	83.25 b	-1.37 b	10.91 b
50	84.05 ab	-1.36 ab	10.46 c
100	84.50 a	-1.36 a	11.06 b
200	84.02 ab	-1.36 a	11.55 a
Zona en la espata			
A	80.20 c	-1.37 a	11.09 a
B	82.99 b	-1.37 a	10.93 a
C	86.16 a	-1.36 a	10.92 a
D	86.45 a	-1.36 a	11.04 a

Medias con diferentes letras en una columna son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

En la triple interacción se determinó que  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de  $AG_3$  en la zona C y D correspondiente a los lóbulos, fue la mejor combinación para los componentes L y Chroma, mientras que para Hue° fue  $290 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y  $50 \text{ mg L}^{-1}$  de  $AG_3$  en la misma zona de los lóbulos (Apéndice 14).

La luminosidad fue la única variable que resultó afectada por los niveles de intensidad luminosa y las concentraciones de  $AG_3$  en las cuatro zonas analizadas, mientras que la intensidad del color (C) y el ángulo Hue° se mantuvieron uniformes (Cuadro 6). En el caso particular de Acrópolis® le favorecen las condiciones de menor intensidad luminosa ( $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y aplicaciones

foliares de 200 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> para que el color blanco de las espatas sea intenso y que no tiendan a ser amarillentas u opacas. Respecto a las zonas de la espata, la luminosidad es el componente mayormente afectado por los niveles de intensidad luminosa y las concentraciones de AG<sub>3</sub>, siendo la zona de los lóbulos la más sensible.

#### 4.5.2 Anneke®

Para Anneke® las diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) indicaron que la intensidad luminosa y el AG<sub>3</sub> tuvieron efectos sobre los tres componentes del color para las cuatro zonas de la espata, así como la triple interacción (Apéndice 15). Con una intensidad luminosa de 256  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  se alcanzaron los valores más altos en L y Hue°, mientras que para Chroma se logró con 364  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . La concentración de 0 y 50 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> favoreció la mejor respuesta en luminosidad y Hue°, mientras que para Chroma fue necesaria la mayor concentración de AG<sub>3</sub> para obtener la máxima intensidad de color. Para la luminosidad y ángulo Hue° las zonas A y B, que corresponden a la parte media de la espata, no mostraron diferencias mientras que las zonas de los lóbulos presentaron los mayores valores para ambos componentes. En Chroma, las cuatro zonas de la espata presentaron diferencias significativas en la intensidad del color (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Respuesta obtenida en los componentes del color en espatas de anturio de corte variedad Anneke® cultivadas en tres intensidades luminosas y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>). Cada valor es el promedio de 120 mediciones.**

Factor	L	Hue°	Chroma
Nivel de sombra ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )			
256	64.71 a	0.51 a	39.70 c
290	58.53 b	0.42 b	44.73 b
364	56.09 c	0.39 c	46.40 a
GA <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )			
0	63.28 a	0.49 a	40.99 c
50	63.57 a	0.49 a	39.08 d
100	57.56 b	0.40 b	45.88 b
200	54.70 c	0.38 c	48.50 a
Zona en la espata			
A	58.46 c	0.44 b	44.24 b
B	57.53 c	0.42 b	46.49 a
C	62.71 a	0.47 a	40.94 c
D	60.41 b	0.44 b	42.77 b

Medias con diferentes letras en una columna son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

En la triple interacción, la mejor combinación fue  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y sin  $\text{AG}_3$  para L y Hue°, mientras que para Chroma fue  $290 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  con  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  (Apéndice 16).

Con una mayor intensidad luminosa, Anneke® presentó espatas con poca intensidad de color, observándose un color rosa pálido desigual hasta descoloridas, especialmente en la zona de los lóbulos. A esta variedad le favoreció la aplicación de  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  para un mayor tinte e intensidad de color de la espata, especialmente en la parte media.

#### 4.5.3 Casino®

Las diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) indicaron que en esta variedad la intensidad luminosa y el  $\text{AG}_3$  tuvieron efectos sobre los tres componentes del color, mientras que la zona de la espata sólo afectó L. La triple interacción resultó significativa para los tres componentes (Apéndice 17). Con una intensidad luminosa de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  se alcanzaron los mejores valores en Hue° y Chroma mientras que la luminosidad fue significativa con una intensidad luminosa de  $364 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . La concentración de  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  favoreció la mejor respuesta en Hue° y Chroma mientras que para L fue suficiente con  $50 \text{ mg L}^{-1}$  (Cuadro 8).

**Cuadro 8. Respuesta obtenida en los componentes del color en espatas de anturio de corte variedad Casino® cultivadas en tres intensidades luminosas y cuatro concentraciones de ácido giberélico ( $\text{AG}_3$ ). Cada valor es el promedio de 120 mediciones.**

Factor	L	Hue°	Chroma
Nivel de sombra ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )			
256	50.76 c	0.64 a	64.62 a
290	52.47 b	0.60 c	61.51 c
364	53.73 a	0.63 b	62.62 b
$\text{AG}_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )			
0	52.09 ab	0.60 c	61.09 c
50	53.19 a	0.61 c	62.11 bc
100	52.42 ab	0.63 b	63.10 b
200	51.58 b	0.65 a	65.38 a
Zona en la espata			
A	51.23 b	0.63 a	63.24 a
B	51.27 b	0.62 a	62.07 a
C	53.67 a	0.62 a	62.97 a
D	53.10 a	0.62 a	63.40 a

Medias con diferentes letras en una columna son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

Para la triple interacción, se determinó que la combinación de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y  $290 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  con  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  favoreció la mejor respuesta para Hue° y Chroma, respectivamente; mientras que para L, los valores más altos se obtuvieron con  $364 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  (Apéndice 18).

En Casino® la mayor intensidad luminosa produjo inflorescencias descoloridas especialmente en los lóbulos, pero la aplicación de  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  favoreció la obtención de espatas con mayor saturación de color, es decir, de color naranja intenso.

#### 4.5.4 Tropical®

Las diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) indicaron que en esta variedad la intensidad luminosa, el  $\text{AG}_3$  y la zona de la espata tuvieron efectos sobre los tres componentes del color, excepto la intensidad luminosa para el ángulo Hue°. La triple interacción resultó significativa para los tres componentes (Apéndice 19).

Con una intensidad luminosa de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  se obtuvieron los mejores valores de L, mientras que para Chroma fue igual en 256 y 364 y para Hue°, se obtuvieron valores similares en las tres intensidades. La aplicación de  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  favoreció a Chroma, mientras que L y Hue° no requirieron de la aplicación de este regulador de crecimiento. En los tres componentes del color se presentaron los valores más altos en la zona de los lóbulos (Cuadro 9).

En la triple interacción para L y Chroma las condiciones ideales fueron  $290 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de intensidad luminosa con 50 y  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$ , respectivamente; mientras que para Hue° fue en  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  con  $50 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  (Apéndice 20).

La variedad Tropical® demostró ser la menos sensible al nivel de intensidad luminosa en cuanto al color de la espata, aunque el componente de luminosidad es importante ya que entre mayor sea este valor, más se acercará al color blanco. Con intensidades de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  la luminosidad es menor y la saturación del color rojo es significativamente mayor (Cuadro 9). En cambio, con una intensidad luminosa de  $364 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  se obtuvieron espatas con menor intensidad y tinte, acercándose a la tonalidad blanca pero con el  $\text{AG}_3$  estos componentes tienden a aumentar

significativamente. Consecuentemente, la zona de los lóbulos es la más sensible a la degradación de los pigmentos.

**Cuadro 9. Respuesta obtenida en los componentes del color en espatas de anturio de corte variedad Tropical<sup>®</sup> cultivadas en tres intensidades luminosas y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>). Cada valor es el promedio de 120 mediciones.**

Factor	L	Hue°	Chroma
Nivel de sombra ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )			
256	39.45 c	0.46 a	52.80 a
290	42.06 a	0.47 a	50.91 b
364	41.01 b	0.47 a	52.64 a
AG <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )			
0	39.09 d	0.47 a	52.51 b
50	41.59 b	0.46 b	49.34 d
100	42.55 a	0.47 ab	55.21 a
200	40.12 c	0.46 ab	51.40 c
Zona en la espata			
A	40.43 b	0.46 b	50.70 c
B	40.18 b	0.47 ab	51.80 b
C	41.46 a	0.47 ab	52.82 ab
D	41.28 a	0.47 a	53.14 a

Medias con diferentes letras en una columna son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

Los pigmentos principales encontrados en la espata de anturio son las antocianinas, en especial los derivados de la pelargonidina y la cyanidina. La concentración de antocianinas aumenta conforme se desarrolla la espata (Collette *et al.*, 2004). La evaluación del color en espatas de anturio se hizo cuando éstas se encontraban totalmente expandidas y con tres cuartas partes de las flores verdaderas abiertas. Esta etapa de desarrollo se considera como el punto de corte porque es cuando se alcanza el máximo aprovechamiento de vida en florero y coincide con el punto de máxima acumulación de pigmentos (Collette *et al.*, 2004).

Se ha determinado que la ruta biosintética de antocianinas en flores es regulada en respuesta a un conjunto de señales ambientales, espacial y de desarrollo/temporada. La regulación más evidente de producción de antocianinas es durante la apertura floral y, para el caso de anturio, si el corte de las inflorescencias se hace después del punto ideal, la vida en florero disminuirá, a pesar que se ha reportado que la expresión total de antocianinas requiere una prolongada exposición a altas intensidades luminosas (Uddin *et al.*, 2001).

Sin la adición de AG<sub>3</sub> el color de las espatas se convierte gradualmente en tonos blancos con el aumento de la intensidad luminosa. En ornamentales como petunia (Weiss, 2000) se ha determinado que la aplicación de AG<sub>1</sub>, AG<sub>3</sub> y AG<sub>4</sub> promueve la transcripción de genes de varias enzimas biosintéticas de antocianinas una vez que han sido removidas las anteras.

Los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran que la alta intensidad luminosa ( $364 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) reduce la pigmentación de las espatas de todas las variedades de anturio evaluadas. Así, el nivel más bajo de intensidad luminosa ( $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) se postula como la cantidad óptima para estimular la síntesis de antocianinas y con ello se confirma que el anturio es un cultivo que necesita niveles bajos de luminosidad y el AG<sub>3</sub> permite una mayor acumulación de este pigmento.

El aumento en la intensidad de color de las espatas de anturio en base al nivel de intensidad luminosa y aplicación de AG<sub>3</sub> es información básica y muy importante que los productores de anturio deben conocer y aplicar para el manejo adecuado de su cultivo, especialmente en las variedades Anneke<sup>®</sup> y Casino<sup>®</sup> donde sus fenotipos son modificados por el nivel de intensidad luminosa.

#### 4.6 Vida en florero

El análisis de varianza de los 48 tratamientos evaluados (Cuadro 3) reveló diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ). La vida en florero fue afectada por la variedad, intensidad luminosa, AG<sub>3</sub> y la triple interacción (Apéndice 21). Las inflorescencias que exhibieron mayor duración en florero (21.18 días) fueron las de la variedad Anneke<sup>®</sup> seguida de Casino<sup>®</sup>, Tropical<sup>®</sup> y Acrópolis<sup>®</sup> (Figura 32A). La intensidad luminosa que más favoreció la obtención de inflorescencias de mayor vida en florero fue la de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Figura 32B), mientras que  $200 \text{ mg L}^{-1}$  fue la concentración de AG<sub>3</sub> que más contribuyó a esta respuesta (Figura 32C).

En la triple interacción se reveló que las inflorescencias que mostraron mayor vida en florero (25.6 días) se obtuvieron en la variedad Anneke<sup>®</sup> cultivada en una intensidad luminosa de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y sin AG<sub>3</sub>. En las demás variedades las inflorescencias que duraron más en florero también procedían de esta misma intensidad luminosa. En cambio, la concentración de AG<sub>3</sub> donde se obtuvieron inflorescencias de mayor duración fue de  $100 \text{ mg L}^{-1}$  para Acrópolis<sup>®</sup> (21.60

días) y  $200 \text{ mg L}^{-1}$  para Casino<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup> (25.00 y 21.40 días, respectivamente) (Apéndice 22).

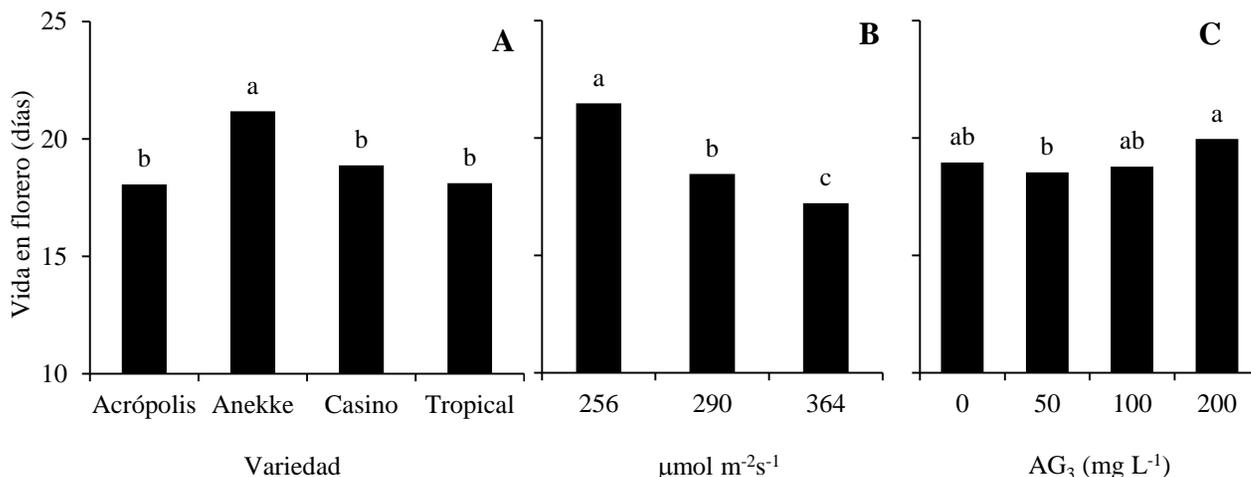


Figura 32. Efecto producido por la variedad (A), intensidad luminosa (B) y ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) (C) sobre la vida en florero de inflorescencias de anturio para flor de corte. Cada valor es el promedio de de 60 (A y C) y 80 (B) mediciones.

La vida en florero garantizada por el proveedor Anhura B.V., es de 23 días para Acrópolis<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup>, 27 días para Casino<sup>®</sup> y 33 días para Anneke<sup>®</sup>. Con la interacción de los tratamientos de intensidad luminosa y AG<sub>3</sub>, se obtuvo la mayor vida en florero, sin embargo, no alcanzaron los estándares establecidos por el proveedor.

Considerando la producción de inflorescencias del primer año de las cuatro variedades de anturio evaluadas con las condiciones de intensidad luminosa y AG<sub>3</sub>, se puede destacar que Tropical<sup>®</sup> responde mejor a las condiciones establecidas, seguida de Casino<sup>®</sup>. Por el contrario, Acrópolis<sup>®</sup> presentó los valores más bajos de calidad tanto entre las variedades evaluadas como por los establecidos por el proveedor, además que por el color de espata (blanco), resulta ser muy sensible a manchas para su producción en malla sombra únicamente.

La senescencia de la flor de corte se caracteriza por muchos procesos metabólicos de los cuales los más estudiados son los relacionados con el metabolismo de carbohidratos, relaciones hídricas, propiedades de las membranas celulares y producción y sensibilidad a etileno (Halevy y Mayak, 1979 y 1981). Este proceso de senescencia en muchas flores monocotiledóneas principalmente es

independiente del etileno, y la inflorescencia de anturio es una monocotiledónea perenne que se considera dentro de las insensibles a esta fitohormona (Paull y Goo, 1985) y por ende se convierte en una ventaja, ya que no se considera un factor determinante que afecte la vida en florero.

Una de las aplicaciones de las giberelinas ha sido su uso para retrasar la senescencia de muchas ornamentales de corte y algunas plantas de follaje (Mutui *et al.*, 2006; Skutnik *et al.*, 2001). Sin embargo, la respuesta a la aplicación exógena de giberelinas y otros reguladores de crecimiento estará en función de la especie y la concentración empleada (Skutnik *et al.*, 2001). Esta respuesta se pudo apreciar con las cuatro variedades estudiadas en esta investigación, donde Acrópolis<sup>®</sup> mostró ser más sensible a la aplicación de AG<sub>3</sub>, mientras que Casino<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup> necesitaron de mayor aplicación para extender significativamente su vida en florero, en tanto que en Anneke<sup>®</sup> este regulador de crecimiento resultó contraproducente. Estas diferencias en los resultados entre variedades demuestran que la respuesta final de las plantas a los reguladores de crecimiento se extiende más allá de la especie. También se han tratado de elaborar modelos de predicción de vida en florero de diferentes ornamentales, sin embargo, el tipo de planta (follaje, inflorescencia, flor, entre otros), calidad comercial de la plantación (edad, tamaño), época del año, origen de procedencia, las condiciones pre y postcosecha (nutrición, temperatura, humedad), así como el factor variedad, son varios de los inconvenientes que dificultan la utilización de estos modelos como patrones de pérdida de calidad en los mercados (Hansen *et al.*, 1991).

Asimismo, se debe tener presente que el efecto de la aplicación exógena de giberelinas depende del tipo usada (AG<sub>3</sub>, AG<sub>4</sub>, AG<sub>7</sub>, etc.), la concentración (desde 5 hasta 500 mg L<sup>-1</sup>), forma de aplicación (aspersión, solución pulso, inyectada, inmersión), combinación con otras hormonas (BA, TDZ) incluso del período de aplicación (presencia de flores, edad de la flor) y cosecha, así como los cambios de los niveles endógenos de giberelinas, citocininas y otras hormonas que participan en el crecimiento y en especial en la maduración de la inflorescencia (Kanlayanarat *et al.*, 2007; Kim y Miller, 2008; Mutui *et al.*, 2006; Paull y Chantrachit, 2001; Pinto *et al.*, 2007).

Al mismo tiempo de conocer la cantidad de días que perdura una flor en el florero es importante saber su comportamiento fisiológico durante su almacenamiento y entre las variables evaluadas están las características visibles de la flor, pérdida de peso, consumo de agua y producción de

etileno. La senescencia de las inflorescencias de anturio está acompañada por cambios visibles que incluyen la pérdida de brillo de la espata, necrosis del espádice, azulamiento de la espata, colapso del pedúnculo y la abscisión de la espata o espádice (Paull, 1982; Kanlayanarat *et al.*, 2007).

En Acrópolis<sup>®</sup> se observó una rápida pérdida de peso en inflorescencias cultivadas en los tres niveles de intensidad luminosa, sin embargo, la curva de pérdida de peso es de mayor inclinación en  $364 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y sin AG<sub>3</sub>. La aplicación de 100 y 200 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> es favorable para mantener inflorescencias con mayor contenido de agua por más tiempo durante su almacenamiento (Figura 33). Además, con intensidad luminosa de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y 100 y 200 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> la pérdida de brillo de la espata se retrasa hasta los 10 y 12.6 días, respectivamente, mientras que con  $364 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  esta pérdida de brillo y necrosis del espádice empezaba a los 4 días.

En esta variedad, por ser de color blanco, no se presentaba la degradación de antocianinas por lo que no se observó cambio de color de la espata a intensidades azules y moradas. Sólo se llegó a observar ennegrecimiento y abscisión de espádice cuando se acercaba al fin de vida en florero.

En la variedad Anneke<sup>®</sup> se observó que la aplicación de 100 y 200 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> ayudó a que la pérdida de agua fuera lenta con intensidades luminosas de 290 y  $364 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . En cambio, la ausencia de AG<sub>3</sub> y la intensidad de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  promovieron que la reducción del peso fresco de las inflorescencias fuera lento, por lo que la curva permaneció más estable (Figura 34). Sin embargo, bajo estas condiciones las espatas perdían brillo a los 8 días, mientras que con AG<sub>3</sub> esta característica se observó después de los 15 días así como el ennegrecimiento del espádice.

El azulamiento de la espata se presentó de forma tardía y gradual, apareciendo después de los 14 días, incluso fue la variable que se presentó casi al final de la vida de la inflorescencia y que marcó el fin.

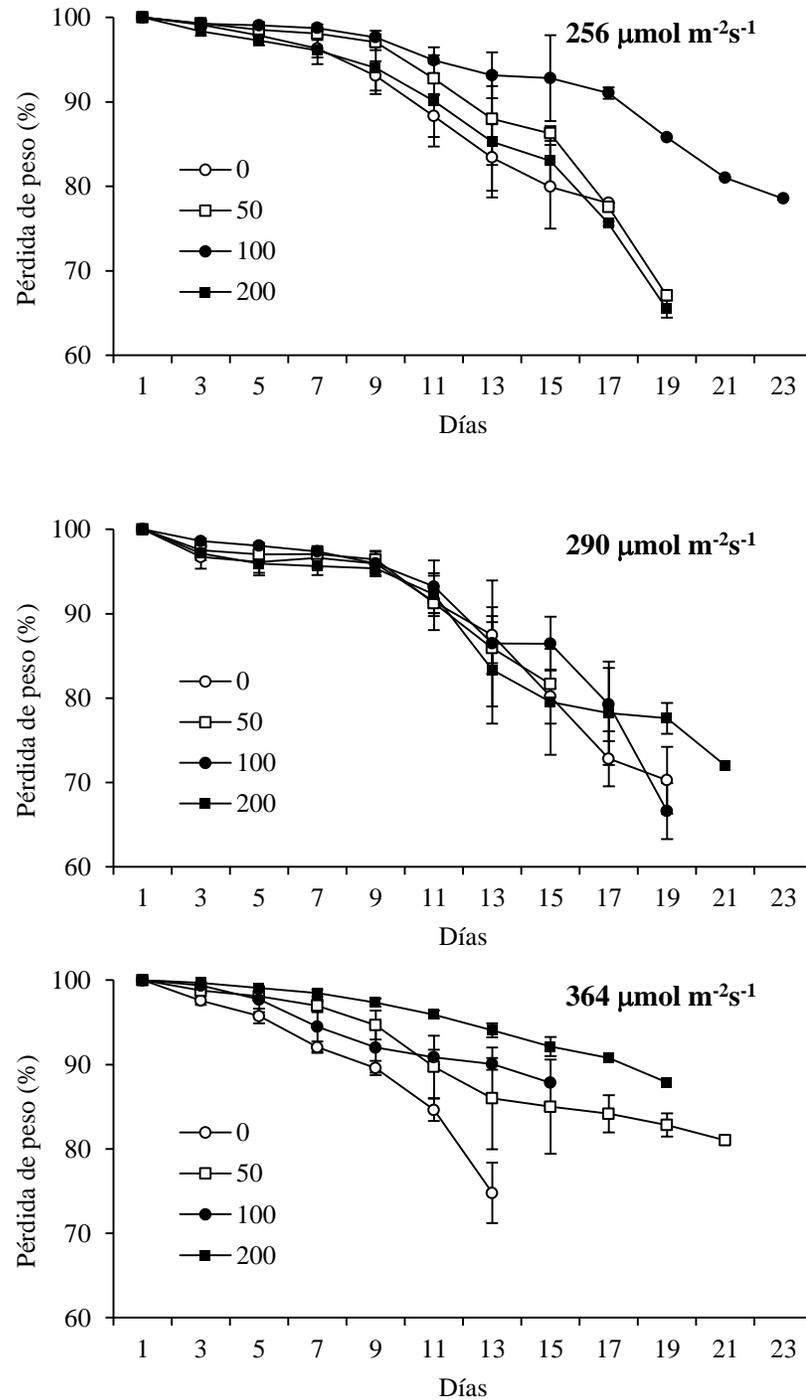


Figura 33. Pérdida de peso de inflorescencias de anturio para flor de corte variedad Acrópolis® en tres intensidades de luz (256, 290 y 364  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) y cuatro dosis de AG<sub>3</sub> (0, 50, 100 y 200 mg L<sup>-1</sup>) mantenidas en agua destilada. Barras verticales indican error estándar de 5 repeticiones.

Para Casino<sup>®</sup>, con intensidades de 290 y 364  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y con 0 y 50  $\text{mg L}^{-1}$  de AG<sub>3</sub> respectivamente, la pérdida de peso fresco es en menor grado (Figura 35). Sin embargo, las espatas se observaban sin brillo y el espádice empezaba a ennegrecerse a partir de los 8.5 y 10.3 días, respectivamente; mientras que con 256  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y 200  $\text{mg L}^{-1}$  de AG<sub>3</sub> la marchitez de las espatas empezaba después de los 14 días. Además, las espatas perdieron en promedio el 25 % de su peso original, mientras que las espatas producidas a mayores intensidades este porcentaje fue de 35 % hasta el fin de su vida útil (Figura 35).

Después de que la brillantez de las espatas empezaba en el grado 3, el azulamiento alcanzaba su mayor grado (4) en los siguientes 3 días y enseguida se presentaba el fin de vida en florero de la inflorescencia.

En el caso de Tropical<sup>®</sup> la pérdida de peso fue de 20 % en promedio sin la aplicación de AG<sub>3</sub> con intensidades de 290 y 364  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , mientras que con aplicación de AG<sub>3</sub> llega hasta un 30 % de pérdida. Con 256  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y con 200  $\text{mg L}^{-1}$  de AG<sub>3</sub> el peso se reduce gradualmente diariamente y al final de la vida útil alcanzó una pérdida de menos de 20 % del peso total (Figura 36) y en estas condiciones la pérdida de brillo de la espata se observó después de 13.8 días y en el resto de las aplicaciones de AG<sub>3</sub> fue después de los 10 días. De igual forma que en Casino<sup>®</sup>, por la pigmentación rojo intenso de la espata, el azulamiento empezaba inmediatamente después de que la pérdida de brillo llegaba a su grado 3 y en menos de 5 días el fin de la vida útil de la inflorescencia.

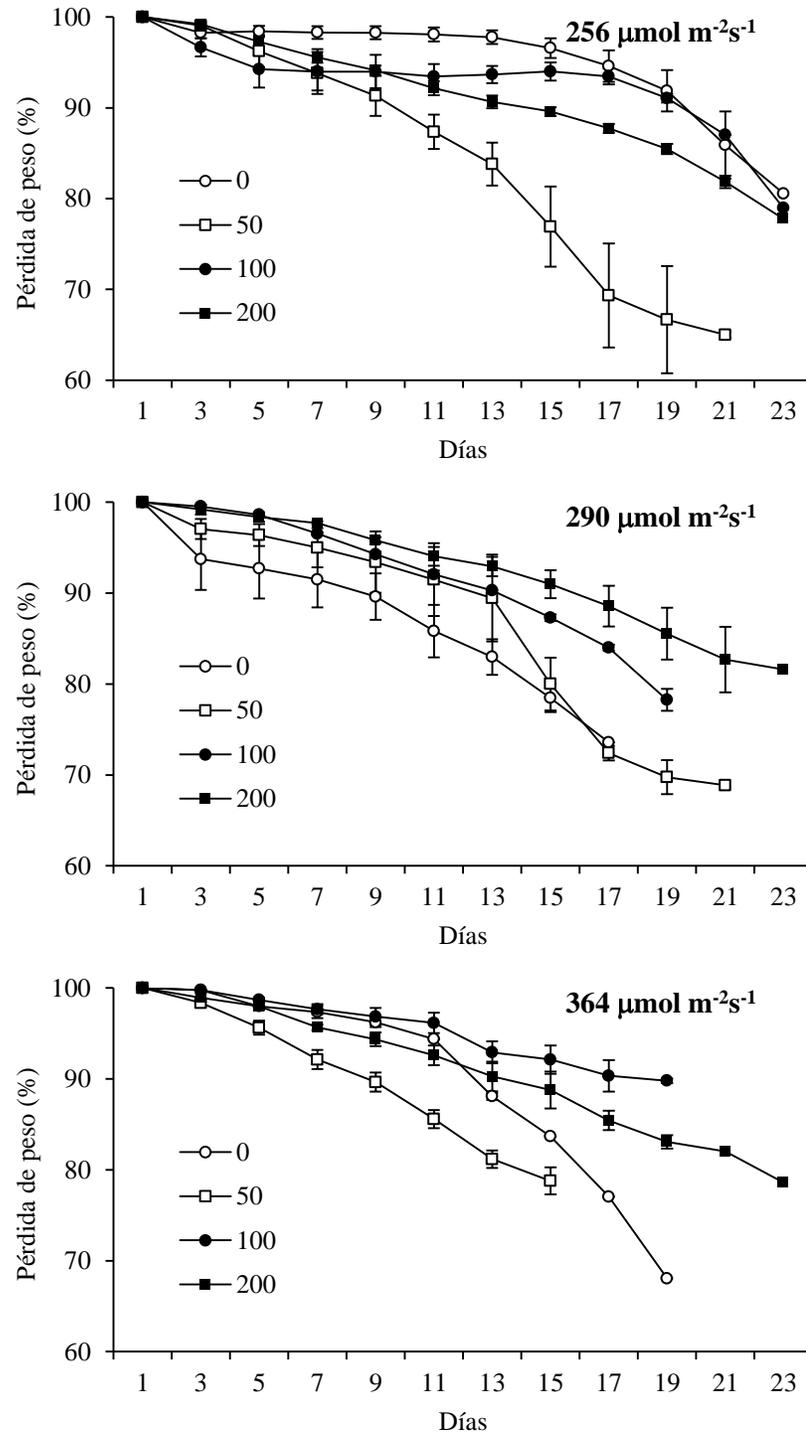


Figura 34. Pérdida de peso de inflorescencias de anturio variedad Anneke<sup>®</sup> en tres intensidades de luz (256, 290 y 364  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) y cuatro dosis de  $\text{AG}_3$  (0, 50, 100 y 200  $\text{mg L}^{-1}$ ) mantenidas en agua destilada. Barras verticales indican error estándar de 5 repeticiones.

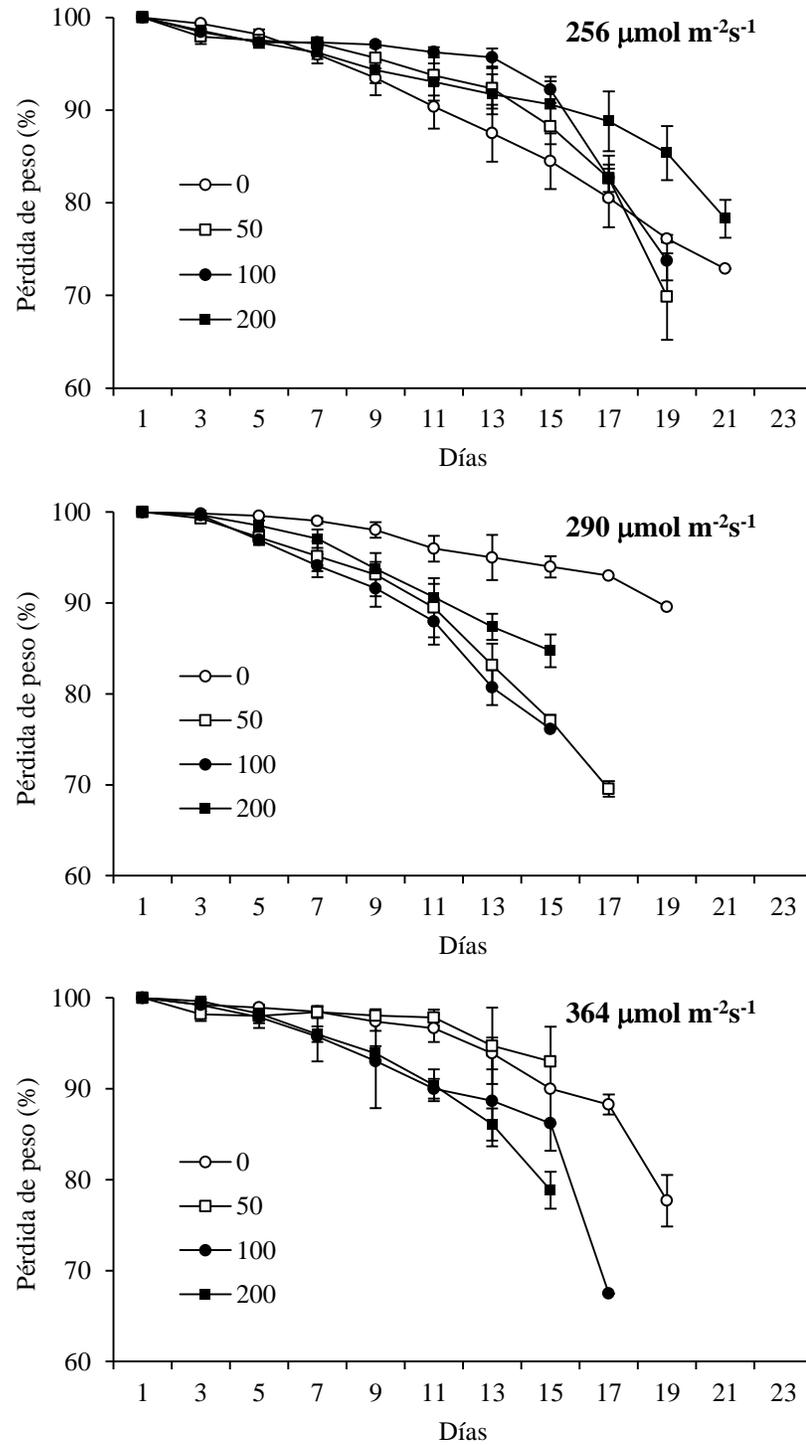


Figura 35. Pérdida de peso de inflorescencias de anturio variedad Casino<sup>®</sup> en tres intensidades de luz (256, 290 y 364  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) y cuatro dosis de AG<sub>3</sub> (0, 50, 100 y 200 mg L<sup>-1</sup>) mantenidas en agua destilada. Barras verticales indican error estándar de 5 repeticiones.

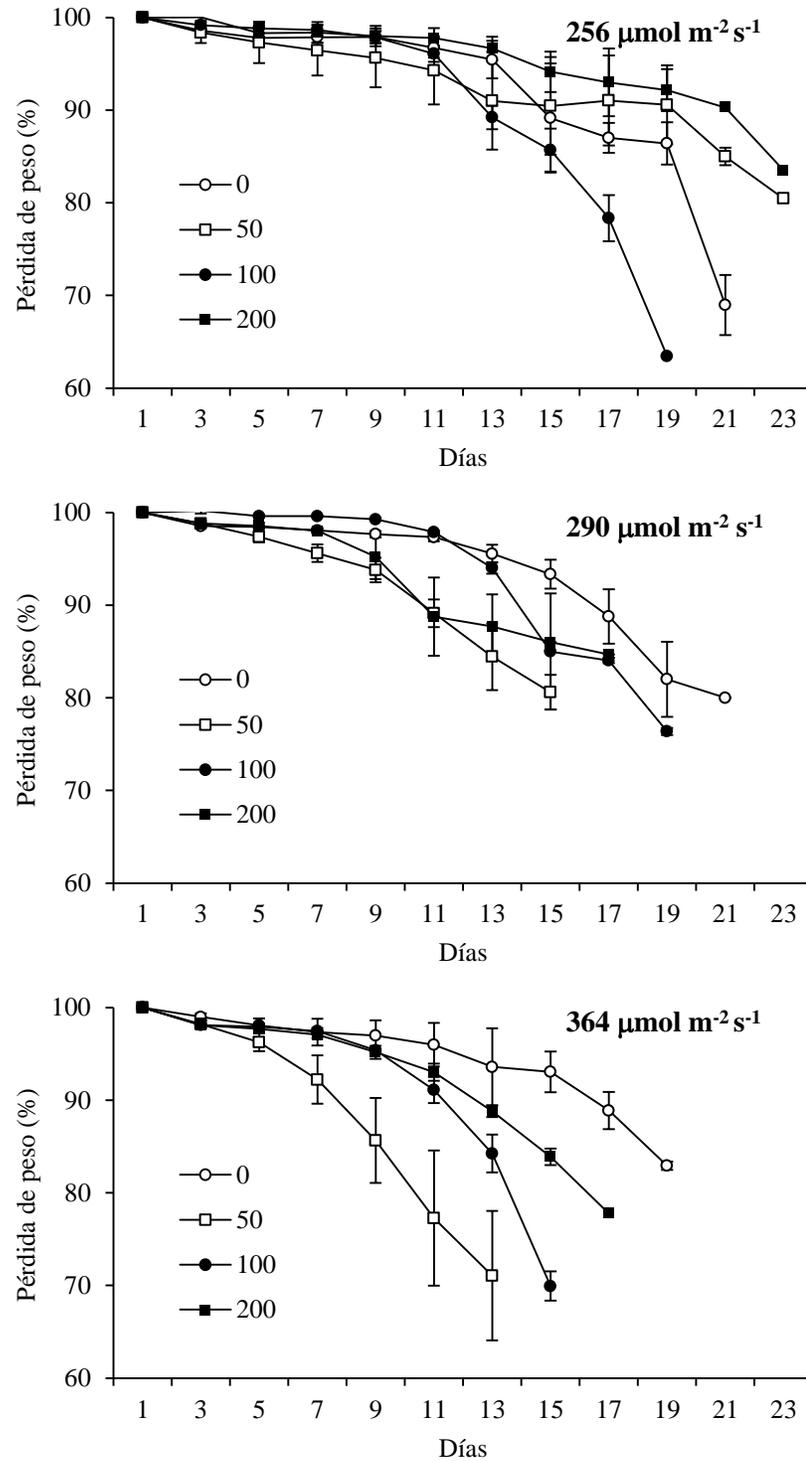


Figura 36. Pérdida de peso de inflorescencias de anturio variedad Tropical<sup>®</sup> en tres intensidades de luz (256, 290 y 364  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y cuatro dosis de AG<sub>3</sub> (0, 50, 100 y 200 mg L<sup>-1</sup>) mantenidas en agua destilada. Barras verticales indican error estándar de 5 repeticiones.

## 4.7 Clorofila y antocianinas

### 4.7.1 Clorofila total

El análisis estadístico del contenido total de clorofila evaluado en 48 tratamientos (Cuadro 3) reveló diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ). La concentración de clorofila total resultó afectada por la variedad, intensidad luminosa y la triple interacción. La respuesta producida por el AG<sub>3</sub> no fue significativa (Apéndice 21). La concentración de clorofila fue mayor en hojas de las variedades Tropical<sup>®</sup>, Acrópolis<sup>®</sup> y Anneke<sup>®</sup> (Figura 37A), mientras que el nivel de intensidad luminosa que más favoreció el contenido de clorofila fue el de 256  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Figura 37B).

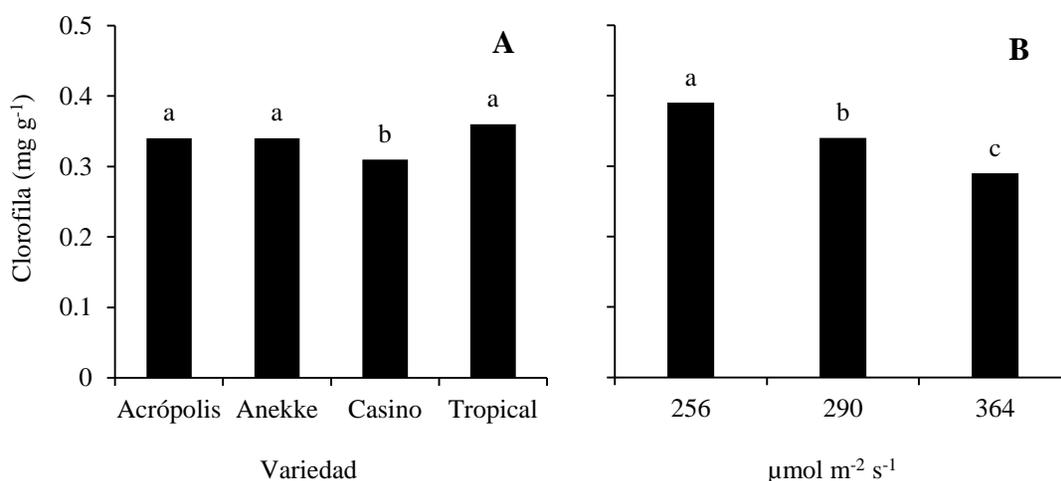


Figura 37. Efecto producido por la variedad e intensidad luminosa sobre la concentración total de clorofila total en hojas de anturio para flor de corte. (A) Concentración de clorofila ( $\text{mg g}^{-1}$ ) por variedad. (B) Concentración de clorofila ( $\text{mg g}^{-1}$ ) por nivel de intensidad luminosa. Cada valor es el promedio de 96 (A) y 128 (B) mediciones.

En la triple interacción se demostró que la mayor concentración de clorofila se obtuvo en hojas de la variedad Tropical<sup>®</sup> ( $0.46 \text{ mg g}^{-1}$  de materia seca) cultivadas en una intensidad luminosa de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de AG<sub>3</sub>. Estas mismas condiciones permitieron obtener la mayor concentración de clorofila en la variedad Casino<sup>®</sup> ( $0.40 \text{ mg g}^{-1}$ ), Anneke<sup>®</sup> ( $0.45 \text{ mg g}^{-1}$ ) y Acrópolis<sup>®</sup> ( $0.43 \text{ mg g}^{-1}$ ) expresaron su mejor respuesta cultivadas en una intensidad luminosa de  $256$  y  $290 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente, en ausencia de AG<sub>3</sub> (Apéndice 22).

La concentración total de clorofila a y b mostró una diferencia significativa en presencia de diferentes intensidades luminosas (Figura 37 B). La acumulación de clorofila total fue mayor en hojas cultivadas en una intensidad luminosa de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Las variadas concentraciones de clorofila en diferentes intensidades luminosas corroboran el efecto producido por una excesiva intensidad de luz, cuyo rasgo principal es la destrucción de pigmentos fotosintéticos en la hoja (Goltsev *et al.*, 2003; Jason *et al.*, 2004).

En condiciones tropicales, la intensidad luminosa generalmente es alta (superior a  $270 \mu\text{mol m}^{-2} \text{día}^{-1}$ ) para el desarrollo del anturio (Dufour, 2001) y de manera natural crece bajo sombra de árboles y plantaciones bananeras. Casi todas las investigaciones se enfocan al daño producido por el exceso de luz en el crecimiento y número de inflorescencias producidas en plantas de anturio, incluso en los daños visibles como la clorosis en follaje y pérdida de color en la espata, pero poco se enfocan a la cuantificación de clorofila en el follaje (Dufour y Guérin, 2003a).

#### 4.7.2 Antocianinas

La concentración de antocianinas se determinó para cada variedad a excepción de Acrópolis<sup>®</sup> cuya coloración de la espata es blanca. El análisis estadístico mostró diferencias ( $p \leq 0.05$ ) al evaluar 24 tratamientos resultantes de la combinación de tres niveles de intensidad luminosa ( $256, 290$  y  $364 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), cuatro dosis de  $\text{AG}_3$  ( $0, 50, 100$  y  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ) y dos secciones en la espata (parte media y lóbulos). En todas las variedades la concentración de antocianinas fue afectada por el nivel de intensidad luminosa, la concentración de  $\text{AG}_3$ , la sección en la espata y por la triple interacción (Apéndice 23).

Las espatas de las variedades Anneke<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup> mostraron mayor concentración de antocianinas cuando se cultivaron en la intensidad luminosa de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  mientras que en Casino<sup>®</sup> la respuesta fue mejor con  $290 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Figura 38).

Respecto al  $\text{AG}_3$ , las espatas de la variedad Anneke<sup>®</sup> mostraron mayor contenido de antocianinas en ausencia de este regulador de crecimiento; en Casino<sup>®</sup> se obtuvo la mejor respuesta con  $100$  y  $200 \text{ mg L}^{-1}$  y en Tropical<sup>®</sup> con  $200 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 39).

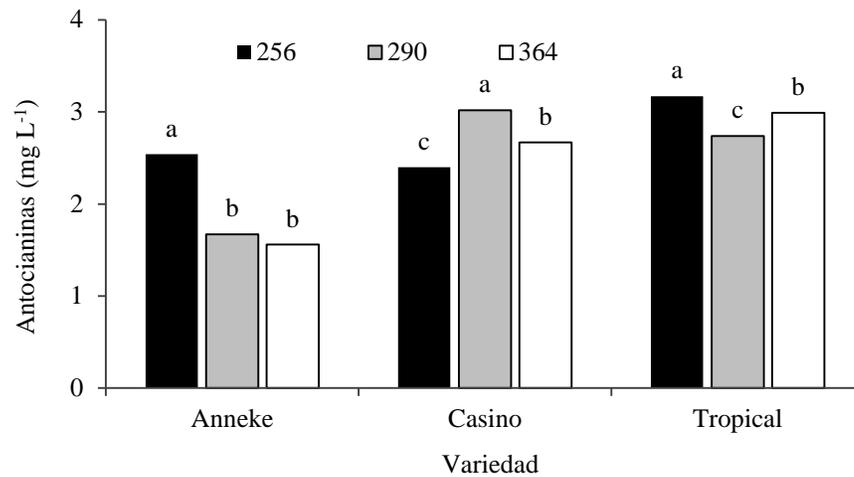


Figura 38. Efecto producido por niveles de intensidad luminosa (256, 290, 364  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) sobre la concentración de antocianinas en espatas de las variedades de anturio para flor de corte Anneke<sup>®</sup>, Casino<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup>. Cada valor es el promedio de 36 mediciones.

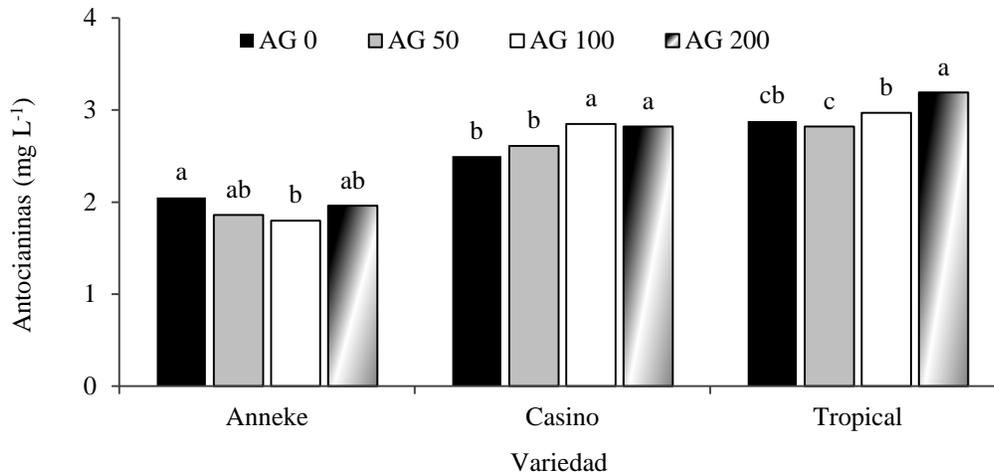


Figura 39. Efecto producido por dosis de ácido giberélico (0, 50, 100 y 200  $\text{mg L}^{-1}$ ) sobre la concentración de antocianinas en espatas de las variedades de anturio para flor de corte Anneke<sup>®</sup>, Casino<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup>. Cada valor es el promedio de 18 mediciones.

Con el análisis de la concentración total de antocianinas en las secciones de la espata se pudo determinar que en todas las variedades estos pigmentos se distribuyen más en la parte media que en los lóbulos (Figura 40).

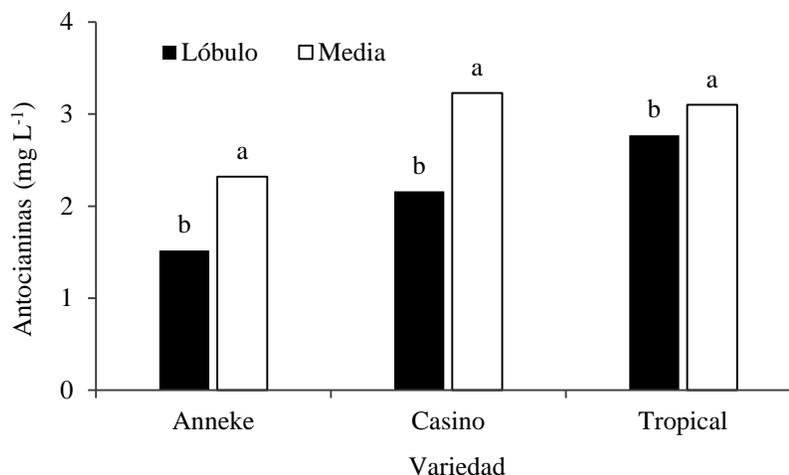


Figura 40. Distribución de antocianinas en la parte media y lóbulos de espatas de las variedades de anturio para flor de corte Anneke<sup>®</sup>, Casino<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup>. Cada valor es el promedio de 36 mediciones.

En la triple interacción se observó que la mayor concentración de antocianinas se obtuvo en la parte media de espatas producidas en una intensidad luminosa de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Las espatas de Anneke<sup>®</sup> lograron la mejor respuesta ( $3.04 \text{ mg L}^{-1}$ ) con aplicaciones de  $50 \text{ mg L}^{-1}$  de AG<sub>3</sub>, mientras que Tropical<sup>®</sup> y Casino<sup>®</sup> ( $4.34$  y  $3.63$ , respectivamente) lo consiguieron con  $200 \text{ mg L}^{-1}$  (Apéndice 24).

Se ha determinado que el aumento en la concentración de estos pigmentos en la espata es gradual y continuo hasta la apertura total de la espata pero las flores verdaderas no están dehiscentes (recientemente abiertas) (Collette *et al.*, 2004). Debido a que las variedades de anturio son de diferentes colores, esta concentración de pigmentos es dependiente de la variedad, encontrándose entre  $1.5$  y  $3.5 \text{ mg g}^{-1}$  de materia fresca. La ruta biosintética de antocianinas es un excelente modelo para entender como las plantas regulan el metabolismo secundario en respuesta a señales del desarrollo o ambientales (Williams *et al.*, 1981).

Más allá del nivel de control temporal de la expresión génica de la biosíntesis de antocianinas, que es mediada por la luz, se ha observado que en anturio los niveles del transcripto DFR muestran un ritmo diario de abundancia (Collette *et al.*, 2004). En esta investigación, las inflorescencias de todas las variedades y tratamientos fueron cosechadas siempre en la mañana y no se determinó la concentración de pigmentos en diferentes horas del día, lo que podría contrastar los datos obtenidos.

## V. CONCLUSIONES

Con base en las variables fisiológicas evaluadas se determinó que el nivel de intensidad luminosa de  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , proporcionado por malla sombra comercial del 90 %, suministra las condiciones ambientales de temperatura (mínima de  $12.1 \text{ }^\circ\text{C}$  y máxima de  $36 \text{ }^\circ\text{C}$ ) y humedad relativa (78%) óptimas para el desarrollo de las variedades de anturio para flor de corte Acrópolis<sup>®</sup>, Anneke<sup>®</sup>, Casino<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup> en el municipio de Fortín de las Flores, Veracruz.

La aplicación foliar de  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de AG<sub>3</sub> incrementa el número de hojas, hijuelos e inflorescencias producidas por planta, que tienen mayor vida en florero.

El nivel de intensidad luminosa de  $364 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , proporcionado por la malla sombra comercial de 60%, resulta adverso para el crecimiento de las variedades de anturio Acrópolis<sup>®</sup>, Anneke<sup>®</sup>, Casino<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup>. Además provoca la degradación de antocianinas de la espata y clorofila total del follaje.

La región de las Altas Montañas, donde se ubica el municipio de Fortín de las Flores, Veracruz, presenta condiciones climáticas favorables para la producción de anturio para flor de corte y maceta. Estas condiciones se pueden optimizar con el uso de malla sombra que suministre  $256 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , sobre todo en los meses de verano.

Los resultados obtenidos en esta investigación contribuyen al conocimiento básico para el manejo del cultivo del anturio para flor de corte en condiciones climáticas tropicales. Este conocimiento puede insertarse en los programas de transferencia de tecnología para su aplicación a otras regiones del estado de Veracruz o de otros estados de la República Mexicana que comparten condiciones climáticas similares como son Chiapas, Morelos, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán.

Es factible mejorar la producción de anturio con la utilización de AG<sub>3</sub>, especialmente en los meses de invierno donde se disminuye la producción de inflorescencias.

## VI. LITERATURA CITADA

- Al-Arifi, I. 2006. Shading and air velocity influence on greenhouse microclimate. *Acta Hort.* 710: 219-224.
- Anthura B. V. en [www.anthura.nl](http://www.anthura.nl) consultado en febrero de 2008.
- Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.*, 24 : 1-15.
- Atehortúa, L. G.; Pizano, M. 1999. Anturios. Editorial Hortitecnia Ltd. Santa Fé de Bogotá, de D.C. Colombia. Ball Pull Publishers. 46 pags.
- Boertje, G. A. 1978. Substrates and nutrition of *Anthurium andreanum*. *Acta Hort.* 82: 159-163.
- Briassoulis, D.; Mistriotis, A.; Eleftherakis, D. 2007. Mechanical behaviour and properties of agricultural nets. Part II: Analysis of the performance of the main categories of agricultural nets. *Polymer Testing* 26: 970-984.
- Buldewo, S; Jaufeerally-Fakim, Y. F. 2002. Isolation of clean and PCR-Amplifiable DNA from *Anthurium andreanum*. *Plant Molecular Biology Reporter.* 20: 71a-71g.
- Bushe, B. C.; Nishijima, W. T.; Hara, A. H.; Sato, D. M. 2004. Identifying *Anthurium* flower injuries. University of Hawaii at Manoa. Cooperative Extension Service. CTAHR. *Plant Disease.* 25: 1-7.
- Chase, A. R.; Poole, R. T. 1987. Effect of fertilizer, temperature, and light level on growth of *Syngonium podophyllum* 'White Butterfly'. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112(2): 296-300.
- Chen, M.; Chory, J.; Fankhauser, C. 2004. Light signal transduction in higher plants. *Annu. Rev. Genet.* 38: 87-117.
- Collette, V. E.; Jameson, P. E.; Schwinn, K. E.; Umaharan, P.; Davies, K. M. 2004. Temporal and spatial expression of flavonoid biosynthetic genes in flowers of *Anthurium andraeanum*. *Physiol. Plant.* 122: 297-304.
- Daí, J.; Paull, R. E. 1990. The role of leaf development on *Anthurium* flower growth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115 (6): 872-879.
- Davies, P. J. 2010. The Plant Hormones: Their nature, occurrence, and functions. *In: Peter J. Davies (Ed.). Plant hormone: Biosynthesis, signal transduction, action!*. 3th. Ed. Springer, USA. Pp. 1-15.
- Dhanya, M. K.; Mary, C. A. 2006. Management of bacterial blight of anthurium (*Anthurium andreanum* Linden) using ecofriendly materials. *Journal of Tropical Agriculture.* 44(1-2): 74-75.
- Dufour, L. 2001. Optimization of *Anthurium andreanum* mineral nutrition in soilless culture under tropical conditions. *In: W. J. Horst, M. K. Schenk, A. Bürkert, N. Claassen, H. Flessa, W. B. Frommer, H. E. Goldbach, H. W. Olf, V. Romheld, B. Sattelmacher, U. Schmidhalter, S. Schubert, N. von Wirén, L. Wittenmayer (Eds.). Plant nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems through basic and applied research.* Kluwer Academic Publishers. Germany. Pp: 784-785.

- Dufour, L.; Guérin, V. 2003a. Growth, developmental features and flower production of *Anthurium andreanum* Lind. in tropical conditions. *Scientia Hort.* 98: 25-35.
- Dufour, L.; Guérin, V. 2003b. Low light intensity promotes growth, photosynthesis, and yield of *Anthurium andreanum* Lind. in tropical conditions. *Adv. Hort. Sci.* 17(1): 9-14.
- Dufour, L.; Guérin, V. 2005. Nutrient solutions effects on the development and yield of *Anthurium andreanum* Lind. in tropical soilless conditions. *Scientia Hort.* 105: 269-282.
- Elibox, W.; Umaharan, P. 2008. Morpho-physiological characteristics associated with vase-life of cutflowers of *Anthurium andraeanum*. *HortScience*, 43 (3): 825-831.
- Fankhauser, C.; Chory, J. 1997. Light control of plant development. *Annu. Rev. Cell. Dev. Biol.* 13: 203-229.
- Franklin, K. A. 2009. Light and temperature signal crosstalk in plant development. *Current Opinion in Plant Biology* 12: 63-68.
- Gallaga, L. S. 2000. Producción de anturios. CECAF-Orizaba. Orizaba, Ver. 80 p.
- Goltsev, V.; Zaharieva, I.; Lambrev, P.; Yordanov, I.; Strasser, R. 2003. Simultaneous analysis of prompt and delayed chlorophyll a fluorescence in leaves during the induction period of dark to light adaptation. *J. Theoretical Biol.* 225: 171-183.
- Govaerts, R.; Frodin, D. G.; Bogner, J.; Boyce, P.; Cosgriff, B.; Croat, T. B.; Gonçalves E. G.; Gayum, M.; Hay, A.; Hetterscheid, W.; Landolt E.; Mayo, S. J.; Murata, J.; Nguyen, V. D.; Sakuragui, C. M.; Singh, Y.; Thompson, S.; Zhu, G. 2002. World checklist and bibliography of Araceae (and Acoraceae). Royal Botanic Gardens, Kew Publishing. London, England. 568 p.
- Guillot, D. O. 2008. Algunas cultivariedades de *Anthurium andreanum* Linden comercializadas en Valencia. *Bouteloua.* 2: 24-30.
- Halevy, A. H.; Mayak, S. 1979. Senescence and postharvest physiology of cut flowers Part 1. *Hort. Rev. Amer. Soc. Hort. Sci.* 1: 204-236.
- Halevy, A. H.; Mayak, S. 1981. Senescence and postharvest physiology of cut flowers Part 2. *Hort. Rev. Amer. Soc. Hort. Sci.* 3: 59-143.
- Hansen, J. D.; Paull, R. E.; Hara, A. H.; Tenbrink, V. L. 1991. Predicting vase life in tropical cut flowers and foliage. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 104: 61-63.
- Hatier, J. B.; Gould, K. S. 2009. Anthocyanin function in vegetative organs. In: *Anthocyanins: Biosynthesis, functions, and applications.* (Eds.) Kevin Gould, Kevin Davies & Chris Winefield. Springer. New Zeland. Pp 1-19.
- Henbest, R. 2007. Light, controlling what we cannot touch. *Flora Culture International.* April: 8-11.
- Henley, R. W.; Robinson, C. A. 1994. Evaluation of twenty-one potted anthurium cultivars grown for interior use. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 107: 179-181.
- Henny, R. J.; Poole, R. T.; Conover, C. A. 1988. "Southern Blush" *Anthurium*. *HortScience.* 23(5): 922-923.

- Henny, R.J.; Hamilton, R.L. 1992. Flowering of *Anthurium* following treatment with gibberellic acid. *HortScience* 27: 1328.
- Hettiarachchi, M. P.; Balas, J. 2005. Postharvest quality of cut anthurium flowers (*Anthurium andraeanum* L.) after long-distance shipment. *Acta Hort.* 669: 329-335.
- Higaki, T.; Imamura, J. S. 1985a. Performance of wood products as media for culture of *Anthuriums*. University of Hawaii at Manoa. College of Tropical Agriculture and Human Resources. HITAHR. Research Series 040: 1-7.
- Higaki, T.; Imamura, J. S. 1985b. Volcanic black cinder as a medium for growing *Anthuriums*. *HortScience*, 20(2): 298-300.
- Higaki, T.; Litchy, J. S.; Moniz, D. 1995. *Anthurium* culture in Hawaii. University of Hawaii, CTAHR. Research Extension Series. Circular 420. 23 p.
- Higaki, T.; Rasmussen, H. P. 1979. Chemical induction of adventitious shoots in *Anthurium*. *HortScience*. 14: 64-65.
- Higaki, T.; Rasmussen, H. P.; Carpenter, W. J. 1984. A study of some morphological and anatomical aspects of *Anthurium andraeanum* Lind. HITHAR, College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa (Honolulu). Research Series 030. 14 p.
- Holcroft, D. M.; Laing, M. D. 1995. Evaluation of pine bark as a substrate for anthurium production in South Africa. *Acta Hort.* 401: 177-183.
- Imamura, J. S.; Higaki, T. 1988. Effect of GA<sub>3</sub> and BA on lateral shoot production on *Anthurium*. *HortScience*. 23 (2): 353-354.
- Jason, J. G.; Thomas, G. R.; Pharr, D. M. 2004. Photosynthesis, chlorophyll fluorescence and carbohydrate content of *Illicium* taxa grown under varied irradiance. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 129: 46-53.
- Jiao, Y.; Lau, O.; Deng, X. 2007. Light-regulated transcriptional networks in higher plants. *Nature Reviews Genetics*. 8: 217-230.
- Kanlayanarat, S.; Thawiang, N.; Buanong, M. 2007. Effect of thidiazuron on postharvest quality of cut flowers of anthurium (*Anthurium andraeanum* L. cv Marshall). *Acta Hort.* 755: 415-418.
- Kawabata, A. F.; Lichty, J. S.; Kobayashi, K. D.; Sakai, W. S. 2007. Effects of photoselective shade cloths on potted *Dracaena deremensis* "Janet Craig" and *Dracaena marginata* "Colorama". *Journal of Hawaiian and Pacific Agriculture* 14: 49-54.
- Keating, R. C. 2002. Acoraceae and Araceae. *In: Anatomy of the monocotyledons, Volume IX.* Clarendon Press. Oxford University. New York. 327 pags.
- Kesumawati, E.; Muko, S.; Hayashi, T.; Yazawa, S. 2007. Easy-maintenance long-lasting yield system (ELLYs) for cut *Anthurium*. *Acta Hort.* 755: 339-346.
- Kim, H. J.; Miller, W. B. 2008. Effects of GA<sub>4+7</sub> and benzyladenine application on postproduction quality of 'Seadov' pot tulip flowers. *Postharvest Biology and Technology* 47: 416-421.

- King, R. 2006. Light-regulated plant growth and flowering; from photoreceptors to genes, hormones and signals. *Acta Hort.* 711: 227-334.
- King, R. W.; Evans, L. T.; Mander, L. N.; Moritz, T.; Pharis, R. P.; Twitchin, B. 2003. Synthesis of gibberellin GA<sub>6</sub> and its role in flowering of *Lolium temulentum*. *Phytochemistry* 62: 77-82.
- Kobayashi, K. D.; Kawabata, A. F.; Lichty, J. S. 2006. Effects of photosensitive shade cloths on potted *Dracaena* and *Anthurium* plants. *HortScience* 41 (4): 1053-1054.
- Kuanprasert, N.; Kuehnle, A. R.; Tang, C. S. 1998. Floral fragrance compounds of some *Anthurium* (Araceae) species and hybrids. *Phytochem.* 49(2): 521-528.
- Kuehnle, A. R.; Amore, T. D.; Kamemoto, H.; Kunisaki, J. T.; Lichty, J. S.; Uchida, J. Y. 2004. 'Princess Aiko' ('Imperial') and 'Regina', Two Novelty *Anthuriums*. New Plants for Hawaii Anthurium Cultivar Release. College of Tropical Agriculture & Human Resources (CTAHR). University of Hawaii at Manoa. Publication NPH-A-7. Pp: 1-2.
- Letts, M. G.; Mulligan, M. 2005. The impact of light quality and leaf wetness on photosynthesis in north-west Andean tropical montane cloud forest. *Journal of Tropical Ecology.* 21: 549-557.
- Lima, J. D.; Nomura, E. S.; Fuzitani, E. J.; Modenese-Gorla da Silva, S. H. 2010. Variáveis fisiológicas de anturio cultivado sob diferentes malhas de sobremento. *Scientia Agraria, Curitiba*, 11 (3) : 193-200.
- Lüttge, U. 2008. Tropical Forests: Ecophysiological Responses to Light. *In: Physiological ecology of tropical plants.* (Ed.). U. Lüttge. 2 Ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Pp. 103-148.
- Mantovani, A.; Pereira, T. E. 2005. Comparative anatomy of leaf and spathe of nine species of *Anthurium* (section *Urospadix*; subsection *Flavescentiviridia*) (Araceae) and their diagnostic potential for taxonomy. *Rodriguésia.* 56 (88): 145-160.
- Mujjafar, S.; Sankart, C. K. 2003. Effect of waxing on the water balance and keeping qualities of cut anthuriums. *Int. Agrophysics.* 17: 77-84.
- Murguía, G. J. 1996. El Cultivo de Anturios. Textos Universitarios. Editorial. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. México. 28 p.
- Murguía, G. J.; Lee, E. H. E. 2008. Manual de producción de anturio. Dirección General Editorial. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 49 p.
- Murguía, G. J.; Lee, E. H. E.; Riestra, D. D.; Gallardo, L. F.; Alonso, L. A.; Olgún, P. C.; Cruz, C. J. G.; Rodríguez, L. D. A.; Flores, M. A. 2007. Evaluación del cultivo de *Anthurium andreanum* bajo sombra del árbol de *Inga vera*. *Revista Horticultura Internacional.* 56: 44-45.
- Mutui, T. M.; Emongor, V. E.; Hutchinson, M. J. 2006. The effects of gibberellin<sub>4+7</sub> on the vase life and flower quality of *Alstroemeria* cut flowers. *Plant Growth Regul.* 48: 207-214.
- Nicolson, D. H. 1979. Araceae. *In: Smith, A. C. Flora, Vitis Nova: A new flora of Fiji, Vol. 1.* Lawai, Kauai, Hawaii: Pacific Tropical Botanical Garden. 501 pp.
- Nomura, E. S.; Lima, J. D.; Rodrigues, D. S.; Garcia, V. A.; Fuzitani, E. J.; Modenese-Gorla, S. H. 2009. Growth and yield of *anthurium* under different shading screens. *Ciencia Rural, Santa Maria.* 39 (5): 1394-1400.

- Noordegraaf, C. V. 1973. Influence of temperature on flowering in *Anthurium Scherzerianum*. Acta Horticulture. 31:71-76.
- Nowbuth, R. 2001. Alternate substrates for *Anthurium* production. AMAS. Food and Agricultural Research Council, Réduit, Mauritius. Pp: 45-51.
- Oyaert, E.; Volckaert, E.; Debergh P. C. 1999. Growth of chrysanthemum under coloured plastic films with different light qualities and quantities. Scientia Horticulture. 79:195-205.
- Özçelik, A.; Özkan, C. F. 2002. EC and pH changes of the growing media and nutrient solution during *Anthurium* production in a closed system. Acta Hort. 573: 91-96.
- Paull, R. E. 1982. Anthurium (*Anthurium andraeanum* André) vase life evaluation criteria. HortScience. 17: 606-607.
- Paull, R. E.; Chantrachit, T. 2001. Benzyladenine and the vase life of tropical ornamentals. Postharvest Biol. Technol. 21: 303-310.
- Paull, R. E.; Goo, T. T. C. 1982. Pulse treatment with silver nitrate extends vase life of *Anthurium*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107: 842-844.
- Paull, R. E.; Goo, T. T. C. 1985. Ethylene and water stress in the senescence of cut anthurium flowers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110: 84-88.
- Pérez, M; Plaza, B. M.; Jiménez, S.; Lao, M. T.; Barbero, J.; Bosch, J. L. 2006. The radiation spectrum through ornamental net houses and its impact on the climate generated. Acta Hort. 719: 631-636.
- Pinto, A. C. R.; Mello, S. C.; Geerdink, G. M.; Minami, K.; Oliveira, R. F.; Barbosa, J. C. 2007. Benzyladenine and gibberellic acid pulse on postharvest of *Calathea louisae* cut foliage. Acta Hort. 755: 397- 402.
- Robène-Soustrade, I.; Laurent, P.; Gevin, L.; Jouen, E.; Pruvost, O. 2006. Specific detection of *Xanthomonas axonopodis* pv. Dieffenbachiae in anthurium (*Anthurium andraeanum*) tissues by nested PCR. Appl. Environ. Microbiol. 72 (2): 1072-1078.
- Royal Botanic Gardens, Kew. [www.kew.org](http://www.kew.org) Consultado en agosto de 2010.
- Samach, A.; Wigge, P. A. 2005. Ambient temperature perception in plants. Current Opinion in Plant Biology 8: 483-486.
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2006. Inauguran en Veracruz parque de floricultura tropical; buscan productores ingresar a mercados internacionales. Dirección de Comunicación Social. Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D. F. Boletín 246 (06).
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx) Consultado en marzo de 2010.
- Secretaría de Economía, [www.economía.gob.mx](http://www.economía.gob.mx) Consultado en marzo de 2011.

- Shahak, Y.; Lahav, T.; Spiegel, E.; Philosoph-Hadas, S.; Meir, S.; Orenstein, H.; Gussakovsky, E.; Ratner, K.; Giller, Y.; Shapchisky, S.; Zur, N.; Rosenberger, I.; Gal, Z.; Ganelevin, R. 2002. Growing Aralia and Monstera under colored shade nets. *Olam Poreah July Issue*. 13 (1): 60-62.
- Sheffer, R. D.; Kamemoto, H.; Croat, T. B. 1980. *Anthurium andraeanum* versus *A. andreanum* (Araceae). *Taxon*, 29 (4): 502-505.
- Silva, J. A. T.; Nagae, S.; Tanaka, M. 2005. Effect of physical factors on micropropagation of *Anthurium andreanum*. *Plant Tissue Cult.* 15(1): 1-6.
- Silva, S. H. M. G.; Lima, J. D.; Bendini, H. N.; Nomura, E. S.; Moraes, W. S. 2008. Estimativa da área foliar do anturio com o uso de funções de regressão. *Ciencia Rural, Santa Maria*. 38(1): 243-246.
- Skutnik, E.; Lukaszewska, A.; Serek, M.; Rabiza, J. 2001. Effect of growth regulators on postharvest characteristics of *Zantedeschia aethiopica*. *Postharvest Biol. Technol.* 21: 241-246.
- Sonneveld C.; Voogt, W. 1993. The concentration of nutrients for growing *Anthurium andreanum* in substrate. *Acta Hort.* 342: 61-67.
- Sponsel, V. M.; Hedden, P. 2010. Gibberellin biosynthesis and inactivation. In: *Plant hormone: Biosynthesis, signal transduction, action!*. 3ra. Ed. (Eds.) Peter J. Davies. Springer, N.Y., USA. Pp. 63-94.
- Taiz, L.; Zeiger, E. 2010. *Plant Physiology*. 5ta. Ed. Sinauer Associates Inc. USA. 705 p.
- Takahashi, L. S. A.; Faria, R. T.; Tombolato, A. F. C.; Cuquel, F. L.; Grossi, M. L. 2009. Desenvolvimento de cultivares de antúrio IAC como plantas de vaso no norte do Paraná. *Bragantia, Campinas*. 68 (3): 593-600.
- Thawiang, N.; Buanong, M.; Kanlayanarat, S. 2007. Effect of thidiazuron on postharvest quality of cut flowers of *Anthurium* (*Anthurium andraeanum* L. cv. Marshall). *Acta Hort.* 755: 415-418.
- The SAS System. 2002. *Statistical Analysis System for Windows 9.0*. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 956 p.
- Uddin, A. F. M. J.; Hashimoto, F.; Kaketani, M.; Shimizu, K.; Sakata, Y. 2001. Analysis of light and sucrose potencies on petal coloration and pigmentation of *Lisianthus* cultivars (*in vitro*). *Sci. Hortic.* 89: 73-82.
- Valdéz, A. L. A.; Hernández, A. M. 2005. *Anturio, Cultivo y fisiología*. Universidad Autónoma Chapingo, UACH. México. 102 p.
- van Herk, M. 1992. Growing tips for *Anthurium andreanum*. Nic van der Knaap, *anthurium selectees*. 11 p.
- van Herk, M.; van Koppen, M.; Smeding, S.; van der Elzen, C.; van Rosmalen, N.; van Dijk, J.; Lont, A.; van Spingelen, J. 1998. *Cultivation Guide Anthurium*. Global know-how for growers around the globe. Anthura, B.V., Bleiswijk, Holland. 140 p.
- van Os, E. A. 2001. Design of sustainable hydroponic systems in relation to environment-friendly disinfection methods. *Acta Hort.* 548: 197-205.

- van Os, E. A.; Ruijs, M. N. A.; van Weel, P. A. 1991. Closed business systems for less pollution from greenhouses. *Acta Hort.* 294: 49-57.
- Weiss, D. 2000. Regulation of flower pigmentation and growth: multiple signaling pathways control anthocyanin synthesis in expanding petals. *Physiol. Plant.* 110: 152–157.
- Williams, C. A.; Harborne, J. B.; Mayo, S. J. 1981. Anthocyanin pigments and leaf flavonoids in the family Araceae. *Phytochemistry*, 20: 217-234.
- Yamaguchi, S. 2008. Gibberellin metabolism and its regulation. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59:225–251.

## VII. APÉNDICES

### **Apéndice 1. Metodología para el análisis histológico de hojas de anturio para flor de corte.**

El procedimiento en cortes de parafina se realizó según Zavaleta-Mancera *et al.* (2003). Se tomaron hojas jóvenes completamente expandidas de las cuatro variedades de anturio. De la parte media de la hoja se hicieron cortes transversales para obtener la muestra.

**Fijación y deshidratación.** Los tejidos se fijaron en FAA: 50% alcohol isopropílico, 5 % ácido acético glacial, 10 % formaldehído (36-40 %) en agua destilada por un período de 24 h. Después las muestras se deshidrataron e infiltraron en parafina mediante un procesador de tejidos automático (FISHER Tissuematon<sup>®</sup>) programado con la siguiente secuencia de soluciones: alcohol isopropílico (30 %, 40 %, 50 %, 70 %, 90 %, 100 % y 100 %), isopropílico-xileno 3:1, 1:1, 1:3 y dos cambios en xileno por espacio de 6 h en cada solución.

**Inclusión en parafina.** Las muestras se transfirieron a parafina líquida (60 °C) con dos cambios (12 h) y luego se colocaron en moldes de aluminio con parafina para ser orientados y así obtener cortes medianos. Las muestras se dejaron solidificar por 4 h.

**Microtomía.** Para hacer los cortes de las muestras incluidas en parafina, se utilizó un micrótopo rotatorio (American Optical Modelo 820). Se obtuvieron cortes medianos de 10 µm que se colocaron en porta objetos con adhesivo de cromo (1 % de gelatina, 0.2 % fenol y 0.1 % alumbre de cromo) donde se extendieron sobre una platina caliente (58 °C) durante 1 min. Después se dejaron escurrir por 20 min para eliminar el exceso de adhesivo. Posteriormente los portaobjetos con los cortes se colocaron en una estufa de secado a 60 °C por 24 h.

**Remoción de la parafina e hidratación del tejido.** Los cortes de parafina adheridos al portaobjetos se desparafinaron en una secuencia de tres cambios en xileno (3 min en cada cambio). Luego se hidrataron en una serie de alcohol etílico (100, 70, 50 %) con 3 min en cada cambio.

**Tinción.** Se usó la tinción policromática de safranina-verde rápido. Los cortes se tiñeron primero en 0.05 % de safranina 0 en una solución de 2 % de cloruro de sodio por 12 h. Los cortes se enjuagaron dos veces en agua destilada para retirar los residuos de la sal. Se deshidrataron en una serie de alcohol isopropílico (50 %, 70 %, y 100 %) con 1 min en cada cambio. Luego se aplicó el verde rápido FCF (Merck®) por 1 min y se eliminó el exceso antes de pasarlas por alcohol isopropílico (100 %) y tres cambios en xilenos con 1 min en cada cambio. Los cortes se montaron en resina sintética y colocaron en una parrilla a 60 °C por 24 h para después observarlos en un microscopio óptico con objetivos acromáticos y parafoval (Zeiss® modelo Axiostar Plus) y fotografiarlos con cámara digital (modelo MDCE-5A) y capturadas con el programa Scape Photo®.

**Apéndice 2. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de tres niveles de intensidad luminosa y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) sobre el número de hojas, área foliar y largo de pecíolo de anturios para flor de corte variedad Acrópolis®, Anneke®, Casino® y Tropical® durante un año de cultivo.**

Fuente de variación	Hojas (Núm.)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Largo pecíolo (cm)
Variedad	6.16 *	63507.29 *	425.18 *
Intensidad luminosa	0.27 NS	50341.89 *	212.46 *
AG <sub>3</sub>	7.69 *	5497.11 NS	22.41 *
Variedad x Intensidad luminosa	2.54 *	35866.10 *	186.83 *
Variedad x AG <sub>3</sub>	3.09 *	16996.50 *	100.33 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub>	2.40 *	12278.06 *	66.04 *
Variedad x Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub>	1.42 *	11602.82 *	61.85 *
C.V.	18.21	27.91	11.08
R <sup>2</sup>	0.33	0.58	0.72
Media	4.55	161.99	21.43

\*: Significativo; NS: No significativo; C.V.: Coeficiente de variación.

**Apéndice 3. Respuesta del número de hojas, área foliar y largo de pecíolo de cuatro variedades de anturio para flor de corte cultivadas en tres intensidades de luz y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>).**

Variedad	Intensidad luminosa ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	AG <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	Hojas (Núm)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Largo pecíolo (Núm.)
Acrópolis	256	0	5.20 abc	166.53 bcdefgh	19.74 fghijklmno
		50	4.60 abc	182.62 bcdefgh	18.96 hijklmno
		100	5.40 abc	148.78 cdefgh	18.54 ijklmno
		200	5.60 ab	207.93 abcdef	20.66 efghijklmno
	290	0	4.20 abc	197.57 bcdef	20.32 efghijklmno
		50	4.40 abc	166.58 bcdefgh	19.54 ghijklmno
		100	4.80 abc	167.48 bcdefgh	20.50 efghijklmno
		200	5.00 abc	206.69 abcdef	20.46 efghijklmno
	364	0	5.00 abc	136.63 defgh	16.56 mno
		50	5.00 abc	143.20 cdefgh	17.88 ijklmno
		100	4.80 abc	96.80 fgh	16.62 mno
		200	5.00 abc	135.28 defgh	18.38 ijklmno
Anneke	256	0	3.40 c	185.55 bcdefgh	29.00 a
		50	4.20 abc	118.98 defgh	23.82 abcdefghi
		100	4.20 abc	213.43 abcde	24.96 abcdefgh
		200	4.80 abc	97.10 fgh	17.52 klmno
	290	0	3.60 bc	158.08 bcdefgh	21.54 defghijklmn
		50	4.00 abc	124.55 defgh	20.68 efghijklmno
		100	4.40 abc	136.99 cdefgh	18.42 ijklmno
		200	4.60 abc	138.56 cdefgh	21.90 bcdefghijklm
	364	0	4.20 abc	135.06 defgh	15.50 no
		50	4.40 abc	80.44 gh	16.98 lmno
		100	4.40 abc	108.02 efgh	18.70 ijklmno
		200	4.60 abc	158.84 bcdefgh	23.04 abcdefghijkl
Casino	256	0	3.80 bc	156.68 bcdefgh	21.32 efghijklmn
		50	4.00 abc	185.27 bcdefgh	22.22 bcdefghijklm
		100	4.40 abc	150.61 bcdefgh	23.62 abcdefghij
		200	4.80 abc	173.94 bcdefgh	25.68 abcdef
	290	0	3.60 bc	77.33 h	14.98 o
		50	4.40 abc	112.99 defgh	18.34 ijklmno
		100	4.60 abc	96.96 fgh	18.30 ijklmno
		200	6.00 a	105.50 efgh	19.18 hijklmno
	364	0	3.80 bc	151.43 bcdefgh	17.70 jklmno
		50	4.00 abc	159.10 bcdefgh	20.10 fghijklmno
		100	4.40 abc	125.39 defgh	21.14 efghijklmn
		200	4.40 abc	176.92 bcdefgh	23.36 abcdefghijk
Tropical	256	0	4.20 abc	227.18 abcd	27.76 abc
		50	4.40 abc	265.86 ab	27.48 abcd
		100	4.60 abc	252.40 abc	25.48 abcdefg
		200	5.00 abc	319.26 a	26.28 abcde
	290	0	4.60 abc	191.99 bcdefgh	25.38 abcdefg
		50	4.40 abc	147.10 cdefgh	21.74 cdefghijklm
		100	4.80 abc	217.27 abcde	23.04 abcdefghijkl
		200	4.80 abc	163.12 bcdefgh	23.84 abcdefghi
	364	0	4.40 abc	194.41 bcdefg	23.58 abcdefghijk
		50	4.80 abc	148.68 cdefgh	24.82 abcdefgh
		100	5.60 ab	157.49 bcdefgh	25.42 abcdefg
		200	5.20 abc	206.99 abcdef	27.82 ab

Medias con diferentes letras en una columna son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

**Apéndice 4. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) en el número de hojas de anturios para flor de corte variedad Acrópolis<sup>®</sup>, Anneke<sup>®</sup>, Casino<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup> en los ciclos de cultivo Otoño-Invierno y Primavera-Verano.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Var. Acrópolis</b>	<b>Var. Anneke</b>	<b>Var. Casino</b>	<b>Var. Tropical</b>
Intensidad luminosa	0.90 NS	0.20 NS	0.70 NS	0.55 NS
AG <sub>3</sub>	0.40 NS	1.12 *	2.38 *	0.73 NS
Ciclo	57.40 *	22.53 *	14.00 *	43.20 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub>	0.39 NS	0.41 NS	1.00 *	0.38 NS
Intensidad luminosa x Ciclo	12.60 *	4.89 *	3.29 *	8.87 *
AG <sub>3</sub> x Ciclo	8.80 *	4.26 *	3.37 *	6.66 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub> x Ciclo	3.12 *	1.47 *	1.43 *	2.39 *
C.V.	23.48	30.64	23.17	23.93
R <sup>2</sup>	0.69	0.45	0.57	0.64
Media	2.45	2.11	2.17	2.36

\*: Significativo; NS: No significativo; C.V.: Coeficiente de variación.

**Apéndice 5. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) en el área foliar de anturios para flor de corte variedad Acrópolis<sup>®</sup>, Anneke<sup>®</sup>, Casino<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup> en los ciclos de cultivo Otoño-Invierno y Primavera-Verano.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Var. Acrópolis</b>	<b>Var. Anneke</b>	<b>Var. Casino</b>	<b>Var. Tropical</b>
Intensidad luminosa	37471.93 *	11082.05 NS	52594.78 *	102850.23 *
AG <sub>3</sub>	10694.15 *	16272.22 *	6789.42 *	9194.18 *
Ciclo	237780.43 *	190848.93 *	149963.89 *	509453.46 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub>	10903.38 *	13841.11 *	12144.70 *	27620.53 *
Intensidad luminosa x Ciclo	63488.31 *	44056.55 *	53875.66 *	143990.13 *
AG <sub>3</sub> x Ciclo	39679.51 *	34901.09 *	24745.00 *	79940.43 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub> x Ciclo	16336.64 *	16060.46 *	13351.92 *	37291.07 *
C.V.	26.57	45.23	35.95	28.62
R <sup>2</sup>	0.67	0.49	0.56	0.71
Media	163.00	137.96	139.34	207.64

\*: Significativo; NS: No significativo; C.V.: Coeficiente de variación.

**Apéndice 6. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) en el largo de peciolo de hojas de anturios para flor de corte variedad Acrópolis<sup>®</sup>, Anneke<sup>®</sup>, Casino<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup> en los ciclos de cultivo Otoño-Invierno y Primavera-Verano.**

Fuente de variación	Var. Acrópolis	Var. Anneke	Var. Casino	Var. Tropical
Intensidad luminosa	302.43 *	87.44 *	281.06 *	106.3 *
AG <sub>3</sub>	116.84 *	9.47 NS	14.06 NS	13.12 NS
Ciclo	924.63 *	709.56 *	381.99 *	2693.26 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub>	89.52 *	21.13 *	148.23 *	37.21 *
Intensidad luminosa x Ciclo	312.57 *	209.1 *	214.37 *	639.97 *
AG <sub>3</sub> x Ciclo	203.89 *	105.66 *	61.69 *	401.35 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub> x Ciclo	97.2 *	48.7 *	100.85 *	159.23 *
C.V.	15.75	13.16	18.47	10.33
R <sup>2</sup>	0.69	0.65	0.61	0.84
Media	20.47	18.98	20.98	25.18

\*: Significativo; NS: No significativo; C.V.: Coeficiente de variación.

**Apéndice 7. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de la altura de planta, número de brotes, número de inflorescencias y largo de pedúnculo en variedades de anturio para flor de corte Acrópolis<sup>®</sup>, Anneke<sup>®</sup>, Casino<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup> cultivados durante un año en tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>).**

Fuente de variación	Altura planta	Brotes	Inflorescencias	Largo pedúnculo
Variedad	2697.91 *	78.96 *	55.3 *	817.29 *
Intensidad luminosa	2297.67 *	24.35 *	3.62 *	749.33 *
AG <sub>3</sub>	264.76 NS	24.39 *	13.41 *	476.34 *
Variedad x Intensidad luminosa	1364 *	29.23 *	16.42 *	477.02 *
Variedad x AG <sub>3</sub>	751.43 *	25.42 *	14.46 *	304.2 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub>	746.45 *	12.63 *	6.86 *	274.66 *
Variedad x Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub>	519.27 *	11.97 *	6.47 *	163.8 *
C.V.	41.57	144.09	25.02	10.23
R <sup>2</sup>	0.23	0.31	0.67	0.81
Media	33.04	1.16	3.50	29.07

\*: Significativo; NS: No significativo; C.V.: Coeficiente de variación.

**Apéndice 8. Respuesta de altura de planta y número de brotes de cuatro variedades de anturio para flor de corte cultivadas en tres intensidades de luz y cuatro concentraciones de de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>).**

Variedad	Intensidad luminosa ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	AG <sub>3</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Altura planta (cm)	Brotes (Núm.)
Acrópolis	256	0	35.55 abcde	0.9 bcd
		50	34.64 abcde	1.2 abcd
		100	35.04 abcde	2.7 abcd
		200	35.77 abcde	1.2 abcd
	290	0	28.20 bcde	0.3 d
		50	28.83 bcde	0.1 d
		100	34.55 abcde	0.4 d
		200	31.98 abcde	0.8 cd
	364	0	27.19 bcde	1.6 abcd
		50	30.80 abcde	0.5 d
		100	27.00 bcde	1.5 abcd
		200	25.54 bcde	0.3 d
Anneke	256	0	30.19 bcde	0.9 bcd
		50	34.61 abcde	2.2 abcd
		100	32.05 abcde	1.5 abcd
		200	32.86 abcde	3.9 a
	290	0	34.49 abcde	1.1 abcd
		50	23.75 cde	2.1 abcd
		100	27.61 bcde	2.5 abcd
		200	28.68 bcde	2.7 abcd
	364	0	55.10 a	0.8 cd
		50	24.18 cde	2.9 abcd
		100	26.95 bcde	3.8 ab
		200	26.85 bcde	2.7 abcd
Casino	256	0	32.20 abcde	1.5 abcd
		50	34.70 abcde	1.1 abcd
		100	37.32 abcde	1.3 abcd
		200	33.80 abcde	3.7 abc
	290	0	18.70 e	0 d
		50	26.32 bcde	0.3 d
		100	20.70 de	0.4 d
		200	24.01 cde	0.4 d
	364	0	36.57 abcde	0.2 d
		50	29.88 bcde	0.3 d
		100	27.12 bcde	2.1 abcd
		200	31.95 abcde	2.1 abcd
Tropical	256	0	45.48 abc	0.2 d
		50	44.52 abcd	0.2 d
		100	43.34 abcd	1.4 abcd
		200	49.43 ab	0.2 d
	290	0	35.17 abcde	0.2 d
		50	35.90 abcde	0 d
		100	39.77 abcde	0.3 d
		200	31.85 abcde	0.2 d
	364	0	44.15 abcd	0 d
		50	36.31 abcde	0.2 d
		100	37.05 abcde	0.3 d
		200	37.30 abcde	0.5 d

Medias con diferentes letras en una columna son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

**Apéndice 9. Respuesta del número de inflorescencias y largo de pedúnculo de cuatro variedades de anturio para flor de corte cultivadas en tres intensidades de luz y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>).**

Variedad	Intensidad luminosa ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	AG <sub>3</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Inflorescencias (Núm)	Largo pedúnculo ( $\text{cm}^2$ )
Acrópolis	256	0	3.00 cdefghijk	21.42 nop
		50	4.00 abcdefgh	23.94 klmnop
		100	4.60 abcde	28.66 efg hijklmn
		200	5.40 ab	25.82 hijklmno
	290	0	3.60 abcdefghi	23.54 lmnop
		50	3.20 bcdefghijk	23.00 mnop
		100	3.00 cdefghijk	29.42 defghijklm
		200	3.80 abcdefghi	25.66 hijklmno
	364	0	3.40 bcdefghij	21.48 nop
		50	2.80 cdefghijk	24.80 ijklmnop
		100	4.00 abcdefgh	27.44 ghijklmn
		200	4.20 abcdefg	25.52 hijklmnop
Anneke	256	0	2.00 ghijk	31.14 defghijkl
		50	1.60 ijk	27.14 ghijklmn
		100	3.00 cdefghijk	30.66 defghijkl
		200	3.60 abcdefghi	35.70 bcde
	290	0	2.60 defghijk	24.00 klmnop
		50	2.00 ghijk	27.94 fghijklmn
		100	3.40 bcdefghij	29.88 defghijklm
		200	3.20 bcdefghijk	31.18 defghijk
	364	0	2.60 defghijk	18.04 p
		50	3.40 bcdefghij	18.58 op
		100	1.80 hijk	22.58 mnop
		200	2.20 fghijk	29.50 defghijklm
Casino	256	0	1.00 k	29.92 defghijklm
		50	3.20 bcdefghijk	34.66 bcdefg
		100	4.00 abcdefgh	36.54 abcd
		200	4.60 abcde	41.06 ab
	290	0	3.00 cdefghijk	29.86 defghijklm
		50	2.40 efg hijk	32.76 cdefgh
		100	2.60 defghijk	35.18 bcdef
		200	3.40 bcdefghij	38.92 abc
	364	0	3.00 cdefghijk	24.14 klmnop
		50	1.20 jk	30.02 defghijklm
		100	3.60 abcdefghi	32.24 cdefghij
		200	2.80 cdefghijk	35.68 bcde
Tropical	256	0	4.00 abcdefgh	36.26 abcde
		50	4.80 abcd	36.76 abcd
		100	5.00 abc	35.38 bcdef
		200	5.80 a	43.50 a
	290	0	4.60 abcde	28.92 efg hijklmn
		50	5.00 abc	22.76 mnop
		100	5.40 ab	24.68 jklmnop
		200	4.60 abcde	26.70 hijklmn
	364	0	3.40 bcdefghij	27.84 fghijklmn
		50	5.00 abc	25.30 hijklmnop
		100	4.40 abcdef	26.94 hijklmn
		200	5.00 abc	32.30 cdefghi

Medias con diferentes letras en una columna son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

**Apéndice 10. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) en el número de inflorescencias de anturios para flor de corte variedad Acrópolis<sup>®</sup>, Anneke<sup>®</sup>, Casino<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup> en los ciclos de cultivo Otoño-Invierno y Primavera-Verano.**

Fuente de variación	Var. Acrópolis	Var. Anneke	Var. Casino	Var. Tropical
Intensidad luminosa	1.97 *	0.25 NS	0.77 NS	0.67 NS
AG <sub>3</sub>	2.18 *	0.71 NS	3.65 *	1.94 *
Ciclo	23.40 *	39.67 *	32.03 *	16.87 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub>	1.42 *	1.20 *	2.68 *	0.98 *
Intensidad luminosa x Ciclo	5.49 *	8.24 *	7.68 *	4.01 *
AG <sub>3</sub> x Ciclo	4.48 *	6.03 *	6.31 *	3.31 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub> x Ciclo	1.80 *	2.66 *	3.29 *	1.43 *
C.V.	34.25	45.75	38.55	20.69
R <sup>2</sup>	0.51	0.64	0.71	0.68
Media	1.87	1.30	1.45	2.37

\*: Significativo; NS: No significativo; C.V.: Coeficiente de variación.

**Apéndice 11. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) en el largo de pedúnculo de inflorescencias de anturios para flor de corte variedad Acrópolis<sup>®</sup>, Anneke<sup>®</sup>, Casino<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup> en los ciclos de cultivo Otoño-Invierno y Primavera-Verano.**

Fuente de variación	Var. Acrópolis	Var. Anneke	Var. Casino	Var. Tropical
Intensidad luminosa	3.71 NS	843.02 *	269.42 *	1679.35 *
AG <sub>3</sub>	218.97 *	394.12 *	584.63 *	209.22 *
Ciclo	1225.60 *	981.55 *	1365.52 *	2825.61 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub>	65.65 *	289.86 *	211.32 *	386.99 *
Intensidad luminosa x Ciclo	299.48 *	538.59 *	413.83 *	1253.63 *
AG <sub>3</sub> x Ciclo	269.92 *	316.11 *	449.33 *	502.30 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub> x Ciclo	98.77 *	188.30 *	173.78 *	318.69 *
C.V.	9.59	16.83	10.47	15.52
R <sup>2</sup>	0.80	0.68	0.77	0.77
Media	25.03	27.17	33.39	30.58

\*: Significativo; NS: No significativo; C.V.: Coeficiente de variación.

**Apéndice 12. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) en el largo+ancho de espata de cuatro variedades de anturio para flor de corte.**

Fuente de variación	Var. Acrópolis	Var. Anneke	Var. Casino	Var. Tropical
Intensidad luminosa	0.90 NS	7.08 *	47.10 *	57.67 *
AG <sub>3</sub>	0.40 NS	39.08 *	36.09 *	67.15 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub>	0.39 NS	13.38 *	19.18 *	29.29 *
C.V.	23.48	11.83	12.47	6.27
R <sup>2</sup>	0.69	0.56	0.64	0.89
Media	2.45	8.68	8.59	9.36

\*: Significativo; NS: No significativo; C.V.: Coeficiente de variación.

**Apéndice 13. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) sobre los componentes de color en cuatro zonas de la espata de anturio para flor de corte variedad Acrópolis®.**

Fuente de variación	L	Hue°	Chroma
Intensidad luminosa	112.33 *	0.6812 *	42.08 *
AG <sub>3</sub>	32.48 *	0.0026 *	24.02 *
Zona	1044.89 *	0.0012 NS	0.85 NS
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub>	68.82 *	0.0142 *	21.36 *
Intensidad luminosa x Zona	349.79 *	0.0142 *	8.63 *
AG <sub>3</sub> x Zona	243.07 *	0.0017 *	6.29 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub> x Zona	115.58 *	0.0043 *	6.46 *
C.V.	3.45	-2.0051	11.58
R <sup>2</sup>	0.59	0.3886	0.30
Media	83.95	-1.3633	10.99

\*: Significativo; NS: No significativo; C.V.: Coeficiente de variación.

**Apéndice 14. Respuesta obtenida en los componentes de color de espatas de anturio para flor de corte variedad Acrópolis® cultivadas en tres intensidades de luz y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>).**

Intensidad luminosa ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	AG <sub>3</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Zona espata	L	Hue°	Chroma
256	0	A	82.86 bcdefghijk	-1.34 abcde	11.62 abcdef
		B	83.18 abcdefghijk	-1.36 abcdefg	11.18 bcdef
		C	87.59 abc	-1.34 abcde	11.67 abcdef
		D	85.68 abcdefg	-1.34 abcde	11.19 bcdef
	50	A	81.71 fghijkm	-1.36 abcdefgh	10.13 f
		B	84.25 abcdefghijk	-1.38 cdefgh	10.7 bcdef
		C	85.35 abcdefghi	-1.35 abcdefg	10.46 def
		D	87.40 abcd	-1.34 abcdef	9.83 f
	100	A	82.99 abcdefghijk	-1.34 abcde	11.85 abcdef
		B	85.09 abcdefghij	-1.33 ab	11.72 abcdef
		C	85.70 abcdefg	-1.33 abc	10.24 ef
		D	83.30 abcdefghijk	-1.36 abcdefgh	12.81 abc
	200	A	83.70 abcdefghijk	-1.34 abcdef	13.64 a
		B	85.04 abcdefghij	-1.34 abcdef	12.91 ab
		C	86.73 abcdef	-1.34 abcde	12.42 abcde
		D	88.08 a	-1.35 abcdefg	12.57 abcd
290	0	A	80.17 hijkm	-1.38 bcdefgh	10.89 bcdef
		B	82.50 cdefghijk	-1.37 bcdefgh	10.87 bcdef
		C	85.41 abcdefgh	-1.36 abcdefgh	11.13 bcdef
		D	87.15 abcde	-1.35 abcdefg	10.74 bcdef
	50	A	80.36 hijkm	-1.37 bcdefgh	10.68 bcdef
		B	82.18 efghijk	-1.35 abcdefg	10.32 def
		C	85.98 abcdefg	-1.34 abcdef	10.55 cdef
		D	84.77 abcdefghij	-1.31 a	10.42 def
	100	A	79.74 km	-1.35 abcdefg	11.37 abcdef
		B	82.38 defghijk	-1.34 abcdef	10.6 cdef
		C	85.82 abcdefg	-1.34 abcde	10.79 bcdef
		D	85.76 abcdefg	-1.34 abcde	11.74 abcdef
	200	A	80.05 jkm	-1.35 abcdefg	10.61 cdef
		B	81.37 ghijkm	-1.34 abcd	10.8 bcdef
		C	84.28 abcdefghijk	-1.34 abcdef	11.52 abcdef
		D	86.67 abcdef	-1.34 abcde	10.77 bcdef
364	0	A	69.89 n	-1.37 bcdefgh	10.1 f
		B	79.50 m	-1.39 gh	10.6 cdef
		C	86.99 abcde	-1.38 defgh	10.23 ef
		D	87.99 ab	-1.41 h	10.71 bcdef
	50	A	81.10 ghijkm	-1.39 efgh	10.91 bcdef
		B	84.30 abcdefghijk	-1.38 cdefgh	10.37 def
		C	85.82 abcdefg	-1.37 bcdefgh	10.55 cdef
		D	85.35 abcdefghi	-1.38 cdefgh	10.61 cdef
	100	A	83.27 abcdefghijk	-1.38 defgh	10.51 def
		B	85.02 abcdefghij	-1.38 bcdefgh	10.26 ef
		C	87.24 abcde	-1.38 cdefgh	10.52 def
		D	87.60 abc	-1.38 cdefgh	10.21 ef
	200	A	76.56 m	-1.37 bcdefgh	10.73 bcdef
		B	81.03 ghijkm	-1.39 fgh	10.84 bcdef
		C	87.03 abcde	-1.38 cdefgh	10.87 bcdef
		D	87.64 abc	-1.38 cdefgh	10.88 bcdef

Medias con diferentes letras en una columna son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

**Apéndice 15. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) sobre los componentes de color en cuatro zonas de la espata de anturio para flor de corte variedad Anneke®.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>L</b>	<b>Hue°</b>	<b>Chroma</b>
Intensidad luminosa	3163.10 *	0.6177 *	1946.25 *
AG <sub>3</sub>	2290.94 *	0.4065 *	2258.17 *
Zona	631.1939 *	0.0561 *	659.27 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub>	1882.57 *	0.3781 *	1432.10 *
Intensidad luminosa x Zona	777.92 *	0.1359 *	605.54 *
AG <sub>3</sub> x Zona	593.71 *	0.0957 *	600.40 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub> x Zona	506.85 *	0.0976 *	424.09 *
C.V.	7.81	13.5907	10.81
R <sup>2</sup>	0.71	0.7482	0.67
Media	59.77	0.4399	43.61

\*: Significativo; NS: No significativo; C.V.: Coeficiente de variación.

**Apéndice 16. Respuesta obtenida en los componentes de color de espatas de anturio para flor de corte variedad Anneke<sup>®</sup> cultivadas en tres intensidades de luz y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>).**

Intensidad luminosa ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	AG <sub>3</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Zona espata	L	Hue°	Chroma
256	0	A	75.06 a	0.65 a	30.06 o
		B	71.56 abcd	0.61 abc	34.55 klmno
		C	73.75 ab	0.62 abc	33.29 mno
		D	73.93 ab	0.62 abc	32.97 mno
	50	A	72.84 abc	0.67 a	29.85 o
		B	71.66 abcd	0.63 ab	34.16 lmno
		C	73.91 ab	0.64 a	32.91 no
		D	73.41 ab	0.63 ab	33.06 mno
	100	A	53.72 jklmn	0.37 ghi	45.13 abcdefghi
		B	51.47 mn	0.36 hi	53.04 a
		C	62.03 efghij	0.45 defgh	39.50 hijklmn
		D	58.86 efghijklmn	0.34 hi	46.77 abcdefghi
	200	A	54.10 ijklmn	0.37 hi	47.61 abcdefgh
		B	53.06 klmn	0.36 hi	51.14 ab
		C	58.66 efghijklmn	0.42 defghi	43.12 bcdefghij
		D	57.34 efghijklmn	0.34 i	47.97 abcdefg
290	0	A	61.14 efghijk	0.41 fghi	42.17 cdefghijkl
		B	56.46 ghijklmn	0.39 fghi	48.51 abcdefg
		C	64.85 cdef	0.52 cde	39.14 ijklmn
		D	62.63 efgh	0.49 def	40.65 ghijklmn
	50	A	60.49 efghijk	0.43 defghi	41.15 efghijklmn
		B	59.68 efghijklm	0.37 ghi	42.76 bcdefghijk
		C	64.39 defg	0.53 bcd	35.86 jklmno
		D	65.66 bcde	0.48 defg	33.59 mno
	100	A	56.60 fghijklmn	0.37 ghi	47.24 abcdefghi
		B	54.47 hijklmn	0.36 hi	51.13 ab
		C	60.17 efghijk	0.44 defghi	45.07 abcdefghi
		D	57.83 efghijklmn	0.38 ghi	47.02 abcdefghi
	200	A	50.59 n	0.39 fghi	49.29 abcdef
		B	51.43 mn	0.39 fghi	52.10 a
		C	55.10 hijklmn	0.38 ghi	50.53 abc
		D	54.88 hijklmn	0.38 ghi	49.49 abcde
364	0	A	50.79 n	0.38 ghi	53.21 a
		B	53.93 ijklmn	0.36 hi	49.64 abcd
		C	61.43 efghij	0.38 ghi	41.41 defghijklm
		D	53.76 jklmn	0.37 ghi	46.21 abcdefghi
	50	A	51.71 lmn	0.37 ghi	50.12 abc
		B	54.29 hijklmn	0.35 hi	48.11 abcdefg
		C	59.97 efghijkl	0.39 fghi	41.40 defghijklm
		D	54.73 hijklmn	0.37 ghi	45.91 abcdefghi
	100	A	58.30 efghijklmn	0.43 defghi	47.03 abcdefghi
		B	57.92 efghijklmn	0.41 fghi	44.79 abcdefghi
		C	62.16 efghi	0.43 defghi	40.89 fghijklmn
		D	57.12 fghijklmn	0.42 efghi	42.90 bcdefghijk
	200	A	56.14 ghijklmn	0.36 hi	47.92 abcdefgh
		B	54.36 hijklmn	0.37 ghi	47.89 abcdefgh
		C	56.01 hijklmn	0.39 ghi	48.16 abcdefg
		D	54.74 hijklmn	0.36 hi	46.70 abcdefghi

Medias con diferentes letras en una columna son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

**Apéndice 17. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) sobre los componentes de color en cuatro zonas de la espata de anturio para flor de corte variedad Casino®.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>L</b>	<b>Hue°</b>	<b>Chroma</b>
Intensidad luminosa	356.68 *	0.0929 *	398.50 *
AG <sub>3</sub>	54.95 *	0.0551 *	404.72 *
Zona	188.49 *	0.0014 NS	42.00 NS
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub>	129.62 *	0.0731 *	582.41 *
Intensidad luminosa x Zona	123.48 *	0.0183 *	96.56 *
AG <sub>3</sub> x Zona	58.36 *	0.0126 *	99.59 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub> x Zona	63.82 *	0.0182 *	153.13 *
C.V.	6.68	6.7245	6.69
R <sup>2</sup>	0.36	0.5300	0.48
Media	52.31	0.6233	62.91

\*: Significativo; NS: No significativo; C.V.: Coeficiente de variación.

**Apéndice 18. Respuesta obtenida en los componentes de color de espatas de anturio para flor de corte variedad Casino<sup>®</sup> cultivadas en tres intensidades de luz y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>).**

Intensidad luminosa ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	AG <sub>3</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Zona espata	L	Hue°	Chroma
256	0	A	49.96 efgh	0.65 abc	67.11 abcd
		B	48.17 h	0.65 abc	65.19 abcdef
		C	51.73 abcdefgh	0.65 abc	64.94 abcdef
		D	50.73 bcdefgh	0.64 abc	65.36 abcdef
	50	A	48.95 fgh	0.61 abc	64.16 abcdefg
		B	48.00 h	0.61 abc	62.52 abcdefg
		C	52.01 abcdefgh	0.60 bc	63.60 abcdefg
		D	51.93 abcdefgh	0.60 bc	64.40 abcdefg
	100	A	49.68 efgh	0.65 abc	63.09 abcdefg
		B	50.86 bcdefgh	0.64 abc	63.77 abcdefg
		C	52.46 abcdefgh	0.64 abc	64.33 abcdefg
		D	53.02 abcdefgh	0.64 abc	66.04 abcde
	200	A	48.99 fgh	0.65 abc	63.21 abcdefg
		B	50.61 cdefgh	0.68 a	63.42 abcdefg
		C	53.09 abcdefgh	0.65 abc	65.68 abcdef
		D	51.83 abcdefgh	0.66 ab	67.10 abcd
290	0	A	48.33 gh	0.50 d	53.30 hi
		B	52.09 abcdefgh	0.50 d	53.42 hi
		C	55.46 abcde	0.50 d	52.85 i
		D	54.84 abcdef	0.50 d	52.63 i
	50	A	51.66 abcdefgh	0.60 bc	61.17 bcdefg
		B	54.18 abcdefgh	0.58 c	59.75 defghi
		C	56.88 ab	0.59 bc	59.76 defghi
		D	55.54 abcde	0.59 bc	59.65 defghi
	100	A	51.12 bcdefgh	0.64 abc	64.89 abcdefg
		B	49.59 efgh	0.64 abc	64.67 abcdefg
		C	52.04 abcdefgh	0.63 abc	64.51 abcdefg
		D	49.42 efgh	0.63 abc	64.13 abcdefg
	200	A	53.95 abcdefgh	0.65 abc	69.02 a
		B	50.52 defgh	0.66 ab	68.46 ab
		C	53.16 abcdefgh	0.64 abc	67.83 abc
		D	50.64 bcdefgh	0.64 abc	68.03 abc
364	0	A	56.67 abcd	0.64 abc	62.99 abcdefg
		B	49.34 efgh	0.64 abc	64.10 abcdefg
		C	52.83 abcdefgh	0.65 abc	66.43 abcde
		D	54.87 abcdef	0.63 abc	64.67 abcdefg
	50	A	52.71 abcdefgh	0.66 ab	63.83 abcdefg
		B	56.78 abc	0.59 bc	57.40 ghi
		C	55.05 abcdef	0.65 abc	64.49 abcdefg
		D	54.55 abcdefg	0.64 abc	64.52 abcdefg
	100	A	52.87 abcdefgh	0.63 abc	63.14 abcdefg
		B	53.31 abcdefgh	0.61 abc	59.56 efghi
		C	57.77 a	0.59 bc	58.18 fghi
		D	56.78 abc	0.61 abc	60.81 cdefgh
	200	A	49.85 efgh	0.63 abc	62.89 abcdefg
		B	51.77 abcdefgh	0.62 abc	62.57 abcdefg
		C	51.47 bcdefgh	0.63 abc	62.97 abcdefg
		D	53.02 abcdefgh	0.62 abc	63.37 abcdefg

Medias con diferentes letras en una columna son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

**Apéndice 19. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) sobre los componentes de color en cuatro zonas de la espata de anturio para flor de corte variedad Tropical®.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>L</b>	<b>Hue°</b>	<b>Chroma</b>
Intensidad luminosa	276.99 *	0.0016 NS	176.00 *
AG <sub>3</sub>	282.71 *	0.0041 *	718.01 *
Zona	46.77 *	0.0036 *	145.56 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub>	149.73 *	0.0076 *	368.84 *
Intensidad luminosa x Zona	91.53 *	0.0031 *	82.65 *
GA <sub>3</sub> x Zona	117.54 *	0.0030 *	241.83 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub> x Zona	90.23 *	0.0039 *	179.00 *
C.V.	5.66	6.6199	6.20
R <sup>2</sup>	0.65	0.3098	0.65
Media	40.84	0.4659	52.11

\*: Significativo; NS: No significativo; C.V.: Coeficiente de variación.

**Apéndice 20. Respuesta obtenida en los componentes de color de espadas de anturio para flor de corte variedad Tropical<sup>®</sup> cultivadas en tres intensidades de luz y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>).**

Intensidad luminosa ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	AG <sub>3</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Zona espata	L	Hue°	Chroma
256	0	A	37.02 mno	0.46 abcd	50.40 cdef
		B	40.13 efghijklmno	0.46 abc	52.96 abcdef
		C	40.37 defghijklmn	0.46 abcd	51.46 abcdef
		D	39.35 hijklmno	0.48 abc	53.83 abcde
	50	A	37.05 lmno	0.47 abc	50.37 cdef
		B	39.00 hijklmno	0.47 abc	53.01 abcdef
		C	38.32 ijklmno	0.50 a	55.56 abcd
		D	42.04 cdefghij	0.47 abc	51.69 abcdef
	100	A	39.91 fghijklmno	0.46 abc	54.07 abcde
		B	39.49 ghijklmno	0.47 abc	54.89 abcde
		C	41.91 cdefghijk	0.46 abc	54.33 abcde
		D	42.61 cdefgh	0.46 abc	53.40 abcdef
	200	A	38.12 jklmno	0.44 cde	51.23 bcdef
		B	38.86 hijklmno	0.44 bcde	52.51 abcdef
		C	38.06 jklmno	0.45 abcd	52.17 abcdef
		D	38.92 hijklmno	0.45 abcd	52.92 abcdef
290	0	A	38.30 ijklmno	0.47 abc	53.15 abcdef
		B	36.56 no	0.48 abc	50.37 cdef
		C	41.78 cdefghijk	0.48 abc	55.13 abcde
		D	39.61 ghijklmno	0.48 abc	54.25 abcde
	50	A	53.33 a	0.38 e	33.18 i
		B	38.83 hijklmno	0.48 abc	53.17 abcdef
		C	44.64 bc	0.41 de	39.75 h
		D	37.83 klmno	0.47 abc	50.19 cdef
	100	A	43.54 bcdefg	0.48 abc	57.16 a
		B	41.69 cdefghijk	0.49 abc	56.59 ab
		C	43.57 bcdefg	0.48 abc	55.35 abcde
		D	46.77 b	0.46 abcd	55.45 abcd
	200	A	38.33 ijklmno	0.47 abc	53.74 abcde
		B	44.11 bcde	0.48 abc	42.43 gh
		C	41.17 cdefghijkl	0.48 abc	54.99 abcde
		D	42.93 bcdefgh	0.46 abc	49.62 ef
364	0	A	36.15 o	0.47 abc	50.34 cdef
		B	40.33 defghijklmn	0.46 abcd	52.20 abcdef
		C	39.34 hijklmno	0.48 abc	52.23 abcdef
		D	40.13 efghijklmno	0.47 abc	53.77 abcde
	50	A	42.01 cdefghij	0.46 abcd	50.17 def
		B	42.44 cdefghi	0.45 abcd	47.67 fg
		C	43.85 bcdef	0.47 abc	53.59 abcde
		D	39.77 fghijklmno	0.49 ab	53.76 abcde
	100	A	41.20 cdefghijk	0.47 abc	53.18 abcdef
		B	40.92 cdefghijklm	0.47 abc	55.00 abcde
		C	44.64 bc	0.48 abc	57.18 a
		D	44.36 bcd	0.47 abc	55.96 abc
	200	A	40.24 defghijklmno	0.47 abc	51.41 abcdef
		B	39.85 fghijklmno	0.45 abcd	50.82 bcdef
		C	39.81 fghijklmno	0.47 abc	52.10 abcdef
		D	41.06 cdefghijklm	0.47 abc	52.80 abcdef

Medias con diferentes letras en una columna son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

**Apéndice 21. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) sobre la vida en florero de inflorescencias y contenido de clorofila de cuatro variedades de anturio para flor de corte.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Vida florero</b>	<b>Clorofila</b>
Variedad	128.32 *	0.0110 *
Intensidad luminosa	384.08 *	0.0748 *
AG <sub>3</sub>	23.69 *	0.0006 NS
Variedad x Intensidad luminosa	124.21 *	0.0199 *
Variedad x AG <sub>3</sub>	48.05 *	0.0044 *
Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub>	79.89 *	0.0140 *
Variedad x Intensidad luminosa x AG <sub>3</sub>	47.62 *	0.0063 *
C.V.	14.50	11.27
R <sup>2</sup>	0.60	0.80
Media	19.06	0.34

\*: Significativo; NS: No significativo; C.V.: Coeficiente de variación.

**Apéndice 22. Respuesta de vida en florero de inflorescencias y contenido de clorofila de cuatro variedades de anturio para flor de corte cultivadas en tres intensidades de luz y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>).**

Variedad	Intensidad luminosa ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	AG <sub>3</sub> ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Vida en florero (días)	Clorofila ( $\text{mg g}^{-1}$ )
Acrópolis	256	0	17.60 def	0.34 abcdef
		50	19.40 abcdef	0.39 abc
		100	21.60 abcd	0.35 abcdef
		200	20.40 abcdef	0.37 abcde
	290	0	21.20 abcd	0.43 ab
		50	16.60 def	0.35 abcdef
		100	19.00 abcdef	0.33 abcdef
		200	19.60 abcdef	0.32 abcdef
	364	0	14.00 ef	0.27 bcdef
		50	18.00 cdef	0.30 abcdef
		100	13.40 f	0.28 bcdef
		200	16.00 def	0.33 abcdef
Anneke	256	0	25.60 a	0.45 a
		50	21.80 abcd	0.39 abcd
		100	25.20 ab	0.39 abc
		200	25.00 abc	0.37 abcde
	290	0	17.00 def	0.35 abcdef
		50	19.40 abcdef	0.30 abcdef
		100	20.20 abcdef	0.32 abcdef
		200	25.00 abc	0.31 abcdef
	364	0	16.80 def	0.34 abcdef
		50	16.20 def	0.25 cdef
		100	20.00 abcdef	0.31 abcdef
		200	22.00 abcd	0.27 bcdef
Casino	256	0	18.80 abcdef	0.35 abcdef
		50	22.00 abcd	0.33 abcdef
		100	21.00 abcde	0.40 abc
		200	25.00 abc	0.40 abc
	290	0	16.40 def	0.28 bcdef
		50	18.00 cdef	0.33 abcdef
		100	15.40 def	0.34 abcdef
		200	16.20 def	0.39 abcd
	364	0	20.80 abcde	0.20 f
		50	19.80 abcdef	0.24 cdef
		100	16.20 def	0.23 def
		200	17.00 def	0.21 ef
Tropical	256	0	20.40 abcdef	0.36 abcde
		50	21.20 abcd	0.38 abcd
		100	17.40 def	0.37 abcde
		200	21.40 abcd	0.46 a
	290	0	20.60 abcde	0.32 abcdef
		50	16.00 def	0.37 abcde
		100	19.40 abcdef	0.36 abcde
		200	15.60 def	0.34 abcdef
	364	0	18.40 bcdef	0.36 abcde
		50	14.00 ef	0.31 abcdef
		100	16.60 def	0.34 abcdef
		200	16.40 def	0.32 abcdef

Medias con diferentes letras en una columna son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

**Apéndice 23. Cuadrados medios y su significancia del análisis de varianza de tres intensidades de luz y cuatro dosis de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) sobre el contenido de antocianinas en las secciones media y lóbulo de inflorescencias de anturio para flor de corte variedades Anneke<sup>®</sup>, Casino<sup>®</sup> y Tropical<sup>®</sup>.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Var. Anneke</b>	<b>Var. Casino</b>	<b>Var. Tropical</b>
Nivel sombra	11.49 *	3.88 *	1.91 *
AG <sub>3</sub>	0.36 *	0.85 *	0.80 *
Sección	19.21 *	34.74 *	4.64 *
Nivel sombra x AG <sub>3</sub>	3.51 *	1.53 *	0.76 *
Nivel sombra x Sección	8.85 *	10.41 *	1.75 *
AG <sub>3</sub> x Sección	3.35 *	5.43 *	1.08 *
Nivel de sombra x AG <sub>3</sub> x Sección	2.92 *	2.77 *	0.75 *
C.V.	18.66	9.60	5.87
R <sup>2</sup>	0.84	0.90	0.85
Media	1.92	2.70	2.97

\*: Significativo; NS: No significativo; C.V.: Coeficiente de variación.

**Apéndice 24. Contenido de antocianinas en secciones media (M) y lóbulo (L) de inflorescencias de tres variedades de anturio para flor de corte cultivadas en tres intensidades de luz y cuatro concentraciones de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>).**

Intensidad luminosa ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	AG <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	Sección	Var. Anneke (mg L <sup>-1</sup> )	Var. Casino (mg L <sup>-1</sup> )	Var. Tropical (mg L <sup>-1</sup> )
256	0	L	2.61 abc	1.29 h	3.00 bcd
	0	M	2.67 abc	3.21 abcd	3.06 bcd
	50	L	2.97 ab	1.34 h	2.91 cd
	50	M	3.04 a	3.16 abcd	3.03 bcd
	100	L	1.89 cde	1.47 gh	3.01 bcd
	100	M	2.92 ab	3.36 abcd	3.03 bcd
	200	L	1.23 efg	1.76 fgh	3.00 bcd
	200	M	2.95 ab	3.63 a	4.34 a
290	0	L	1.48 defg	2.76 de	2.30 f
	0	M	2.64 abc	3.41 abc	3.08 bcd
	50	L	0.96 fg	2.87 cd	2.32 f
	50	M	2.16 bcd	3.49 ab	2.87 cd
	100	L	0.96 fg	2.82 cd	2.36 ef
	100	M	2.18 bcd	3.49 ab	3.05 bcd
	200	L	0.96 fg	2.19 ef	2.93 cd
	200	M	2.00 cde	3.15 abcd	3.00 bcd
364	0	L	1.18 efg	1.51 gh	2.85 cd
	0	M	1.73 def	2.83 cd	3.00 bcd
	50	L	0.88 g	1.98 fg	2.82 cd
	50	M	1.17 efg	2.84 cd	2.98 bcd
	100	L	1.43 defg	2.96 bcd	3.02 bcd
	100	M	1.41 defg	3.01 bcd	3.37 b
	200	L	1.68 defg	2.96 bcd	2.73 de
	200	M	2.96 ab	3.25 abcd	3.16 bc

Medias con diferentes letras en una columna son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).