



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FISIOLOGÍA VEGETAL

**FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN LA FLORACIÓN DE
Laelia anceps Lindl. subesp. *anceps* (ORCHIDACEAE)**

MARIEL DEL ROSARIO SÁNCHEZ VIDAÑA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2015

La presente tesis, titulada: Factores ambientales que influyen en la floración de *Laelia anceps* Lindl. subesp. *anceps* (ORCHIDACEAE), realizada por la alumna: Mariel del Rosario Sánchez Vidaña, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
FISIOLOGÍA VEGETAL
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA: 

DRA. ANA MARÍA HERNÁNDEZ ANGUIANO

DIRECTORA: 

DRA. OLGA TEJEDA SARTORIUS

ASESORA: 

DRA. LIBIA IRIS TREJO TÉLLEZ

ASESOR: 

DR. RAMÓN MARCOS SOTO HERNÁNDEZ

ASESORA: 

M. C. ELDA ARACELI GAYTÁN ACUÑA

Montecillo, Texcoco, México, diciembre 2015

**FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN LA FLORACIÓN DE *Laelia anceps*
Lindl. subesp. *anceps* (ORCHIDACEAE)**

Mariel del Rosario Sánchez Vidaña, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2015

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la fuente de luz en la inducción y calidad floral así como en la concentración de reguladores de crecimiento y nutrimentos en *L. anceps* subesp. *anceps* con fotoperíodos de 9 y 12 h y temperatura nocturna de 13 y 17°C. Se emplearon plantas adultas y lámparas fluorescentes combinadas con lámparas de aditivos metálicos y lámparas de alta presión de sodio con flujo de fotones fotosintéticos (FFF) de 80 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (FL1) y lámparas LEDs con FFF de 64 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (FL2). Con fotoperíodo de 9 h y 13°C, la condición de floración previa (CFP) tuvo efecto en el porcentaje de inducción floral y las fuentes de luz efecto diferencial en la concentración de reguladores y nutrimentos, efecto dependiente del órgano vegetal. Con fotoperíodo de 9 h y 17°C, la fuente de luz tuvo efecto en el diámetro del pseudobulbo de los brotes no inducidos a floración y efecto diferencial en la concentración de reguladores y nutrimentos en planta. Con fotoperíodo de 12 h y 13 °C la fuente de luz tuvo efecto en el tamaño del brote no inducido y efecto diferencial en la concentración de reguladores y de nutrimentos. Con fotoperíodo de 12 h y 17 °C la fuente de luz no tuvo efecto en el crecimiento vegetativo ni en el porcentaje de inducción a floración pero sí en el tamaño del brote inducido y en la concentración de reguladores y nutrimentos. En general con FL1 se tuvo alto porcentaje de inducción floral, menor número de días para antesis, mayor acumulación de AIA, AIB y BAP en raíz, pseudobulbo de la planta e inflorescencia del brote, pero menor concentración de N, P, K, S, Mg y Mn en hoja, pseudobulbo y raíz. Mientras que con FL2 se tuvo alta concentración de AIA y AIB en raíz, pseudobulbo del brote e inflorescencia; pero menor de K y Zn en hoja y pseudobulbo y de B en pseudobulbo. Lo anterior indica que la fuente de luz como factor ambiental no tiene efecto significativo en la inducción floral de la especie de orquídea en estudio.

Palabras clave: inducción floral, fuentes de luz, calidad floral.

**Environmental factors that affect the flowering of *Laelia anceps* Lindl. subsp.
anceps (ORCHIDACEAE)**

Mariel del Rosario Sánchez Vidaña, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2015

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of a source of light in the induction and floral quality as well as the concentration of growth regulators and nutrients in *L. anceps* subsp. *anceps* with photoperiods of 9 and 12 h and night temperature of 13 and 17°C. Adult plants were used and fluorescent lamps combined with metallic-additive lamps and high pressure sodium lamp with photosynthetic photon flux (FFF) of 80 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (FL1) and LED lamps with FFF of 64 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (FL2). The prior flowering condition (CFP) with photoperiod of 9 h at 13°C showed effect on the % of flowering induction and the light sources showed differential effect on the concentration of growth regulators and nutrients, the effect depended on the vegetative organ. On the other hand, when using a photoperiod of 9h at 17°C, the light source had an effect on the pseudo bulb diameter of the buds not induced to flowering and showed a differential effect on the concentration of growth regulators and nutrients in the plant. The light source with photoperiod of 12 h at 13°C affected the size of the bud not induced to flowering and showed a differential effect on the concentration of growth regulators and nutrients. The light source with photoperiod of 12 h and 17°C showed no effect in the vegetative growth nor in the % of flowering induction; however, it showed effect on the size of the bud induced to flowering and the concentration of growth regulators and nutrients. In general, by using FL1, the highest % of flowering induction was observed, as well as a lower number of days for anthesis, higher accumulation of AIA, AIB and BAP in the root, pseudobulb of the plant and bud inflorescence. On the other hand, lower levels of N, P, K, S, Mg, and Mn in the leaf, pseudo bulb and root were observed when using FL1. When using LF2, a higher concentration of AIA and AIB in the root, pseu dobulb and inflorescence was observed, but lower concentration of K and Zn in the leaf and pseudo bulb as well as B in the pseudo bulb. All of the above indicates that the light source is an environmental factor that not affects the flowering of the orchid specie studied.

Key words: Flowering induction, light sources, floral quality

Dedico esta tesis a:

Mi mami† y a mi familia;
Benjamín Gonzalez Vargas;
mis viejos amigos que siempre me acompañan;
y, a los nuevos que hice en el transcurso de esta experiencia.

Todos ellos han sido parte fundamental para lograr esta meta y me han acompañado en cada momento importante de mi vida. Por su apoyo, sus consejos y cariño, ¡gracias!

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento para la realización de mis estudios de postgrado. Al Colegio de Postgraduados, al cual agradezco mi formación.

Al Fideicomiso Revocable de Administración e Inversión No. 167304 para el Establecimiento y Operación de los Fondos para la Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del Colegio de Postgraduados, por el financiamiento parcial otorgado para la realización del presente trabajo.

Cada uno de los integrantes de mi Consejo Particular, por su paciencia, confianza y apoyo brindado, tanto para la realización de esta tesis, como para mi formación profesional.

Dr. Humberto Vaquera Huerta por su asesoría, dedicación y disposición para solucionar mis dudas para el análisis de los datos.

M. C. Perla Xochitl Olivares Mercado por su confianza, consejos y ánimos brindados en el transcurso de mi investigación. Gracias maestra por que fue pieza clave para no rendirme en mis momentos de debilidad.

M. C. Rubén San Miguel Chávez por su disposición y paciencia para transmitirme sus conocimientos, y sus consejos para seguir trabajando con entusiasmo.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	vi
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problemática	3
1.1.1. Pérdida de ecosistemas	3
1.1.2. Cambio climático	4
1.1.3. Explotación irracional	4
1.1.4. Tráfico ilegal	5
1.1.5. Categorías de riesgo	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1. Características generales de la familia Orchidaceae	7
2.2. Género <i>Laelia</i>	7
2.2.1. <i>Laelia anceps</i> subesp. <i>anceps</i>	9
2.3. Comercialización de orquídeas en el mundo	10
2.4. Comercialización de orquídeas en México.....	12
Potencial ornamental de especies silvestres	12
2.5. Fisiología ambiental de la floración	12
2.6. Fisiología ambiental de la floración de orquídeas	14
2.6.1. Características de la flor de las orquídeas.....	14
2.6.2. Los factores ambientales en la floración de orquídeas.....	15
2.6.3. Floración irregular de orquídeas.....	19
2.7. Factores exógenos que influyen en la floración	19
2.7.1. Efecto de la luz	19
2.7.2. Calidad de luz.....	20
2.7.3. Cantidad de luz.....	20
2.7.4. Fotoperíodo	21
2.7.5. La luz en el desarrollo de las orquídeas	22
2.7.6. Estrategias del uso de luz usadas en la horticultura.....	24
2.7.7. Efecto de la temperatura	26

2.7.8.	Latencia en orquídeas	31
2.7.9.	Efecto de la nutrición	33
2.8.	Factores endógenos que influyen en la floración	35
2.8.5.	Reguladores de crecimiento	35
2.9.	Influencia de los factores ambientales en el contenido de reguladores de crecimiento.....	40
2.9.1.	Luz.....	40
2.9.2.	Temperatura	41
2.9.3.	Concentración nutrimental.....	41
2.9.4.	Influencia de factores ambientales en el contenido nutrimental	43
III.	OBJETIVOS	47
3.1.	General	47
3.2.	Específicos.....	47
IV.	HIPÓTESIS	48
4.1.	General	48
4.2.	Específicas.....	48
V.	MATERIALES Y MÉTODOS	49
5.1.	Material vegetal.....	49
5.2.	Trasplante del material vegetal	49
5.3.	Sustrato.....	49
5.4.	Fertilización	49
5.4.1.	Fertilización de mantenimiento en invernadero	49
5.4.2.	Fertilización para inducción de floración en cámara de crecimiento.....	50
5.5.	Riegos.....	50
5.6.	Condiciones ambientales	50
5.6.1.	Ambiente controlado 1.....	50
5.6.2.	Ambiente controlado 2.....	51
5.7.	Temperatura y fotoperíodo evaluados en cada etapa.....	52
5.8.	Análisis de reguladores de crecimiento endógenos	53
5.8.1.	Preparación de las muestras	53

5.8.2. Determinación de la concentración de reguladores de crecimiento endógenos.....	54
5.9. Análisis nutrimental.....	57
5.9.1. Preparación de las muestras.....	57
5.9.2. Determinación nutrimental.....	57
5.10. Diseño de tratamientos.....	57
5.10.1. Etapa 1.....	57
5.10.2. Etapas 2, 3 y 4.....	58
5.11. Diseño experimental.....	58
5.12. Variables de estudio.....	59
5.12.1. Variables de crecimiento vegetativo.....	59
5.12.2. Variables de calidad floral.....	60
5.12.3. Variables complementarias.....	62
5.12.4. Análisis de datos.....	62
VI. RESULTADOS.....	63
6.1. ETAPA 1: FUENTES DE LUZ Y CONDICIÓN DE FLORACIÓN PREVIA CON FOTOPERÍODO 9 h Y TEMPERATURA NOCTURNA 13 °C.....	63
6.1.1. Análisis de variables de crecimiento vegetativo.....	63
6.1.2. Análisis de la calidad del desarrollo floral.....	64
6.1.3. Análisis de concentración de reguladores de crecimiento.....	67
6.1.4. Análisis de concentración nutrimental.....	78
6.2. ETAPA 2: FUENTES DE LUZ CON FOTOPERÍODO 9 h Y TEMPERATURA NOCTURNA 17 °C.....	90
6.2.1. Análisis de variables de crecimiento vegetativo.....	90
6.2.2. Análisis de la calidad del desarrollo floral.....	91
6.2.3. Análisis de concentración de reguladores de crecimiento.....	93
6.2.4. Análisis de concentración nutrimental.....	104
Cuadro 32.....	107
6.3. ETAPA 3: FUENTES DE LUZ CON FOTOPERÍODO 12 h Y TEMPERATURA NOCTURNA DE 13 °C.....	111
6.3.1. Análisis de variables de crecimiento vegetativo.....	111
6.3.2. Análisis de la calidad del desarrollo floral.....	112

6.3.3.	Análisis de concentración de reguladores de crecimiento	116
6.3.4.	Análisis de concentración nutrimental	127
6.4.	ETAPA 4: FUENTES DE LUZ CON FOTOPERÍODO 12 h Y TEMPERATURA NOCTURNA 17 °C.....	133
6.4.1.	Análisis de variables de crecimiento vegetativo	133
6.4.2.	Análisis de la calidad del desarrollo floral	134
6.4.3.	Análisis de concentración de reguladores de crecimiento	137
6.4.4.	Análisis de concentración nutrimental	147
VII.	DISCUSIÓN	153
7.1.	Análisis de variables de crecimiento vegetativo	153
7.2.	Análisis de la calidad del desarrollo floral	155
7.2.1.	Porcentaje de inducción floral.....	155
7.2.2.	Variables de floración	157
7.2.3.	Correlación Pearson entre las variables de floración	157
7.1.	Análisis de la concentración de reguladores de crecimiento.....	158
7.2.	Análisis de concentración nutrimental.....	159
VIII.	CONCLUSIONES GENERALES.....	162
IX.	LITERATURA CITADA.....	163

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Categorías de riesgo en el que se encuentran algunas especies de <i>Laelia</i> . . 6	6
Cuadro 2. Valor de la producción de orquídeas comercializadas en EUA en 2014. 11	11
Cuadro 3. Factores ambientales que controlan la floración en orquídeas..... 17	17
Cuadro 4. Resumen de temperatura y luz que promueve el crecimiento vegetativo (inhibe la floración) o reproductivo (estimula la floración) para varios géneros de orquídeas y sus grupos hortícolas..... 18	18
Cuadro 5. Temperaturas recomendadas en el cultivo de orquídeas en invernadero. .. 28	28
Cuadro 6. Días requeridos para inducir floración en <i>Cattleya</i> dependiente de la temperatura y tamaño de botón. 29	29
Cuadro 7. Latencia máxima reportada en diferentes especies de orquídeas..... 32	32
Cuadro 8. Fertilización recomendada para diferentes etapas de desarrollo en orquídeas. 33	33
Cuadro 9. Efecto de los reguladores de crecimiento en las plantas..... 36	36
Cuadro 10. Rangos de suficiencia en algunas especies de orquídeas. 42	42
Cuadro 11. Concentración nutrimental en tejido de <i>Laelia speciosa</i> 43	43
Cuadro 12. Fotoperíodos y temperaturas nocturnas evaluados en cada etapa experimental..... 52	52
Cuadro 13. Efecto de la fuente de luz y condición de floración previa en el crecimiento vegetativo de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C..... 63	63
Cuadro 14. Efecto de la fuente de luz y condición de floración previa en el tamaño del brote inducido y no inducido a floración de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C. 64	64
Cuadro 15. Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la calidad del desarrollo floral de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C. 66	66
Cuadro 16. Correlación Pearson de la calidad del desarrollo floral de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C..... 67	67
Cuadro 17. Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la concentración de macronutrientes (g kg^{-1}) en hojas de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C. 80	80
Cuadro 18. Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la concentración de macronutrientes (g kg^{-1}) en pseudobulbos de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C. 81	81

Cuadro 19. Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la concentración de macronutrientos (g kg^{-1}) en raíz de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.	83
Cuadro 20. Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la concentración de micronutrientos (mg kg^{-1}) en hojas de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.	85
Cuadro 21. Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la concentración de micronutrientos (mg kg^{-1}) en pseudobulbo de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.	86
Cuadro 22. Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la concentración de micronutrientos (mg kg^{-1}) en raíz de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.	87
Cuadro 23. Contraste de la concentración de macronutrientos (g kg^{-1}), entre el muestreo inicial y durante la inducción a floración, en hoja, pseudobulbo y raíz, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.	88
Cuadro 24. Contraste de la concentración de micronutrientos (mg kg^{-1}), entre el muestreo inicial y durante la inducción a floración, en hoja, pseudobulbo y raíz, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.	89
Cuadro 25. Efecto de diferentes fuentes de luz en el crecimiento vegetativo de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	90
Cuadro 26. Efecto de diferentes fuentes de luz en el tamaño del brote inducido y no inducido a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	91
Cuadro 27. Efecto de diferentes fuentes de luz en la calidad del desarrollo floral de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	92
Cuadro 28. Correlación Pearson de la calidad del desarrollo floral de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	93
Cuadro 29. Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de macronutrientos (g kg^{-1}) en hojas de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	105
Cuadro 30. Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de macronutrientos (g kg^{-1}) en pseudobulbos de plantas de <i>L. anceps</i>	

	subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	105
Cuadro 31.	Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de macronutrientos (g kg^{-1}) en raíz de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	106
Cuadro 32.	Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de micronutrientos (mg kg^{-1}) en hojas de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	107
Cuadro 33.	Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de micronutrientos (mg kg^{-1}) en pseudobulbo de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	108
Cuadro 34.	Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de micronutrientos (mg kg^{-1}) en raíz de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	108
Cuadro 35.	Contraste de la concentración de macronutrientos (g kg^{-1}), entre el muestreo inicial y durante la inducción a floración, en hoja, pseudobulbo y raíz, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C	109
Cuadro 36.	Contraste de la concentración de micronutrientos (mg kg^{-1}), entre el muestreo inicial y durante la inducción a floración, en hoja, pseudobulbo y raíz, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	110
Cuadro 37.	Efecto de la fuente de luz en el crecimiento vegetativo de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.	111
Cuadro 38.	Efecto de la fuente de luz en el tamaño del brote inducido y no inducido a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.	112
Cuadro 39.	Efecto de la fuente de luz en la calidad del desarrollo floral de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.	114
Cuadro 40.	Correlación Pearson de la calidad del desarrollo floral de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con efecto de la fuente de luz con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.	115
Cuadro 41.	Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de macronutrientos (g kg^{-1}) en hojas de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.	127
Cuadro 42.	Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de macronutrientos (g kg^{-1}) en pseudobulbos de plantas de <i>L. anceps</i>	

	subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.....	128
Cuadro 43.	Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de macronutrientes (g kg^{-1}) en raíz de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.	128
Cuadro 44.	Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la concentración de micronutrientes (mg kg^{-1}) en hojas de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.	129
Cuadro 45.	Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la concentración de micronutrientes (mg kg^{-1}) en pseudobulbo de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.	130
Cuadro 46.	Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la concentración de micronutrientes (mg kg^{-1}) en raíz de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.	131
Cuadro 47.	Contraste de la concentración de macronutrientes (g kg^{-1}), entre el muestreo inicial y durante la inducción a floración, en hoja, pseudobulbo y raíz, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.	131
Cuadro 48.	Contraste de la concentración de micronutrientes (mg kg^{-1}), entre el muestreo inicial y durante la inducción a floración, en hoja, pseudobulbo y raíz, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h de temperatura nocturna de 13 °C.	132
Cuadro 49.	Efecto de diferentes fuentes de luz en el crecimiento vegetativo de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.	133
Cuadro 50.	Efecto de diferentes fuentes de luz en el tamaño del brote inducido y no inducido a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.	134
Cuadro 51.	Efecto de diferentes fuentes de luz en la calidad del desarrollo floral de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.	135
Cuadro 52.	Correlación Pearson de la calidad del desarrollo floral de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con efecto de diferentes fuentes de luz con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.	136
Cuadro 53.	Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de macronutrientes (g kg^{-1}) en hojas de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.	148

Cuadro 54.	Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de macronutrientes (g kg^{-1}) en pseudobulbos de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.....	148
Cuadro 55.	Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de macronutrientes (g kg^{-1}) en raíz de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.	149
Cuadro 56.	Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de micronutrientes (mg kg^{-1}) en hojas de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.	149
Cuadro 57.	Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de micronutrientes (mg kg^{-1}) en pseudobulbo de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.....	150
Cuadro 58.	Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de micronutrientes (mg kg^{-1}) en raíz de plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.	150
Cuadro 59.	Contraste de la concentración de macronutrientes (g kg^{-1}), entre el muestreo inicial y durante la inducción a floración, en hoja, pseudobulbo y raíz, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.	151
Cuadro 60.	Contraste de la concentración de micronutrientes (mg kg^{-1}), entre el muestreo inicial y durante la inducción a floración, en hoja, pseudobulbo y raíz, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.	151

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución geográfica del género <i>Laelia</i> en México.	9
Figura 2. Distribución geográfica de <i>Laelia anceps</i> subesp. <i>anceps</i>	10
Figura 3. Floricultura y productos de vivero de importancia en EUA en 2014.	11
Figura 4. Morfología de la flor del género <i>Laelia</i>	14
Figura 5. Ambiente controlado 1	51
Figura 6. Ambiente controlado 2.	51
Figura 7. Esquema de ubicación del brote y de la estructura de crecimiento compuesta por pseudobulbo, hoja y raíz, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> para la determinación de reguladores de crecimiento (A) y nutrimentos(B).	54
Figura 8. Protocolo para la determinación de reguladores de crecimiento endógenos. Modificado de Pan <i>et al.</i> (2010).	56
Figura 9. Variables de crecimiento vegetativo.	59
Figura 10. Variables de calidad floral.	61
Figura 11. Porcentaje de inducción a floración de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.	65
Figura 12. Concentración de ácido indol-3-acético (AIA) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C	68
Figura 13. Concentración de ácido indol-3-acético (AIA) en brotes inducidos a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.	69
Figura 14. Concentración de ácido indol-3-butírico (AIB) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.	70
Figura 15. Concentración de ácido indol-3-butírico (AIB) en brotes inducidos a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.	71
Figura 16. Concentración de ácido giberélico (AG ₃) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.	72
Figura 17. Concentración ácido giberélico (AG ₃) en brotes inducidos a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con diferentes fuentes de luz y diferentes estados	

	de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.	73
Figura 18.	Concentración de cinetina en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.....	74
Figura 19.	Concentración de 6-bencilaminopurina (BAP) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.....	75
Figura 20.	Concentración 6-bencilaminopurina (BAP) en brotes inducidos a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.	76
Figura 21.	Concentración de ácido abscísico (ABA) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.	77
Figura 22.	Concentración ácido abscísico (ABA) en brotes inducidos a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.	78
Figura 23.	Porcentaje de inducción a floración de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	92
Figura 24.	Concentración de ácido indol-3-acético (AIA) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	94
Figura 25.	Concentración de ácido indol-3-acético (AIA) en brotes inducidos a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	95
Figura 26.	Concentración de ácido indol-3-butírico (AIB) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	96
Figura 27.	Concentración de ácido indol-3-butírico (AIB) en brotes inducidos a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	97

Figura 28. Concentración de ácido giberélico (AG ₃) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	98
Figura 29. Concentración ácido giberélico (AG ₃) en brotes inducidos a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	99
Figura 30. Concentración de cinetina en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	100
Figura 31. Concentración cinetina en brotes inducidos a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	101
Figura 32. Concentración de 6-bencilaminopurina (BAP) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	102
Figura 33. Concentración de ácido abscísico (ABA) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	103
Figura 34. Concentración ácido abscísico (ABA) en brotes inducidos a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.	104
Figura 35. Porcentaje de inducción a floración de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C..	113
Figura 36. Concentración de ácido indol-3-acético (AIA) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz,	116
Figura 37. Concentración de ácido indol-3-acético (AIA) en brotes inducidos a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> ,.....	117
Figura 38. Concentración de ácido indol-3-butírico (AIB) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz ,	118
Figura 39. Concentración de ácido indol-3-butírico (AIB) en brotes inducidos a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con diferentes fuentes de luz,...	119
Figura 40. Concentración de ácido giberélico (AG ₃) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz,	120

Figura 41. Concentración ácido giberélico (AG ₃) en brotes inducidos a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con diferentes fuentes de luz,.....	121
Figura 42. Concentración de cinetina en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz,.....	122
Figura 43. Concentración de 6-bencilaminopurina (BAP) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz,.....	123
Figura 44. Concentración de 6-bencilaminopurina (BAP) en brotes inducidos a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con diferentes fuentes de luz,...	124
Figura 45. Concentración de ácido abscísico (ABA) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz ,	125
Figura 46. Concentración ácido abscísico (ABA) en brotes inducidos a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con diferentes fuentes de luz,.....	126
Figura 47. Porcentaje de inducción a floración de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.	134
Figura 48. Concentración de ácido indol-3-acético (AIA) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.	137
Figura 49. Concentración de ácido indol-3-acético (AIA) en brotes inducidos a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.	138
Figura 50. Concentración de ácido indol-3-butírico (AIB) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.	139
Figura 51. Concentración de ácido indol-3-butírico (AIB) en brotes inducidos a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.	140
Figura 52. Concentración de ácido giberélico (AG ₃) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.	141
Figura 53. Concentración ácido giberélico (AG ₃) en brotes inducidos a floración, de <i>L. anceps</i> subesp. <i>anceps</i> , con diferentes fuentes de luz , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.	142

- Figura 54.** Concentración de cinetina en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C. 143
- Figura 55.** Concentración de 6-bencilaminopurina (BAP) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C. 144
- Figura 56.** Concentración 6-bencilaminopurina (BAP) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C. 145
- Figura 57.** Concentración de ácido abscísico (ABA) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C. 146
- Figura 58.** Concentración ácido abscísico (ABA) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C. 147

I. INTRODUCCIÓN

Orchidaceae es una de las familias de plantas con mayor aceptación comercial en el mundo, en donde muchas de sus especies tienen amplio potencial ornamental. El gran interés comercial que ha despertado desde hace muchos años ha favorecido un extenso mercado, en el que tanto las plantas en maceta como las flores de corte se cotizan a precios elevados (Ávila y Salgado-Garciglia, 2006). Así, la elegancia y belleza de sus flores representan un gran potencial para la industria ornamental (Tiza, 2010).

Las orquídeas son plantas con largos periodos para alcanzar su estado reproductivo, el cual puede variar entre los cuatro y siete años (dependiendo de la especie; Runkle, 2010), y se considera que está determinada genéticamente (Goh *et al.*, 1982). La floración de este tipo de plantas depende, en gran medida, del ambiente en el que se desarrollen, lo cual complica su manejo para la obtención de floración en las temporadas de mayor demanda, por lo que es necesaria la información de los procesos fisiológicos de la floración, para lanzar al mercado especies con valor ornamental para su comercialización.

Justificación del estudio

Algunos autores señalan que las plantas epífitas y hemiepífitas representan alrededor de 10% de la diversidad vegetal en el mundo. Dentro de las angiospermas, son las monocotiledóneas las que cuentan con la más alta representación de epífitas, principalmente las familias Orchidaceae, Bromeliaceae y Araceae (Ceja *et al.*, 2008).

La familia Orchidaceae es una de las más diversas y grandes dentro de las plantas que producen flores, en la que se consideran aproximadamente 800 géneros, con estimaciones de 20,000 a 30,000 especies (Hágsater *et al.*, 2005) y algunos autores hasta 35,000 (Chase *et al.*, 2003). México cuenta con una amplia diversidad de orquídeas, en donde se estiman entre 1,200 a 1,400 especies y subespecies, agrupadas en 159 géneros, con un endemismo de 35% (Hágsater *et al.*, 2005).

La familia Orchidaceae es una de las más vulnerables, por la destrucción de su hábitat y la gran extracción a la que ha estado sujeta. El escaso control en su recolección y en

la comercialización ilegal de muchas de sus especies silvestres, las ubica en diferentes categorías de riesgo (Francisco *et al.*, 2011).

Es necesario incrementar los esfuerzos de conservación de la diversidad vegetal, especialmente en las altitudes medias de las zonas montañosas del país (CONABIO-CONANP-SEMARNAT, 2008). La idea de propagar orquídeas surge, entre varios otros motivos, por la necesidad de recuperar especies nativas en peligro de extinción, ya que la incursión indebida del hombre en los medios naturales ha generado desequilibrio tanto en las orquídeas como en otras especies nativas (Tiza, 2010).

Las orquídeas silvestres se ven afectadas por la deforestación y el cambio de uso de suelo, por lo que se sugiere realizar prácticas para su conservación, tales como: establecer viveros registrados como Unidades de Manejo Ambiental (UMA), que resguarden y propaguen las especies amenazadas; vinculación con las UMAs para investigación, comercialización y ecoturismo; capacitación y asesorías para la conformación de UMA en las comunidades, así como su seguimiento, inspección y vigilancia; y finalmente hacer amplia investigación en materia de polinización, micropropagación y adaptación y manejo a vivero de especies con potencial ornamental, con el fin de generar guías técnicas para su manejo (Menchaca *et al.*, 2012). Indudablemente, el estudio de la floración dentro de las necesidades del manejo de las orquídeas, es prioritario. El avance en este tipo de estudios, es fundamental para desalentar el saqueo de plantas en la naturaleza en los países que poseen una alta diversidad de orquídeas, como nuestro país.

Una vez que una especie de orquídea es capaz de florecer, las floraciones subsecuentes son generalmente anuales y su ocurrencia depende de condiciones ambientales como temperatura, fotoperíodo y nutrición.

Existen reportes que indican, en el caso de vainilla (*Vanilla planifolia*), que la floración sólo se produce después de que la planta alcanza cierto tamaño y la cantidad de nutrimentos y fotoasimilados es suficiente para cubrir las demandas de la flor (Osorio *et al.*, 2014). En el proceso de producción de orquídeas se busca disminuir la fase juvenil para obtener la primera floración en menor tiempo.

Con excepción de algunos géneros de orquídeas (*Phalaenopsis* y *Cattleya*), no es posible coordinar los procesos de floración con los picos de mercado, y la información

sobre la fisiología de floración de diversos géneros en ambientes controlados, es escasa (Vaz *et al.*, 2004).

De acuerdo con lo anterior, para poder comercializar especies de orquídeas silvestres, es fundamental el estudio y conocimiento desde los requerimientos básicos de su floración, su fisiología y los efectos ambientales que actúan para inducirla y para completar su desarrollo, hasta los avances genéticos y moleculares que permitan la generación de nuevas variedades. Sin embargo, en México, este tipo de investigaciones es aún escasa.

1.1. Problemática

1.1.1. Pérdida de ecosistemas

Pocas plantas son tan íntimamente dependientes de otras formas de vida para su supervivencia como las orquídeas y, quizás, es eso lo que las hace tan fascinantes (Ezcurra, 2006).

México tiene más de la mitad de su territorio situado al sur del Trópico de Cáncer, es decir, en la zona más cálida del planeta, condición que lo coloca en una situación privilegiada en lo que a cantidad de especies y diversidad de hábitos y formas de vida se refiere (Ceja *et al.*, 2008). A pesar de ello, el país ha perdido más de la tercera parte de sus bosques y selvas (CONABIO-CONANP-SEMARNAT, 2008).

Las plantas epífitas, a lo largo de su vida evolutiva, han desarrollado modificaciones morfológicas, anatómicas y fisiológicas, para adaptarse a las diversas condiciones ambientales en las que viven. Además, han modificado sus flores e inflorescencias para favorecer su éxito reproductivo, lo cual les ha permitido colonizar nichos ecológicos específicos en una gran diversidad de hábitats (Ceja *et al.*, 2008).

La mayor diversidad de orquídeas se encuentra en los bosques nebulosos del trópico y subtropical (Tiza, 2010). Los incendios forestales y la transformación de las áreas forestales para la agricultura y pastoreo han incrementado notablemente, por lo que es importante fomentar el mantenimiento, conservación y protección de los bosques, con el fin de mantener las poblaciones de orquídeas (Halbinger y Soto, 1997). La destrucción del hábitat es sólo una parte del problema. Si las selvas y los bosques continúan desapareciendo, también lo harán las orquídeas y toda la maravillosa red de interacciones biológicas que mantienen (Ezcurra, 2006).

Por ejemplo, la mayoría de las especies de orquídeas del género *Laelia* prefieren como árboles hospedantes diversas especies de robles (*Quercus*; Halbinger y Soto, 1997), por lo que su supervivencia depende directamente de la conservación de las poblaciones de éste tipo de árboles.

1.1.2. Cambio climático

Las observaciones fenológicas son una valiosa fuente de información para investigar las relaciones entre la variación climática y el desarrollo vegetal (Alvarado *et al.*, 2002).

Las plantas tienen algunos mecanismos de ajuste ante los desequilibrios causados por los cambios ambientales. Para compensar dichos cambios, las plantas pueden desarrollar cambios bioquímicos para asimilación de recursos y en la biomasa. Esta adaptación permite a las plantas desarrollarse en una amplia variedad de ambientes; sin embargo, la plasticidad o habilidad de adecuación de las especies es limitada y grandes cambios en las condiciones pueden ocasionar variaciones en la composición de especies (Alvarado *et al.*, 2002).

La floración es considerada como una de las etapas fenológicas más sensibles a cambios climáticos (Spano *et al.*, 1999).

Se pueden encontrar especies cuya floración u otra feno-fase está controlada por la temperatura, otras plantas donde el fotoperíodo es determinante, e incluso algunas especies donde la disponibilidad de agua sea el factor que desencadene un determinado evento fenológico (Alvarado *et al.*, 2002).

1.1.3. Explotación irracional

Mundialmente miles de especies silvestres son fuentes actuales o potenciales de satisfactores para los seres humanos. No obstante, el aprovechamiento de muchas de esas plantas se realiza en forma insostenible, lo cual las pone en riesgo de extinción (CONABIO-CONANP-SEMARNAT, 2008).

La colecta de las especies con valor ornamental pertenecientes a las familias Orchidaceae, Bromeliaceae y otras más, afecta a sus poblaciones naturales, ya que los recolectores extraen plantas completas en diferentes etapas fenológicas, impidiendo la regeneración y conservación de la población (Munguía-Lino *et al.*, 2010).

Algunas especies de *Laelia*, como *L. anceps* subesp. *dawsonii*, *L. speciosa*, *L. superbiens*, se encuentran en alguna categoría de riesgo (SEMARNAT, 2010), debido su recolección para abastecer a los productores de orquídeas, y el volumen de flores cortadas para su comercialización ha aumentado (Halbinger y Soto, 1997). Este tipo de actividades deben detenerse con el fin de mantener las poblaciones silvestres saludables y preservar estas plantas como un legado para las generaciones futuras (Halbinger y Soto, 1997).

Es importante promover estrategias que permitan el uso racional de este recurso, apoyando la economía de las comunidades rurales de las que se obtengan las plantas, sin menoscabo de las poblaciones, evitando con ello la alteración del ecosistema en su conjunto (Ceja *et al.*, 2008).

1.1.4. Tráfico ilegal

La demanda de productos de vida silvestre impulsa un comercio ilegal con un valor estimado de hasta 10 mil millones de dólares por año. Las orquídeas representan el 70% del total de la lista de especies comercializadas que se encuentran amenazadas (Hinsley *et al.*, 2015). El tráfico de plantas silvestres es una de las mayores amenazas a la diversidad biológica, y las plantas epífitas son un grupo especialmente susceptible a esta actividad, ya que proveen al mercado hortícola de una gran cantidad de especies, principalmente bromelias y orquídeas, las cuales son extraídas sin ningún tipo de control de las zonas donde habitan, generando desequilibrio en los ecosistemas e incluso la desaparición de algunas especies (Ceja *et al.*, 2008).

La comercialización legal de las especies silvestres incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (SEMARNAT, 2010) se debe llevar a cabo a partir de individuos procedentes de una UMA, cuyo establecimiento requiere de la autorización de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de su Dirección General de Vida Silvestre que certificará, en el caso de las orquídeas, su reproducción y con ello evitar la sobreexplotación de los individuos silvestres (Menchaca *et al.*, 2012).

1.1.5. Categorías de riesgo

Según la NOM-059 (SEMARNAT, 2010) 188 especies de orquídeas están consideradas en alguna categoría de riesgo en México, incluidas varias especies del género *Laelia* (Cuadro 1), lo que refuerza la importancia de estudiar prácticas de manejo para su propagación y cultivo, y de esta manera evitar el saqueo de sus especies.

Cuadro 1. Categorías de riesgo en el que se encuentran algunas especies de *Laelia*.

Especie	Distribución	Categoría
<i>Laelia anceps</i> subesp. <i>dawsonii</i>	Endémica	En peligro de extinción
<i>Laelia gouldiana</i>	Endémica	Probablemente extinta en el medio silvestre
<i>Laelia speciosa</i>	Endémica	Sujetas a protección especial
<i>Laelia superbiens</i>	No endémica	Amenazada

Fuente: SEMARNAT, 2010.

La subespecie *anceps* no está en situación de riesgo, hay grandes poblaciones en Veracruz, San Luis Potosí y Tamaulipas. Sin embargo, es muy escasa y conocida sólo de pequeñas regiones en Chiapas y Oaxaca (Halbinger y Soto, 1997).

De no actuar pronto y tomarse medidas para el control del uso sustentable de orquídeas provenientes del medio silvestre, muy pronto el listado de la NOM-059 (SEMARNAT, 2010) incrementará el número de las especies en peligro. Además, es necesario proveer a la floricultura nacional, de nuevas especies y variedades que, por un lado, den beneficios económicos a los productores, pero por otro lado, también den satisfacción a los consumidores y reflejen la gran riqueza ornamental que posee nuestro país, en donde las orquídeas son verdaderamente una potencia para el desarrollo de la producción florícola.

Es por lo anterior que el estudio de la floración de las orquídeas, desde el punto de vista que se quiera abordar, es urgente para los fines mencionados.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características generales de la familia Orchidaceae

Las orquídeas pertenecen a la familia Orchidaceae, que comprende entre 25 mil y 30 mil especies, y quizá otros 6 mil híbridos. Se pueden encontrar por todo el mundo pero son más abundantes en las regiones tropicales o cálido-húmedas (Hágsater *et al.*, 2005; Menchaca y Moreno, 2011).

En lo referente a altitud encuentran desde los 0 msnm hasta los 4,000 msnm y los países con mayor diversidad son Nueva Guinea, Colombia, Brasil, Borneo y Java (Téllez-Velazco, 2011). En México, 60% de las especies de orquídeas se desarrollan en el bosque de niebla (Menchaca *et al.*, 2012).

La familia Orchidaceae se caracteriza por desarrollar un cotiledón, por ello son consideradas monocotiledóneas. La estructura de los tallos es una diferencia importante ya que afecta el tipo de crecimiento de las plantas. Las flores presentan usualmente una simetría bilateral, poseen un labio o labelo (Dressler, 1981). El crecimiento básico de las orquídeas es simpodial, aunque algunas desarrollan un hábito de crecimiento monopodial (Arditti y Ghani, 2000).

Las raíces de las orquídeas poseen la capacidad de fotosintetizar y presentan una estructura llamada velamen, el cual cumple la función de proveer agua y nutrientes a la planta. En muchas orquídeas terrestres, adicional a los tubérculos, cormos y pseudobulbos, las raíces también son órganos de almacén (Dressler, 1981). Los pseudobulbos tienen la función de fotosintetizar y almacenar sustancias de reserva (Dressler, 1981; Peres *et al.*, 2001).

2.2. Género *Laelia*

El género *Laelia* fue descrito por John Lindley en 1831 a partir de una especie mexicana, *Laelia speciosa*, conocida desde 1816 con el nombre de *Bletia speciosa* H. B. K. (Bollone, 2006). Comprende 70 especies epífitas o litófitas, de crecimiento simpodial (Lecoufle, 2005). Este género es uno de los más representativos e importantes de México, incluye algunas de las orquídeas más bellas y conocidas, las cuales han sido utilizadas por diversos grupos indígenas (Chihuahua y Chiapas), en

rituales y ceremonias religiosas principalmente (Halbinger y Soto, 1997), así como en otros lugares del país como Michoacán, Puebla, Oaxaca, Veracruz.

Las laelias son plantas epífitas, a veces litófitas. Sus pseudobulbos llevan por lo general una hoja coriácea. La inflorescencia se forma en la punta de los pseudobulbos y tiene flores grandes de diversos colores: blancas, amarillas, y en la gama de los rosas, rojos y púrpuras (Bollone, 2006). En general las especies del género *Laelia* son plantas de frío y solamente florecen una vez al año, la cual ocurre en los meses de octubre y noviembre (Halbinger y Soto, 1997).

La mayoría de las laelias mexicanas habitan las zonas montañosas, distribuidas en Sierra Madre Occidental, Eje Volcánico Transversal y Sierra Madre del Sur, mientras que solo un grupo pequeño se distribuye en la cuenca del Golfo de México, particularmente en la Sierra Madre Oriental (*L. anceps* y *L. speciosa*) y el Istmo de Tehuantepec (*L. anceps*, *L. rubescens* y *L. superbiens*; Halbinger y Soto, 1997; Figura 1).

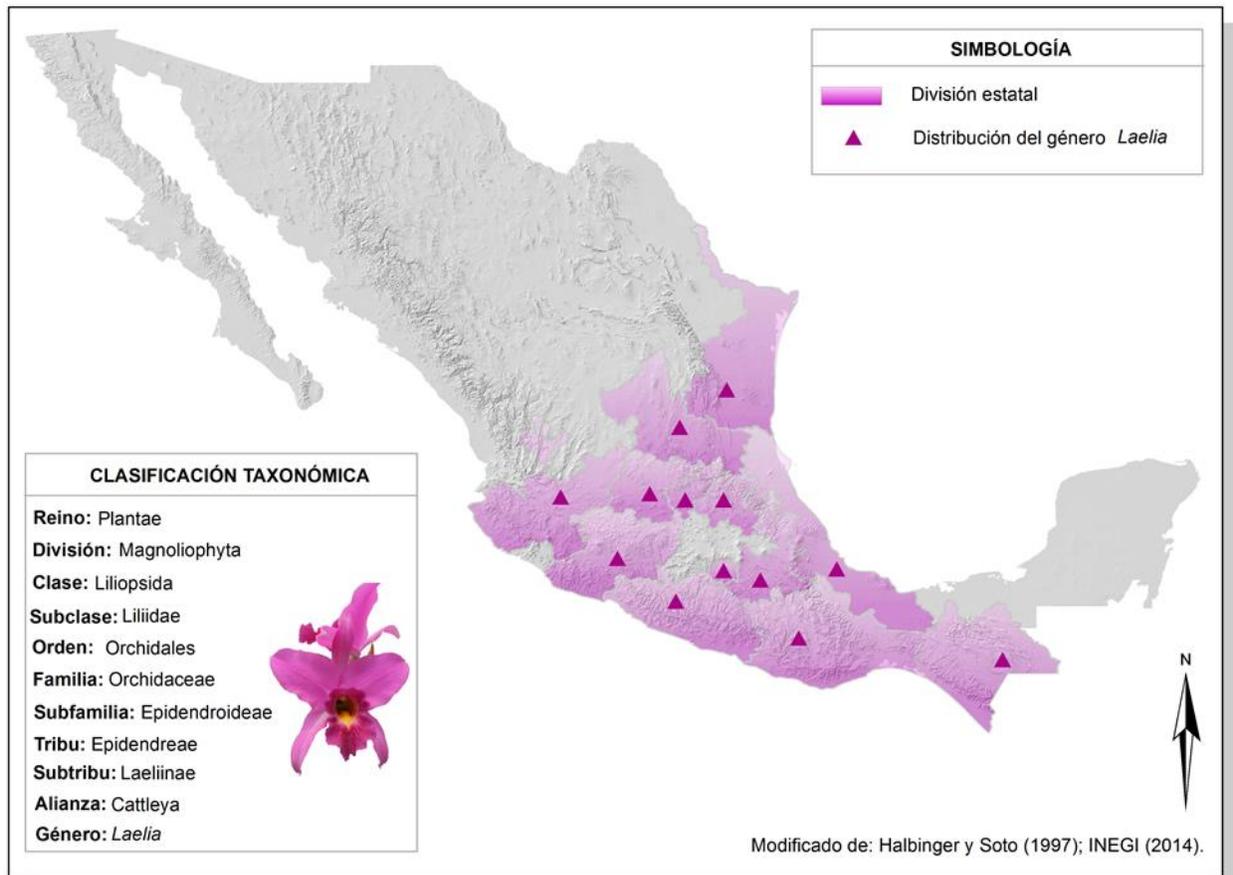


Figura 1. Distribución geográfica del género *Laelia* en México.

2.2.1. *Laelia anceps* subesp. *anceps*

Laelia anceps Lindl. es la especie mexicana más importante (Soto-Arenas, 1993), presenta pseudobulbos largos (de 8 a 10 cm), aplanados y cuadrangulares, espaciados a lo largo del rizoma y coronados por una hoja (raramente dos) de 15 a 20 cm de largo; la inflorescencia llega a medir, e incluso rebasar los 80 cm, es arqueada, y lleva de dos a cinco flores de 10 centímetros de diámetro (Bollone, 2006).

Dentro de *Laelia anceps* la subespecie *anceps* presenta poblaciones numerosas (Soto-Arenas, 1993), las cuales son plantas epífitas de crecimiento simpodial (Halbinger y Soto, 1997). Las orquídeas que crecen en forma simpodial, lo hacen hacia los lados, en donde uno de los brotes terminales muere y continúa el crecimiento con la aparición de nuevos brotes (Menchaca y Moreno, 2011). Cada año producen un brote nuevo y diferente, que surge de la base de un rizoma rastrero (Lecoufle, 2005).

Laelia anceps subesp. *anceps* tiene una distribución geográfica amplia, que comprende desde el estado de Nuevo León hasta el norte de Guatemala, donde se incluyen los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Veracruz, Puebla, Oaxaca y Chiapas (Ames y Correll, 1985; Halbinger y Soto, 1997; Figura 2).

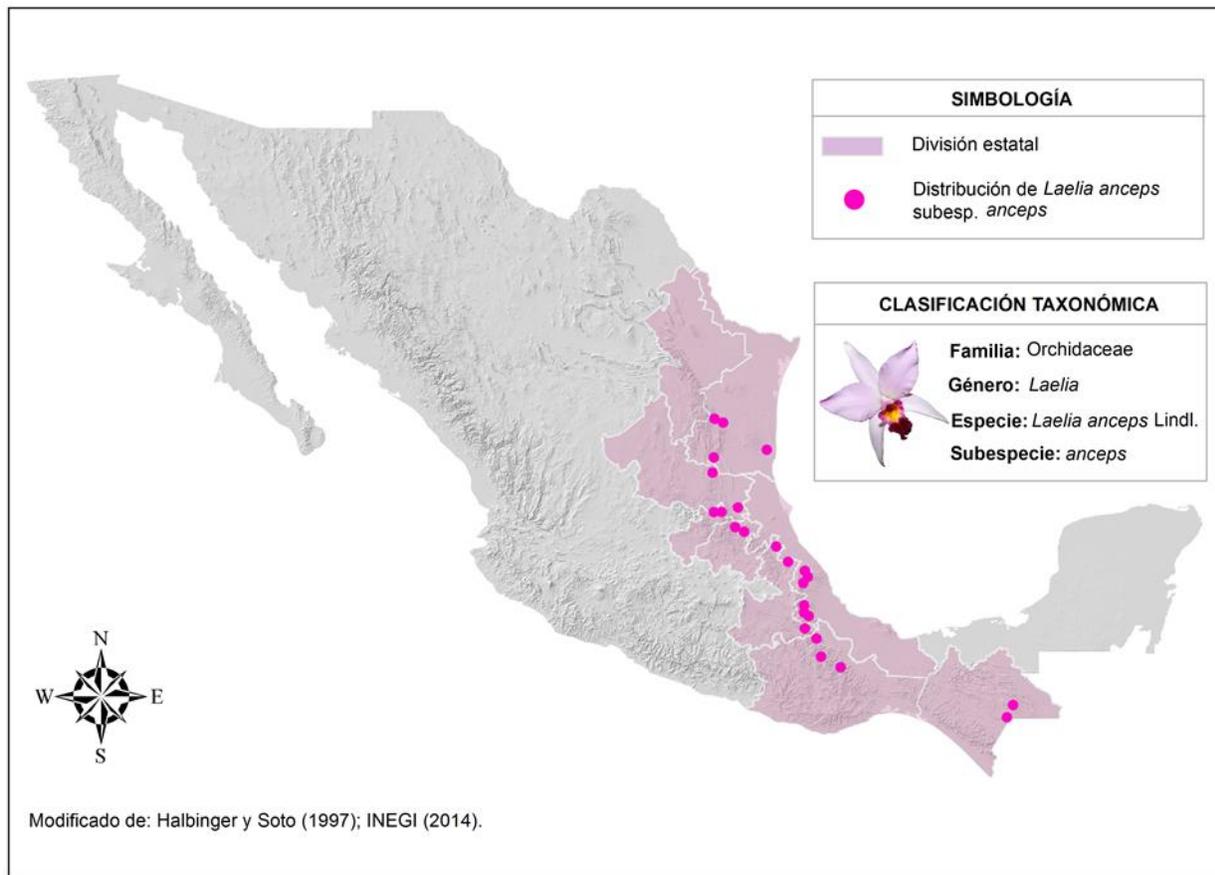


Figura 2. Distribución geográfica de *Laelia anceps* subesp. *anceps*.

2.3. Comercialización de orquídeas en el mundo

Entre los mayores productores de orquídeas se encuentran Brasil, China, Costa Rica, Estados Unidos, Filipinas, Indonesia, Países Bajos y Tailandia. En los últimos años, Colombia y Costa Rica han aumentado su producción (del Rivero-Bautista *et al.*, 2013). Los géneros de orquídeas comercialmente importantes son *Cymbidium*, *Dendrobium*, *Phalaenopsis*, *Oncidium*, *Vanda*, *Mokara*, *Arachnis*, *Cattleya* (Monda *et al.*, 2014), *Epidendrum*, *Paphiopedilum*, *Brassia*, *Laelia*, *Miltonia*, *Encyclia* y *Coelogyne* (Menchaca-García *et al.*, 2011).

Según el Resumen Anual de Floricultura y Productos de Vivero, las orquídeas representan el 22% de plantas de ornato producidas en Estados Unidos de América, con un valor de producción de 2,273,000 dólares para flor de corte y 12,648,000 dólares para planta en maceta (Figura 3 y Cuadro 2).

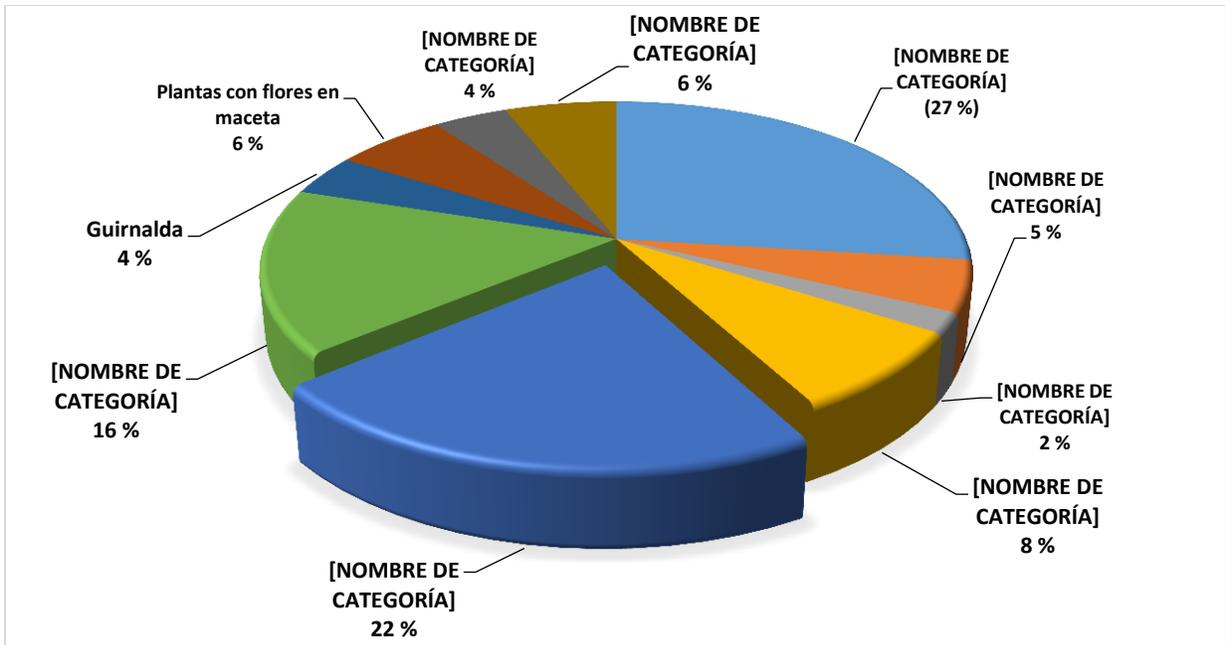


Figura 3. Floricultura y productos de vivero de importancia en EUA en 2014.

Modificado de USDA, 2014.

Cuadro 2. Valor de la producción de orquídeas comercializadas en EUA en 2014.

Género	Valor de la producción (millones de dólares)
Flor de corte	
<i>Dendrobium</i>	1 428
<i>Oncidiinae</i> (Subtribu)	285
Otros géneros de orquídeas	560
Total	2 273
Planta en maceta	
<i>Dendrobium</i>	3 555
<i>Phalaenopsis</i>	2 012
Otras géneros de orquídeas	7 081
Total	12 648

Modificado de USDA, 2014.

2.4. Comercialización de orquídeas en México

Potencial ornamental de especies silvestres

En el 2008 se reportó una lista de 22,214 especies vegetales en México (CONABIO-CONANP-SEMARNAT, 2008), de las cuales se estima que aproximadamente 4,220 especies cuentan con potencial para uso ornamental (Munguía-Lino *et al.*, 2010).

Munguía-Lino *et al.* (2010) elaboraron un listado de plantas silvestres comercializadas en los mercados de la flor de Tenancingo, Estado de México y de Jamaica, en el Distrito Federal, México, donde reportan 131 especies silvestres, distribuidas en 42 familias y 93 géneros, con la familia Orchidaceae con el mayor número de especies (16%). Así mismo se identificaron varias especies de *Laelia*, como: *L. albida*, *L. anceps*, *L. autumnalis* y *L. eyermaniana*, las cuales se comercializaron fácilmente.

Un estudio realizado por Hinsley *et al.* (2015) para conocer las preferencias de los consumidores de orquídeas, demuestra que la mayoría de los compradores prefieren plantas con múltiples flores blancas, así mismo están dispuestos a pagar mucho más por las especies raras que se encuentra en el comercio; lo que representa una herramienta para la elección de las especies silvestres con potencial ornamental.

2.5. Fisiología ambiental de la floración

Las plantas pasan por diferentes periodos de desarrollo durante su ciclo de vida. El primer periodo es la germinación. Después de esta, las plantas pasan a una fase vegetativa juvenil, la cual no es factible para floración. Posterior a ésta, se presenta la transición a la fase vegetativa adulta, la cual puede responder a señales inductivas florales (Bäurle y Dean, 2006). Así, el crecimiento vegetativo conduce a una transición a un desarrollo reproductivo, pero las plantas no florecerán o no responderán a estímulos ambientales, los cuales aseguran la siguiente floración, hasta que ellas hayan completado un cierto periodo de crecimiento vegetativo y alcanzado la “madurez a floración” (Öpik y Rolfe, 2005). De acuerdo con estos autores, una planta pasa por tres fases de crecimiento:

1. Juvenil, en la cual, la planta no florecerá.
2. Madurez, en la que estímulos ambientales adecuados evocarán la floración.
3. Reproductiva, en la cual la floración se presentará.

Actualmente se está tratando de comprender mejor qué determina el periodo de esas dos transiciones: la señal del desarrollo juvenil a vegetativo adulto y la transición a la floración (Bäurle y Dean, 2006).

Algunos autores (Lang, 1952; Scott, 1984) establecieron que los principales estados de la floración, se dan en cuatro fases:

- a) Iniciación floral (diferenciación del primordio floral)
- b) Organización floral (diferenciación de las partes florales individuales).
- c) Maduración floral (crecimiento de las partes florales)
- d) Antesis

Los detalles finos de la transición entre cada fase y la duración, pueden variar ampliamente entre especies. Varios factores ambientales han sido identificados esenciales para la transición al periodo reproductivo, y varios estudios han mostrado que ciertas especies de plantas responden con regularidad a las señales ambientales, sin embargo, muchas especies no requieren un grupo preciso de estímulos ambientales y florecerán bajo casi cualquier condición compatible con la continuidad del crecimiento (Öpik y Rolfe, 2005).

De acuerdo con lo anterior, uno de los aspectos más importantes del desarrollo de las plantas de reproducción sexual es la transición entre el crecimiento vegetativo y la floración, y este es un proceso controlado por varios factores, como el reloj circadiano, aporte hídrico, temperatura, contenido celular de almidón y azúcares, y la concentración de algunos reguladores de crecimiento, RNAs, micro RNAs, proteínas y péptidos en el floema; hormonas (o reguladores de crecimiento). Además, por señales ambientales múltiples como el fotoperíodo, temperatura, (Öpik y Rolfe, 2005; Tofiño, *et al.*, 2013; Ha, 2014), así como por la cantidad (intensidad) y calidad de luz. Además, es importante mencionar que muchas plantas, las cuales crecen a latitudes más bajas donde la variación estacional en longitud del día y temperatura es mucho menos marcada, sólo florecen cuando han alcanzado un determinado tamaño de crecimiento (Öpik y Rolfe, 2005). Weaver (1976) menciona que uno de los determinantes para la iniciación floral es el genotipo, pero en algunas especies de plantas, al interactuar con ambientes específicos, pueden provocar la floración. Las dos condiciones más importantes son la baja temperatura y un margen específico de iluminación. Resulta

también importante la función que desempeñan ciertos reguladores de crecimiento, en inducir la iniciación floral de algunas plantas e inhibirla en otras, resulta también importante.

Ha (2014) menciona que después de comprender el control genético de la floración, los estados de desarrollo y requerimientos ambientales, es importante desarrollar guías de producción apropiada y nuevas variedades.

2.6. Fisiología ambiental de la floración de orquídeas

2.6.1. Características de la flor de las orquídeas

Las flores de las orquídeas, como las de la gran mayoría de las monocotiledóneas, tienen un verticilo externo de tres sépalos y uno interno de tres pétalos. El pétalo mediano es mayor, frecuentemente más colorido y ornamentado, y en general se conoce como labelo. El androceo y el gineceo de la inmensa mayoría de las orquídeas están fusionados en una estructura denominada columna. La mayoría de las orquídeas presenta una antera fértil y mucho más raramente dos o tres (Singer, 2009; Figura 4).

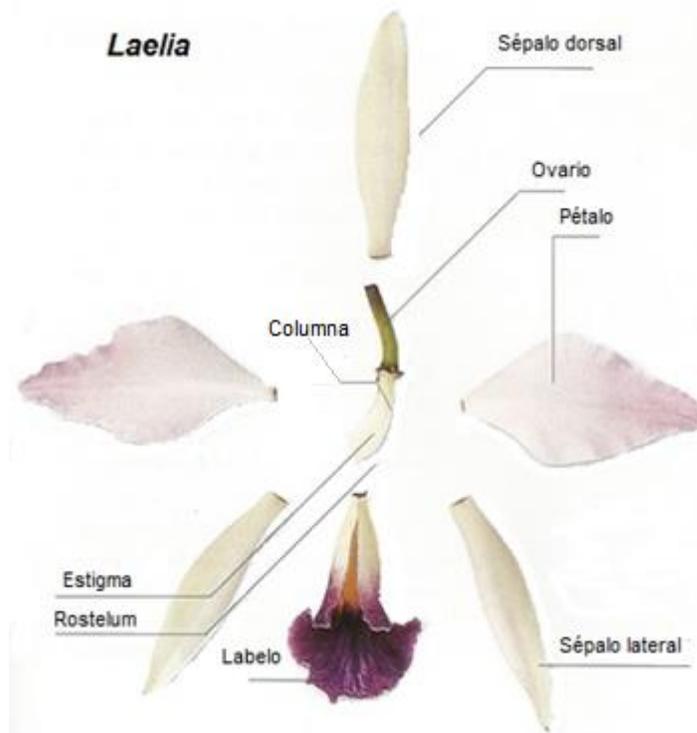


Figura 4. Morfología de la flor del género *Laelia*.

Modificado de: Rittershausen, 2000.

Las flores son la parte más llamativa de las orquídeas y debido a su belleza natural, tamaño, formas intrigantes, alta longevidad y atractivos colores (Hew y Clifford, 1993; Teixeira da Silva, 2013), han sido la admiración de muchas personas. Tan grande es la variación en la floración que parece increíble que todas ellas pertenezcan a la misma familia de plantas (Rittershausen, 2000).

La floración en orquídeas es controlada genéticamente, pero puede ser inducida por estrés ambiental, como bajas temperaturas y estrés de agua. La inducción floral está influenciada por factores genéticos, ambientales, fisiológicos, concentraciones hormonales y nutrimentales. Después de la inducción, la yema floral crecerá y su posterior crecimiento dependerá de la oferta de fotoasimilados de diversas fuentes (Bernier, 1988; Simon *et al.*, 1996).

Tras la inducción, la yema o meristemo apical cambia de fase vegetativa a reproductiva. Sólo el primordio de la yema apical de un nuevo pseudobulbo es capaz de convertirse en una inflorescencia (Hew y Yong, 2004).

Los factores que afectan la inducción floral son la juvenilidad, la vernalización, y el fotoperíodo, estos tres factores determinan cuando las plantas tendrán flor con respecto a la ontogenia y temporada (Hew y Yong, 2004). La temperatura es otro factor determinante en la inducción floral, Rotor (1952). *Phalaenopsis* requiere exposición a temperaturas de 15 a 25 °C durante 3 o 5 semanas para iniciar la inducción a floración (Cardoso *et al.*, 2012).

La juvenilidad se refiere a la fase de temprana de crecimiento de la planta durante la cual la floración no puede ser inducida por cualquier tratamiento. Es una fase importante que controla los cambios de crecimiento vegetativo al reproductivo (Hew y Yong, 2004). El número y tamaño de las hojas incrementa la tasa fotosintética, lo que conduce a alta tasa de producción de energía, que sostiene el desarrollo de las inflorescencias y flores (Bustan y Goldschmidt, 1998).

2.6.2. Los factores ambientales en la floración de orquídeas

En orquídeas, los factores que controlan los procesos de floración son poco conocidos (Phengphachanh *et al.*, 2012). Las orquídeas rigen su actividad biológica de acuerdo a

las estaciones del año. Normalmente presentan un periodo de crecimiento, seguido por la floración y finalizando con un descanso, para luego iniciar nuevamente su ciclo anual. No obstante, existen excepciones y algunas especies pueden variar la secuencia de sus periodos y, por ejemplo, florecer antes del crecimiento (Miranda, 2009).

En un estudio realizado por Vogt-Schilb *et al.* (2013), al monitorear 47 especies de orquídeas en tres tipos diferentes de hábitats de la región mediterránea de Francia, muestra que los factores ambientales afectan la floración a través de los años y que se requiere de al menos dos o cuatro años para que esta inicie.

Así como en otras plantas con flores, en orquídeas existe una fase juvenil en la que ellas deben alcanzar cierto estado de crecimiento (o madurez) antes de alcanzar su capacidad de florecer. Por lo tanto, la reproducción sexual es retrasada hasta que las plantas adquieren un tamaño suficiente para mantener las demandas energéticas de la floración y producción de semillas. Este periodo de juvenilidad varía entre especies e híbridos (Lopez y Runkle, 2005). Una vez que las plantas han conseguido su capacidad de florecer, factores ambientales y culturales pueden inducir a floración y si las condiciones son desfavorables, las plantas podrían no iniciar la floración o una inflorescencia potencial podría no desarrollar flores hasta la antesis (Lopez y Runkle, 2005). En *Phalaenopsis*, cuando ha alcanzado su capacidad reproductiva, la temperatura es el primer factor que regula el inicio y desarrollo de la inflorescencia (Runkle, 2010).

Complemento a lo anterior, en el Cuadro 3 se muestran factores ambientales que controlan la floración de *Cattleya* y *Laelia* (Orchidaceae), según la revisión realizada por Arditti (1982).

Cuadro 3. Factores ambientales que controlan la floración en orquídeas.

Género	Factores que controlan la floración	Autor
<i>Cattleya</i>	Temperatura cercana de los 17 °C es favorable para una abundante floración.	Tran Thanh Van, 1974.
<i>C. amabilis</i>	Días cortos.	Urmston, 1949.
<i>C. cv Bow Bells</i>	Fotoperíodos de 16.5 h retrasan la floración.	Franklin, 1967.
<i>C. bowringiana</i>	14 h de luz al día no tiene efecto en la floración; pero 8 h diarias logra una floración temprana.	Arditti, 1968; Bhatthacharjee, 1979.
<i>Laelia albida</i>	Días cortos pueden favorecer la floración.	Brieger <i>et al.</i> , 1977.
<i>L. purpurata</i>	Requiere de días largos para la floración.	Arditti, 1968.

Fuente: Arditti (1982).

Lopez y Runkle (2005) realizaron una revisión, en la cual se indican las condiciones de temperatura, luz y fotoperíodo requeridas por diversas orquídeas para el desarrollo vegetativo y reproductivo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Resumen de temperatura y luz que promueve el crecimiento vegetativo (inhibe la floración) o reproductivo (estimula la floración) para varios géneros de orquídeas y sus grupos hortícolas.

Género	Crecimiento vegetativo			Iniciación floral		Referencia
	Temperatura (°C)	Fotoperíodo	Intensidad luminosa máxima ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Temperatura (°C)	Fotoperíodo	
<i>Cattleya</i>	27-32 día 24-29 noche	Días cortos	300-600	12-16	Días cortos	Dole y Wilkins, 1999; Goh y Arditti, 1985; Krizek y Lawson, 1974; Rotor, 1952, 1959.
<i>Cymbidium</i>	25-30	No responde	360-600	20-26 día 10-14 noche; fluctuación día 10-14; 25-30	No responde	Dole y Wilkins, 1999; Goh y Arditti, 1985; Ishihashi, 1997; Powell <i>et al.</i> , 1988; Pridgeon, 2000; Went, 1957.
<i>Dendrobium</i>	24-30	No responde	480-720	10-13	Días cortos	Powell y Wilkins, 1999; Goh y Arditti, 1985; Ishihashi, 1997; Powell <i>et al.</i> , 1988.
<i>D. phalenopsis</i>				18	Días cortos	Leonhardt, 2000; Rotor, 1952.
<i>Miltoniopsis</i>	20-23	Días largos	150-300	11-14	Días cortos	López, 2003; López <i>et al.</i> , 2005; Robinson, 2002.
<i>Phalenopsis</i>	27-30	No responde	240-400	15-25	No responde	Baker y Baker, 1991; De Veries, 1950; Dole y Wilkins, 1999; Griesbach, 1985; Lee y Lin, 1984, 1987; Robinson, 2002; Rotor, 1952; Sakanishi <i>et al.</i> , 1980; Wang, 1995, 1997; Yoneda <i>et al.</i> , 1991, 1992.
<i>Zygopetalum</i>	22-26	Días largos	300-500	11-14	Días cortos	López, 2003; López <i>et al.</i> , 2003; López y Runkle, 2004.
Fuente:		Lopez		y	Runkle	(2005)

En algunas especies e híbridos de *Cattleya*, *Dendrobium*, *Miltoniopsis*, y *Zygopetalum*, la combinación de fotoperíodo corto y temperatura baja inducen a una completa, rápida y uniforme floración (Lopez y Runkle, 2005).

2.6.3. Floración irregular de orquídeas

Es importante mencionar que en orquídeas la variabilidad espacial en el número de plantas con flores predomina sobre la variación temporal y los periodos entre floraciones pueden ser largos (Kull, 2002).

Datos empíricos sugieren que el patrón de floración de muchas especies de orquídeas es muy irregular e impredecible. La floración irregular se atribuye a diferentes factores como el clima, la depredación de órganos de almacenamiento por mamíferos e insectos, enfermedades de las hojas, el costo de reproducción de las especies, en los que el éxito reproductivo varía considerablemente; manejo y deterioro del hábitat (Kindlmann y Balounavá, 2001). La fenología de las laelias mexicanas es similar, solo que la floración puede variar dependiendo de la especie. Aunque la floración de laelias abarca todo el año, ésta se presenta principalmente en otoño (Halbinger y Soto, 1997). La flor empieza a desarrollarse seis meses después de que la inflorescencia empieza su desarrollo (Arditti, 1982). Se ha observado que con manejo de nutrición y condiciones ambientales dentro de invernadero, *L. anceps* subesp. *anceps*, puede florecer a los cuatro meses e incluso, tener un periodo de sólo dos meses, si bien, en este caso, la longitud de las inflorescencias es corta (Tejeda-Sartorius; comunicación personal).

2.7. Factores exógenos que influyen en la floración

2.7.1. Efecto de la luz

La luz consiste de partículas individuales de energía llamadas fotones, y cada fotón, en el espectro de luz visible, tiene el potencial de conducir la fotosíntesis (Runkle, 2008). La cantidad, la calidad y la duración de la luz afectan el crecimiento vegetal. La evocación floral se produce por factores ambientales y propios del desarrollo. La luz es uno de los factores ambientales más importantes que determinan el tiempo de transición entre la fase del desarrollo vegetativo y el reproductivo (Tofiño, *et al.*, 2013).

El crecimiento de plantas y el proceso de desarrollo son regulados por la calidad de luz (color, longitud de onda); cantidad (tasa de flujo); y fotoperíodo (duración de iluminación; Folta y Childers, 2008).

2.7.2. Calidad de luz

La calidad de la luz se refiere al color o longitud de onda que llega a la superficie de la planta (Whiting *et al.*, 2014). También se refiere a la distribución espectral de luz, o al número relativo de fotones del azul, del verde, rojo, rojo-lejano, y otras porciones del espectro de luz que son emitidas de una fuente de luz. Algunas de esas porciones son visibles, otras no, y la energía de cada fotón es dependiente de su longitud de onda (Runkle, 2008). Este autor señala que la longitud de onda de la luz es comúnmente medida en nanómetros (nm; billonésima parte de un metro). La luz azul generalmente es la porción de la luz con una longitud de onda entre 400 y 500 nm; luz verde, entre 500 y 600 nm; la luz roja, entre 600 y 700 nm. Estas componen el espectro de luz usado en la fotosíntesis de las plantas.

Así, la calidad de la luz, se refiere al color o la longitud de onda que llega a la planta. La manipulación espectral, se orienta a promover, específicamente, respuestas fisiológicas deseadas (Casierra-Posada *et al.*, 2012). La luz roja y la luz azul son las que ejercen mayor efecto en crecimiento de las plantas, mientras que la luz roja combinada con la azul, intensifica la floración de las plantas, al igual que la luz infrarroja (Parker, 2000).

2.7.3. Cantidad de luz

La cantidad de luz se refiere a la intensidad de luz que puede ser medida como una suma diaria de la luz. El crecimiento de una planta es influenciado principalmente por el número de horas de luz y la intensidad de luz durante el día. Para hablar de luz, los cultivadores usan los pie candela; los europeos, los lux; y los investigadores usan el $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ que se refiere al número de fotones (o partículas de luz) de la longitud de onda fotosintética, que es recibida por segundo en un metro cuadrado de área (Runkle, 2008).

La cantidad de luz que recibe una planta influye en el crecimiento de las raíces, crecimiento de los brotes (ramificación y diámetro del tallo), y la floración (iniciación

floral, número de flores y momento de floración). Si la intensidad luminosa es baja se puede retrasar la floración, las flores pueden ser muy pequeñas, algunas flores pueden abortar, o las plantas pueden permanecer totalmente en estado vegetativo y no producir flores (Hamrick, 2003). Es posible controlar la inducción floral al cambiar el espectro de luz en lugar de cambiar la temperatura (Dueck *et al.*, 2015).

Si los niveles de luz no son suficientes, las plantas no pueden florecer debido a que no hay suficiente energía para estimular este proceso, además, las nuevas hojas serán delgadas y se disminuirá el crecimiento. Por el contrario algunas orquídeas, si los niveles de luz son altos, las hojas se pueden quemar y causar manchas color marrón, las cuales reducen la capacidad fotosintética, así como manchas en los botones florales y anomalías en las flores (James, 1972).

Intensidades máximas de luz sugeridas para algunos géneros comunes de orquídeas son 1 500 pies candela para *Phalaenopsis* y *Paphiopedilum*, 2 500 pies candela para *Miltoniopsis* y *Zygopetalum*, 3 000 pies candela de *Cattleya*, y 5 000 pies candela para *Brassia*, *Cymbidium*, *Degarmoara*, *Dendrobium* y *Oncidium* (James, 1972). Así mismo López *et al.* (2007), indican que la luz necesaria una vez que la planta cuenta con la inflorescencia en *Phalaenopsis* es de 1000 a 1 500 pie-candela. La luz azul a intensidades de 2 a 5 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ no tienen ningún efecto sobre la inducción floral, tamaño y peso seco de la hoja de *Dendranthema grandiflora* (Stack y Drummond, 1995).

2.7.4. Fotoperíodo

El fotoperíodo es la respuesta de las plantas a la duración de la luz del día (Parker, 2000). Las respuestas más comunes de las plantas por efecto de la duración de día son: la iniciación a floración, reproducción asexual, la formación de órganos de almacenamiento, y el comienzo de la latencia (Taiz y Zeiger, 2010). En ciertas especies, la duración del día tiene un papel importante en el tiempo necesario para florecer (Larson, 2004).

En general, las plantas se pueden dividir en tres tipos dependiendo de sus necesidades lumínicas para iniciar la floración. Éstas son las plantas de días largos, las plantas de días cortos y las plantas indiferentes al fotoperíodo (Parker, 2000) o plantas de día

neutral. En estas últimas, la formación floral se determina exclusivamente mediante genotipo y son carentes de requisitos específicos de iluminación y florecen cuando alcanzan cierta etapa de desarrollo vegetativo (Weaver, 1976). Las de días cortos florecerán solamente cuando el periodo de iluminación sea más corto que cierto periodo crítico, mientras que en de día largo, la floración se produce sólo cuando se sobrepasa cierta longitud mínima de iluminación diurna (Weaver, 1976).

La denominación de plantas de días largos o cortos o neutras es errónea, porque es la duración de la noche (es decir el periodo obscuro) la que indica la floración de los brotes y, por tanto, una planta de días largos es en realidad una planta de noches cortas. El periodo del día se puede ver interrumpido por un periodo de oscuridad corta sin que a la planta le afecte en absoluto, pero si el periodo obscuro se interrumpe por un corto periodo de luz, entonces la floración no tendrá lugar (Parker, 2000).

El fotoperíodo ejerce función importante en el control de la evocación floral en plantas adultas. Muchas plantas poseen un mecanismo para medir la duración del día y no florecen, a menos que reciban días cortos o largos (Tofiño, *et al.*, 2013). Este factor ambiental es importante, ya que como lo menciona Scott (1984), mientras que las plantas neutras no responden al fotoperíodo y no tienen alteración en la iniciación de primordios florales, las plantas sensibles si responden, en éstas el fotoperíodo ejerce el control principal de la floración.

2.7.5. La luz en el desarrollo de las orquídeas

La a luz puede influir todos los aspectos del crecimiento y floración de las orquídeas. (Runkle, 2008).

Las orquídeas deben cultivarse en un lugar con suficiente luz pero nunca al sol directo ya que se pueden quemar. Si la intensidad de luz es insuficiente para las orquídeas, sus hojas serán alargadas, pero resistentes con un tono verde oscuro y las plantas no florecerán. En contraparte, un exceso de luz produce hojas amarillentas y con áreas secas y café cuando presenta quemaduras (Miranda, 2009). La luz, al igual que otros factores de cultivo, variará dependiendo del género de orquídea bajo cultivo (Larson, 2004).

En *Dendrobium* al evaluarse tratamientos con 25, 50, 75 % de sombra y plantas expuestas a pleno sol, se obtuvo que las características de las plantas se ven afectadas por estas condiciones. Con 75 % de sombra resultaron plantas con mayor número de hojas, yemas florales e inflorescencias por planta; mientras que 50 % de sombra propicia mayor número de brotes (Gopala *et al.*, 2012).

Según Parker (2000) las orquídeas como *Cattleya trianae* se ubica en el grupo de plantas de días cortos. En un estudio realizado por Goh y Arditti (1985), se mostró que cuando *Cattleya bowringiana* Veitch se cultiva bajo un fotoperíodo de 8 h, floreció en 273 días, mientras que las plantas que se cultivaron bajo un fotoperíodo de 16 h no presentaron floración.

Powell *et al.* (1988) reportaron que *Cymbidium* Astronaut "Rajah", expuesta a temperaturas día/noche de 26/12 °C y un fotoperíodo de 14 h, produce en promedio 5.9 inflorescencias por planta.

En otro estudio realizado por Lopez *et al.* (2003), obtuvieron que en *Zygopetalum* Redvale Fire Kiss, del 60 al 80 % de las plantas florecieron cuando se cultivaron bajo fotoperíodos \leq 14 h. Así mismo, plantas cultivadas en fotoperíodo de 9 h y pre-enfriamiento de 8 semanas, al ser trasladadas a condiciones de 11 y 14 °C, tuvieron los más altos porcentajes de floración y alcanzaron inflorescencia visible entre 17 y 22 días.

El fotoperíodo no sólo tiene efecto sobre la floración, sino también sobre el crecimiento vegetativo y la composición química interna de las plantas. Un estudio realizado por Vaz *et al.* (2004) en *Psychmorchis pusilla* Dodson y Dressler, cultivada *in vitro*, muestra que en plantas expuestas a oscuridad las hojas sufren de etiolación y en días largos presentan mayor crecimiento, contenido de azúcar soluble y almidón, mientras que la clorofila y los carotenoides se ven afectados negativamente bajo estas condiciones. Por otra parte fotoperíodos de 12 y 16 h permiten la apertura floral perfecta.

De acuerdo con Phengphachanh *et al.* (2012), los días cortos (10 h) indujeron a floración más rápido que la condición natural (alrededor de dos semanas) y tuvieron efecto en la altura y ancho del tallo en la orquídea *Rhynchostylis gigantea*.

2.7.6. Estrategias del uso de luz usadas en la horticultura

Lámparas fluorescentes, de alta presión de sodio y aditivos metálicos

Las lámparas de alta presión sodio (HPS) son populares para la iluminación de la planta debido a su eficiencia en la conversión de energía y por su alta emisión de radiación fotosintéticamente activa (de Castro *et al.*, 2004; Sørensen y Danielsen, 2006). Sin embargo, su espectro tiene muy poca luz azul, que puede causar respuestas morfológicas indeseables en las plantas (Wheeler *et al.*, 1990).

Un estudio realizado para la inhibición de la floración del crisantemo y salvia, indica que las lámparas de alta presión de sodio cíclico pueden ser utilizados con eficacia para retrasar la inducción de la floración en estas especies (Blanchard y Runkle, 2006). La desventaja de emplear lámparas de alta presión de sodio incluye la generacioan de calor y un suboptimo espectro en la fotosíntesis (Martineau *et al.*, 2012).

Diodos emisores de luz (LEDs)

Otras fuentes de luz artificial son los diodos emisores de luz (LEDs), los cuales son dispositivos semiconductores de estado sólido que se han integrado en los sistemas de producción, ya que proporcionan la oportunidad de controlar el espectro de luz. La producción comercial de orquídeas en macetas bajo LEDs ha aumentado en el mundo (Ouzounis *et al.*, 2015).

Al probar tres calidades de luz (roja, azul y blanca) en *Dendrobium candidum in vitro*, con el fin de aumentar la cantidad de alcaloides en el tejido vegetal, se encontró que los explantes cultivados con luz roja contenían mayor cantidad de alcaloides y polisacáridos, pero hubo una disminución en el crecimiento, al igual que las plantas cultivadas con luz azul. Los resultados sugieren que una combinación de luz roja y luz natural favorece el desarrollo normal de las plantas (Zheng *et al.*, 2012).

Un estudio realizado en plantas de *Phalaenopsis*, variedad “Vivien” y “Purple star”, expuestas a $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de luz proporcionada con LEDs durante 16 h al día, y temperatura de 24/18 °C día / noche; con tres tratamientos de luz (1) 40:60 % azul: rojo, (2) 100 % rojo, y (3) 100 % blanco (control); mostró que la condición de 40 % azul / 60 % rojo resultó tener la mayor superficie foliar y peso fresco para la variedad “Purple star”, mientras que para la variedad “Vivien” el 100% rojo tuvo mejores resultados.

También se obtuvo que la fluorescencia de la clorofila en los tratamientos con luz artificial fue más alta en comparación con el control y la luz azul produjo la mayor cantidad de flavonoides y carotenoides (Ouzounis *et al.*, 2015).

En cuanto a floración un estudio realizado en seis cultivares de rosa miniatura, mostró que la calidad de luz y el periodo de iluminación tiene efecto en la floración, donde 20 h de iluminación con $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ durante los meses de invierno favorece la calidad de éstas (Mortensen, 2014).

Se investigó el papel del espectro de la luz en la brotación y el alargamiento de la inflorescencia en dos cultivares de *Phalaenopsis*. Con luz roja: rojo-lejano con un valor de fitocromo de 0.85 y rojo-lejano con 0.71 de fitocromo (similar al día natural). Los resultados sugieren que se puede estimular la floración con manejo de temperatura y/o espectro de luz, debido a la supresión de la dominancia apical. Estos autores indican que la luz roja o luz relativamente alta pueden compensar parcialmente las bajas temperaturas (Dueck *et al.*, 2015).

El híbrido de *Phalaenopsis* “Premium”, con tratamientos de alta intensidad lumínica durante la fase de inducción durante 60 días permitió anticipar la floración y mejoró notablemente las características de las plantas en maceta (Paradiso y de Pascale, 2014).

Se estudió el efecto de 0, 8, 60 y $160 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de flujo de fotones fotosintéticos (FFF) con fotoperíodo de 12 h y temperatura de 20/15 °C (día/noche) en plantas de *Phalaenopsis* ‘Joseph Hampton’ (clon Diana). Los resultados indican que con 160 y $60 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ se formaron yemas reproductivas en 28 y 34 días, respectivamente; mientras que las crecidas en 0 y $8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ no presentaron inducción floral. En otro experimento las plantas se mantuvieron en oscuridad a 20/15 °C (día/noche) por 2, 4 y 6 semanas antes de la exposición a $160 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ con la misma temperatura por 6 semanas, para luego exponerlas a 25/20 °C (día/noche) con el fin de acelerar la floración Wang (1995) estudio que plantas expuestas a 2, 4, y 6 semanas de oscuridad requieren 45, 60, y 77 días, respectivamente, para obtener yemas florales. En ambos experimentos no se vieron afectados el número y tamaño de flores).

Konow y Wang (2001) informaron que sólo el 2% de las plántulas de *Phalaenopsis* Atien Kaala, florecieron cuando se cultivó bajo una irradiación instantánea máxima de

52 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, mientras que el 98% floreció bajo condiciones de luz máxima de 240 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Estos autores concluyeron que la cantidad de luz recibida por las plantas puede inhibir la floración al limitar la cantidad de luz proporcionada a las plantas.

Stancato *et al.* (2002) investigaron en el híbrido de *Cattleya forbesii* Lindl. X *Laelia tenebrosa* Rolfe, el efecto de la exposición de las plantas a 90 y 22.5 % de radiación fotosintéticamente activa (PAR por sus siglas en inglés; 1,650 y 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ respectivamente). Estos investigadores observaron que en plantas crecidas con 90 % de PAR el desarrollo dependió de los compuestos de almacenamiento en pseudobulbos, mientras que las plantas cultivadas con 22.5 % de PAR, el desarrollo de nuevas estructuras dependió de los compuestos de almacenamiento y de la capacidad fotosintética.

2.7.7. Efecto de la temperatura

Otro de los factores ambientales más importantes en el desarrollo y floración de las plantas es la temperatura. Las plantas crecen cuando la tasa a la cual se acumulan carbohidratos formados en la fotosíntesis, supera la velocidad a la que se utilizan esos compuestos almacenados a través de la respiración. En otras palabras las plantas crecen cuando la fotosíntesis es mayor a la respiración. Ambos procesos de la planta se ven afectados por la temperatura (Hamrick, 2003).

Las temperaturas altas, entre 30 y 32 °C (Vaz, 2004), estimulan un crecimiento suave, dando como resultado plantas más altas de tallos más delgados. Predomina la acumulación de proteínas y aminoácidos (Larson, 2004). El estrés por calor puede provocar una floración prematura. En la mayoría de las plantas las altas temperaturas causarán una pérdida gradual de la calidad de la planta y por consecuencia de la flor (Hamrick, 2003).

Otra generalidad de crecimiento de la planta es que a temperaturas más altas los colores de la flor se desvanecen, independientemente del color típico de la variedad utilizada. Un ejemplo de lo anterior es lo que sucede con la antocianina, pigmento vegetal que da el color rojo en la flor, las hojas y la fruta; este pigmento aumenta con la presencia de carbohidratos, por lo que si la planta respira demasiado, como sucede en

condiciones de temperaturas altas, los carbohidratos se agotan y las antocianinas con ellos, disminuyendo la coloración de la flor (Hamrick, 2003).

Las bajas temperaturas causan un crecimiento lento de la planta dando como resultado una acumulación de carbohidratos. Esto resulta con plantas de tallos gruesos y crecimiento más cortos y con más hojas (Larson, 2004). A bajas temperaturas, las plantas no toman los nutrientes requeridos, las raíces crecen poco y las plantas no respiran mucho. Es por ello que la temperatura juega un papel importante, ya que se pueden presentar deficiencias de nutrimentos (Hamrick, 2003).

Temperatura para inducción floral

Algunas plantas deben tener temperaturas frescas antes de la floración. Las hay de dos tipos: las plantas que deben tener temperaturas bajas con el fin de inducir la floración y, las plantas que deben tener temperaturas bajas con el fin de romper la latencia de las yemas ya formadas antes del tratamiento de frío (Hamrick, 2003).

La temperatura óptima para la iniciación floral puede ser diferente de la temperatura óptima para el desarrollo floral. Algunas plantas deben mantenerse debajo de cierta temperatura para que se presente la floración (Larson, 2004).

El color de la hoja y la flor también pueden estar influenciados por bajas temperaturas, ya que el almidón se convierte en azúcar. Una acumulación de carbohidratos da como resultado un aumento en antocianina (Larson, 2004).

Según Lecoufle (2005) las temperaturas medias deben mantenerse en cultivo de orquídea, según el tipo de invernadero usado, como se muestra en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Temperaturas recomendadas en el cultivo de orquídeas en invernadero.

Invernadero frío	Verano	Invierno
Día	14-20 °C	12-15 °C
Noche	10-12 °C	8-11 °C
Invernadero templado	Verano	Invierno
Día	17-25 °C	15-20 °C
Noche	15-18 °C	12-16 °C
Invernadero cálido	Verano	Invierno
Día	20-30 °C	18-24 °C
Noche	18-20 °C	17-20 °C

Fuente: Lecoufle, 2005.

Los requerimientos de temperatura estarán determinados por el género cultivado. Es necesario dar las temperaturas óptimas para asegurar la floración. Cuando crecen juntas varias especies de orquídeas se tiene que acoplar una amplitud de temperatura nocturna de 15 °C y durante el día 27 °C. Lo anterior puede asegurar la floración en algunas especies; sin embargo, se retrasará para especies como *Cattleya* y *Phalaenopsis* (Larson, 2004).

Las necesidades térmicas de las orquídeas se han definido de la siguiente manera:

- De entornos fríos: con mínimas nocturnas invernales de 4 °C; hay que mantenerlas con una temperatura fresca en verano.
- De entornos intermedios: con mínimas nocturnas invernales de 10 °C; pueden soportar temperaturas inferiores durante breves periodos de tiempo.
- De entornos cálidos: con mínimas nocturnas invernales de 16 °C; no soportan las temperaturas inferiores a los 10 °C y pueden soportar temperaturas altas siempre que la humedad lo sea.

La mayoría de las especies del género *Laelia* son plantas de frío. En invierno se precisan temperaturas nocturnas de 10 a 12 °C para inducir las próximas floraciones.

En la estación seca, la planta soporta fácilmente caídas de temperatura de hasta 7 °C (Bollone, 2006).

El tiempo de floración también puede ser acortado con la manipulación de la temperatura en caso de que la cosecha se haya retrasado. Por ejemplo, en el caso de *Cattleya*, si se conoce el tamaño del botón y el número de días por transcurrir, se puede seleccionar la temperatura nocturna apropiada (Cuadro 6).

Cuadro 6. Días requeridos para inducir floración en *Cattleya* dependiente de la temperatura y tamaño de botón.

Tamaño del botón (cm)	Temperatura nocturna °C		
	13	16	21
2.0	67	50	36
2.0-5.0	53	38	28
5.0-7.5	42	24	18
7.5-10.0	30	20	12

Fuente: Harger, 1957.

Otro ejemplo de la importancia que tiene la temperatura en la floración de algunas orquídeas es en *Cymbidium*. Se distinguen dos fases en su ciclo anual de vegetación según Vadalie (2001):

- ✓ Periodo estival: aplicar una temperatura nocturna baja (3 °C mínima) (Miranda, 2009). para forzar la formación de yemas florales. Temperatura diurna máxima de 28 °C. Iluminación normal (180 a $540 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, durante periodos de 14 a 16 h al día) (Lecoufle, 2005). La floración es, por lo tanto, desencadenada por el termoperiodismo.
- ✓ Periodos otoñal o invernal: para la floración aplicar 12 a 15 °C durante el día.

En el caso de *Phalaenopsis*, cuando se tienen una temperatura del aire > 28° C durante su desarrollo, se inhibe la iniciación floral, generalmente se requiere una

temperatura más fría para inducción floral, utilizando una relación de temperatura día/noche de 25/20 °C. Sin embargo, el efecto específico de las temperaturas diurnas y de noche en la iniciación floral no ha sido descrito. Adicionalmente las fluctuaciones de temperatura día/noche, no sólo tienen efecto en la iniciación floral, sino que también muestran tener efecto en el tiempo de floración, el número de inflorescencias y yemas florales por planta (Blanchard y Runkle, 2006).

En un experimento realizado por Blanchard y Runkle (2006) indican que dos clones de *Phalaenopsis* comienzan floración después de 20 semanas en más del 80 % de las plantas cuando éstas se exponen a temperatura constante con relación día/noche de 20/14 °C o 23/17 °C; mostrando también que cuando se tienen temperaturas bajas se tiene un efecto en el número de inflorescencias y yemas florales por planta.

La inducción a floración de *Phalaenopsis* "Premium" se puede realizar con temperaturas de 19/17 °C en lugar de 21/19 °C, sin que afecte la floración, precocidad y calidad del corte del tallo, así mismo mejora la arquitectura de las plantas en macetas (Paradiso y de Pascale, 2014).

Otro estudio realizado por Powell *et al.* (1988), muestra que cuando se cultiva *Cymbidium* Astronaut 'Radjah' en una relación de temperatura día/noche de 20/12 °C, 26/12 °C, o 26/18 °C (14 h de día y 10 h de noche) da como resultado un promedio de 3.3, 11.7, y 6.2 inflorescencias por planta, respectivamente.

En *Psychmorchis pusilla* se encontró una gran sensibilidad a las variaciones de temperatura, donde 27 °C es la más adecuada para el crecimiento, la formación de hojas y espiga floral, mientras que temperaturas de 22 °C y 32 °C no son apropiadas para el desarrollo *in vitro* de la especie (Vaz *et al.*, 2004).

Krizek y Lawson (1974) mencionan que el crecimiento vegetativo de *Laeliocattleya* Culminant "La Tuilerie" fue mayor cuando las plantas se cultivan en una cámara de crecimiento a una temperatura día/noche de 32/29 °C en comparación con la de un invernadero 24/20 °C. Después de 17 semanas, las plantas desarrollaron dos o tres brotes laterales en comparación con sólo uno a temperaturas más bajas.

Vernalización

La vernalización es la activación de la floración mediante un tratamiento de frío sobre plantas o semillas embebidas. Para que las plantas experimenten la vernalización y permanezcan en estado vernalizado, tienen que exponerse a una temperatura específica durante un determinado tiempo (Parker, 2000). La vernalización y el fotoperíodo son dos de los mecanismos más importantes en las respuestas estacionales (Taiz y Zeiger, 2010).

Las plantas que requieren vernalización crecen, por lo general, en zonas templadas y se les clasifica como bianuales o perennes. Cuando llega la primavera y las temperaturas se tornan favorables, se reanuda el crecimiento vegetativo y la floración tiene lugar en primavera y a principios del verano. En la floración de esas plantas vernalizadas los requerimientos de temperatura varían, Las bajas temperaturas seguidas de otras relativamente altas, son esenciales en provocar la floración de muchas de ellas; en otras, la iniciación de primordios florales se produce a temperaturas bajas. Algunas plantas tienen requisitos dobles de baja temperatura y fotoperíodo apropiado (Weaver, 1976).

2.7.8. Latencia en orquídeas

La latencia es una condición de vida en la que el crecimiento se detiene bajo condiciones aparentemente favorables para que ocurra (Taiz y Zeiger, 2010).

Aunque en orquídeas el reposo es necesario para conseguir la floración (Lecoufle, 2005), la latencia en plantas adultas es un fenómeno en el que una planta herbácea perenne no brota por uno o más años (Shefferson, 2006) y representa un costo como resultado al estrés (Shefferson *et al.*, 2003). Este fenómeno para la supervivencia se presenta con mayor frecuencia en plantas silvestres, hasta 70% de una población puede permanecer en estado latente por años (Kull, 2002), por lo que se tienen mayores tasas de mortalidad (Shefferson *et al.*, 2003).

Una hipótesis sugiere que la cantidad de reservas y las condiciones ambientales del microhábitat donde se desarrolle la orquídea, determinan la floración, aborto o latencia de las plantas (Kindlmann y Balounavá, 2001).

En orquídeas se encontró que en *Cypripedium calceolus* y *Cephalanthera longifolia* la latencia permite amortiguar el estrés de las plantas a corto plazo, sin aumentar el riesgo de mortalidad (Shefferson *et al.*, 2005).

El periodo en el que una orquídea puede permanecer latente depende de la especie y varía desde uno hasta 11 años, según la compilación de diferentes autores realizada por Kull (2002) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Latencia máxima reportada en diferentes especies de orquídeas.

Especie	Máxima duración de latencia (años)
<i>Cephalanthera longifolia</i>	3
<i>Cephalanthera rubra</i>	2
<i>Cleistes divaricata</i>	3
<i>Coeloglossum viride</i>	1
<i>Cypripedium acaule</i>	5
<i>Cypripedium candidum</i>	1
<i>Cypripedium calceolus</i>	3
<i>C. calceolus</i> spp. <i>Parviflorum</i>	4
<i>Epipactis albensis</i>	11
<i>Epipactis atrorubens</i>	3
<i>Epipactis helleborine</i>	3
<i>Isotria medeoloides</i>	2
<i>Liparis liliifolia</i>	2
<i>Listera ovata</i>	2
<i>Ophrys apifera</i>	2
<i>Ophrys sphegodes</i>	3-5
<i>Orchis mascula</i>	3
<i>Orchis militaris</i>	3-8
<i>Orchis simia</i>	2
<i>Platanthera bifolia</i>	3
<i>Platanthera chlorantha</i>	3
<i>Spiranthes spiralis</i>	Al menos 1

Fuente: Kull, 2002.

La latencia en orquídeas es un aspecto considerable para la floración, ya que ésta depende de la emergencia de nuevos brotes, por lo que es importante conocer tanto el tiempo que permanece latente la especie, como las causas de ella.

2.7.9. Efecto de la nutrición

Uso de fertilizantes en orquídeas

La nutrición en el cultivo de las orquídeas suele convertirse en un problema relevante cuando se desconoce la forma de suministrar los fertilizantes de manera eficiente para acelerar el crecimiento y desarrollo vegetativo, aumentar la precocidad en la floración, prolongar la vida postcosecha e incrementar la calidad comercial (Espinosa *et al.*, 2000). La nutrición de una orquídea, en su fase juvenil, determina la cantidad y calidad de la floración (Tejeda-Sartorius *et al.*, 2013).

En orquídeas con sustrato inerte, mucho drenaje y en crecimiento, se necesita un fertilizante con más nitrógeno (30-10-10), mientras que para promover la floración se recomienda utilizar la fórmula 10-30-20 (Miranda, 2009)

Cuando se aumenta la fertilización en *Dendrobium* y *Phalaenopsis* de 0.25 a 1.0 g L⁻¹ de agua de riego (250 a 1000 ppm) de fertilizante 20N-8.6P-16.6K se favorece el crecimiento vegetativo, adicional a ello, se adelanta la floración y aumenta el número de flores (Yin-Tung, 2000). En el Cuadro 8 se muestran las fertilizaciones recomendadas en general para el cultivo de orquídeas.

Cuadro 8. Fertilización recomendada para diferentes etapas de desarrollo en orquídeas.

Fertilizante	Función	Dosis (g L ⁻¹)
22-10-25 + micronutrientos	Floración y desarrollo de capsulas	1
13-36-13 + MgO + micronutrientos	Floración y enraizamiento	1
15-30-15 + micronutrientos	Floración y enraizamiento	1
18-18-18 + micronutrientos	Multipropósito	1
19-19-19 + micronutrientos	Multipropósito	1
26-12-12 + 2 MgO + micronutrientos	Para desarrollo vegetativo (hojas y tallos)	1

Fuente: Gil *et al.*, (2007).

Efecto de fertilizantes altos en nitrógeno en la floración de orquídeas

Las orquídeas necesitan posterior a su época de floración, una fertilización rica en nitrógeno para propiciar la producción de nuevos brotes (González, 2009).

Muchos estudios en cultivares de *Cymbidium* indican que altas aplicaciones de nitrógeno comparado con bajas aplicaciones incrementan la formación de brotes vegetativos (De Kreij and van den Berg, 1990; Lunt and Kofranek, 1961; Powell *et al.*, 1988). Por su parte Sheehan (1960), indica que el aumento de niveles de fertilización en N, mostraron un aumento del número de flores en *Cattleya* 'Trimos' crecida en sustrato de corteza de madera dura.

Se ha investigado que fertilizaciones de 0.25 a 1.0 g L⁻¹ con 20N-8.6P-16.6K, aumentó la cantidad de flores y diámetro del tallo en *Phalaenopsis* (Wang y Gregg, 1994). Sin embargo, estudios en diferentes cultivares de *Cymbidium* mostraron efectos adversos en la aplicación de nutrimentos en el crecimiento reproductivo. Altas tasas de N reducen el diámetro de la inflorescencia, como consecuencia la producción de flores es baja y el vigor del brote vegetativo es mayor (Lunt and Kofranek, 1961).

Al evaluar seis diferentes tipos de fertilizantes solubles en agua se encontró que altas concentraciones que de nitrógeno (200 mg L⁻¹) producen tanto mayor cantidad de hojas como mayor tamaño de estas, mayor área foliar y mayor peso fresco de la raíces y brotes (Wang, 1996).

Efecto de fertilizantes altos en fósforo y potasio en la floración de orquídeas

Las orquídeas requieren, antes de su época de floración, una fertilización rica en fósforo para propiciar una buena floración (González, 2009).

Un estudio realizado en vainilla por Osorio *et al.* (2014), muestra que el P es uno de los nutrimentos limitantes para el crecimiento de la especie desarrollada bajo casa sobra. Sin embargo, el contenido de P en el sustrato no parece ser un buen indicador de la disponibilidad de este nutrimento; otros factores tales como la porosidad, aireación, y el contenido hídrico, que favorecen el crecimiento de raíces, parecen tener mayor influencia en la absorción de P para la planta.

En plántulas de *Dendrobium*, al evaluar la aplicación de concentraciones altas y bajas de P (0.025 y 0.02 g L⁻¹) y de K (0.1 y 0.4 gL⁻¹) se encontró que las tasas altas de P y K favorecen el número de flores (Bichsel *et al.*, 2008).

Wang (2007) menciona que la concentración alta de potasio (500 mg L^{-1}) favorece el número de hojas nuevas, el largo de la hoja madura más joven y el área foliar en plantas de *Phalaenopsis*. Así mismo indica que cuando se aumenta la concentración de K de 50 a 400 mgL^{-1} , se incrementa la cantidad de flores, el diámetro de la flor y la longitud del tallo de la flor (inflorescencia), ya sea desde la base hasta el primer nodo de la inflorescencia o de la primera flor a la punta, la longitud internodal entre las dos primeras flores, y el diámetro de tallo de la flor aumentó con forme se incrementó la concentración de K.

Bik (1976) indica que altas concentraciones de K (225 y 431 mg por maceta por semana) producen mayor rendimiento de peso fresco de flores y longitud del tallo, e indica que una dosis baja de N (125 mg por maceta por semana) en combinación con dosis alta de K producen flores más grandes en *Anthurium andreanum*.

2.8. Factores endógenos que influyen en la floración

2.8.5. Reguladores de crecimiento

Se sabe que el crecimiento de las plantas está controlado por un complejo de reguladores de crecimiento o de inhibidores de la acción de éstos (Ondarza, 1981). Los reguladores de crecimiento son mensajeros químicos que son producidos en las células y modulan los procesos celulares en otras. Estos reguladores tienen diversas formas químicas y se derivan de tres precursores metabólicos: aminoácidos, compuestos isoprenoides y lípidos (Taiz y Zeiger, 2010).

Los reguladores de crecimiento y los inhibidores son también factores importantes que determinan las respuestas de las plantas a estímulos ambientales, tales como la luz y la temperatura, y a diversas condiciones de estrés como la sequía y la humedad excesiva (Ondarza, 1981).

Quizás haya reguladores de crecimiento naturales que desempeñan una función importante en el proceso de la iniciación de yemas florales. Esa idea se ve respaldada por el hecho de que, con frecuencia, los reguladores exógenos del crecimiento motivan o fomentan la floración o bien, la impiden o retrasan (Weaver, 1976). La inducción floral es controlada principalmente por la alteración en el equilibrio de los reguladores de crecimiento vegetales (Dueck *et al.*, 2015).

En el Cuadro 9 se puede apreciar la influencia que tienen los diversos reguladores de crecimiento en diferentes fases de desarrollo de las plantas, donde el signo “X” indica el efecto.

Cuadro 9. Efecto de los reguladores de crecimiento en las plantas.

	Grupo hormonal				
	Auxinas	Giberelinas	Citocininas	Ácido abscísico	Etileno
Dormancia		X	X	X	X
Juvenilidad	X	X			
Crecimiento	X	X	X	X	X
Desarrollo de la raíz	X	X	X		X
Floración	X	X	X	X	X
Desarrollo del fruto	X	X	X	X	X
Senescencia	X	X	X		X

Fuente: Hopkins, 1999.

Se encontró que tanto las auxinas, como las citocininas parecen estar involucrados con la transición floral de *Dendrobium Second Love* propagada de manera *in vitro* (de Melo-Ferreira *et al.*, 2006).

Auxinas

Ácido indol-3-acético (IAA), es la auxina principal en las plantas superiores, y tiene diversos efectos en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Zhao, 2010). Las cantidades de AIA endógeno son extremadamente pequeñas y están controladas dentro de los niveles fisiológicos requeridos para el crecimiento normal (Ondarza, 1981); y su transporte en tallos es estrictamente basipétalo (Leszek, 2003).

Las auxinas cumplen un papel importante en el desarrollo de las plantas en cuanto a la formación de órganos, organización de tejidos, estimulación de la división celular (interactúan con las citocininas), alargamiento celular, relajación de la pared celular, síntesis del RNA y de las proteínas, dirección del transporte, efectos enzimáticos,

producción de etileno, respuestas trópicas y násticas (a veces quizá debidas al etileno), dominancia apical y prevención de la abscisión (Bidwell, 1990).

Las hojas y flores se forman a partir de la yema apical, proceso mediado por las auxinas (Reinhardt *et al.*, 2003). El desarrollo de meristemas florales depende de que las auxinas comiencen a ser transportadas a partir de tejidos subapicales (Taiz y Zeiger, 2010).

Un estudio con *Arabidopsis* demuestra que los factores de transcripción que regulan la maduración de los estambres y gineceo, están regulados por las auxinas. Sin embargo, las concentraciones de auxina en las flores enteras no cambiaron durante la maduración de la flor, lo que sugiere que la auxina podría regular la maduración de la flor sólo bajo condiciones ambientales específicas, o en órganos y tejidos localizados de las flores (Nagpal *et al.*, 2005). Se demostró que en hojas de un híbrido de *Phalaenopsis*, *Doritaenopsis* 'Tinny Tender', los cambios en la expresión génica resultan en la producción de sacarosa y aminoácidos, los cuales permiten el sostén de la yema floral, así como auxinas y etileno, que desempeñan papeles importantes en despertar las yemas latentes (Qin *et al.*, 2012).

Giberelinas

Las giberelinas son un grupo de compuestos de las plantas, de estructura química compleja, principalmente relacionados con el crecimiento, germinación de semillas y floración (Taiz y Zeiger, 2010); así como también cumplen un papel importante en la transducción de señales para contrarrestar los efectos de diversos estreses abióticos (Colebrook *et al.*, 2014).

Las giberelinas tienen las funciones de alargamiento celular (no por el mecanismo de las auxinas), división celular, inducción de enzimas, floración (en plantas de días largos), contrarrestan al letargo (antagoniza al ABA), inhibición de la formación de órganos y floración precoz de árboles (Bidwell, 1990).

En flores la fuente principal de giberelinas, son los estambres en desarrollo. Se supone que esta hormona asegura la viabilidad del polen, y también la viabilidad del óvulo. El crecimiento rápido del tubo polínico ocurre bajo la influencia de giberelinas (Leszek, 2003).

Al igual que las auxinas, las giberelinas promueven la extensión del tallo y el crecimiento del fruto, pero pueden también estimular la floración en algunas plantas y romper el letargo de algunas semillas (Ondarza, 1981). Se ha observado una relación estrecha entre la luz y las giberelinas. También tienen la capacidad de superar la inhibición del crecimiento provocado por luz roja (Leszek, 2003).

Las giberelinas son las únicas sustancias químicas capaces de promover la floración de flores en plantas que son representativas de clases fisiológicas bien definidas, cuando se cultivan en condiciones experimentales en las que, de otro modo, permanecerían totalmente vegetativas. Así pues las giberelinas parecen ser capaces de reemplazar ciertas condiciones ambientales específicas que controlan la formación de flores (Weaver, 1976).

El ácido giberélico (AG_3) aplicado a plantas de roseta intervenal que no hayan sufrido su termoperiodo las induce a formar el tallo floral y al subsecuente inicio de la floración (Bidwell, 1990)

En muchas plantas de día corto o en otras cuya floración no requiere variaciones en la iluminación, la aplicación de giberelinas retrasa por lo común la iniciación floral o la bloquea del todo. Dicho retraso puede deberse al crecimiento rápido de brotes que da por resultado una gran competencia entre el crecimiento vegetativo y el desarrollo floral (Weaver, 1976).

La importancia de las giberelinas en la inducción floral se deduce de los siguientes hechos (Leszek, 2003):

- Las giberelinas pueden sustituir el efecto de la luz o de la temperatura baja en algunas plantas que necesitan para su floración condiciones de día largo o temperatura baja.
- Durante la inducción floral, estas plantas cambian la composición y (o) el nivel de las giberelinas endógenas.
- Los retardadores, CCC (cloruro de 2-cloroetil trimetil amonio) o AMO 1618 ([2-isopropil-4-(cloruro de trimetil amonio)-5-metil] piperidina fenil carboxilato), pueden disminuir el nivel de giberelinas, inhibiendo también la inducción floral provocada por el día largo; la adición de las giberelinas puede anular este efecto.

Las giberelinas favorecen la floración de muchas especies de plantas suprimiendo la necesidad de estas plantas a la exposición a bajas temperaturas para iniciar este proceso. La capacidad que tienen las giberelinas para promover la floración es de gran valor para la planeación de la floración en épocas determinadas y para la producción de semillas (Parker, 2000).

Citocininas

Las citocininas son compuestos con diversos efectos en el desarrollo de las plantas. Pueden existir en formas libres o ligadas, y operacionalmente son definidos como compuestos con actividades biológicas similares a la trans-zeatina (Taiz y Zeiger, 2010).

Entre los efectos de las citocininas están la división celular (inducción y promoción; interactúa con las auxinas), alargamiento celular, formación de órganos (interactúa con auxinas), contrarresta el letargo, liberación de la dominancia apical, prevención de senescencia, movilización de nutrimentos y regulación de los polirribosomas (Bidwell, 1990). En algunas especies de plantas las citocininas participan en la inducción de la floración. Sin embargo, este papel no está todavía muy claro.

Al tratar las plantas intactas de *Chenopodium rubrum* con nictiperíodo (periodo de oscuridad) inductivo (12 h), ocurrió una disminución marcada del nivel de citocininas en los brotes. La privación de las raíces a estas plantas (como la supuesta fuente de citocininas) al inicio del nictiperíodo inductivo, estimuló marcadamente la floración (Leszek, 2003).

Ácido abscísico

El ácido abscísico (ABA) es un regulador de crecimiento de las plantas, el cual se puede detectar en diversos órganos y tejidos, principalmente en raíces y yemas apicales (Bidwel, 1990).

El ABA es un inhibidor del crecimiento, ya que reprime la traducción de ARNm, estimula el letargo, inhibe la acción de las giberelinas, auxinas y citocininas, participa en la floración en plantas de día corto, en el proceso de abscisión, cierre de estomas y control del desarrollo embrionario (con las citocininas y el AG₃) (Bidwell, 1990; Ondarza, 1981).

El ABA juega un papel importante en el mecanismo de defensa de las plantas contra el stress fisiológico, ya al aumentarse su concentración en las hojas se induce al cierre de estomas para reducir la pérdida de agua por medio de la transpiración y por ende evitar la pérdida de energía (Ondarza, 1981).

Así como el AG₃ causa floración en plantas de días largos, el ABA tiene efecto en plantas de días cortos. Esto se puede relacionar con el propuesto mecanismo controlado por el fitocromo por el que un terpeno se convierte, o bien en AG₃, o bien en ABA, bajo la influencia de días largos o cortos (Bidwell, 1990).

Las concentraciones altas de ABA en hojas y en botones florales de plantas *Solidago x luteus* (planta de flor de corte) en días cortos, producen efectos promotores propios de tejidos en desarrollo, que están relacionados con la mayor velocidad de anthesis floral en plantas de esta especie (Flórez y Pereira, 2009).

Los resultados obtenidos en *Phalaenopsis hybrida* (cv. TS 340) al estudiar el efecto del ABA en la floración, muestran que hay una disminución en el contenido de ABA libre en las raíces y los brotes, pero no en las hojas, lo cual se correlaciona con la activación de la yema y el desarrollo de brotes florales (Wang *et al.*, 2002).

2.9. Influencia de los factores ambientales en el contenido de reguladores de crecimiento

2.9.1. Luz

Existe una correlación entre la inhibición del crecimiento inducida por la luz y la reducción del contenido de auxinas. La baja intensidad lumínica incrementa las concentraciones de giberelinas en hojas de *Solanum andigena* expuesta a días cortos (Woolley y Wareing, 1972). Se ha encontrado que la baja intensidad lumínica disminuye el contenido de citocininas en las raíces de *Solanum andigena* expuesta a días cortos (Woolley y Wareing, 1972), a su vez la reducción del contenido de citocininas inducido por la luz, puede ser mediado por las giberelinas (Scott, 1984).

Algunos estudios sugieren que los carotenoides sirven como precursores de ABA en la planta. Por tanto la luz es un factor que promueve la conversión de los carotenoides en el inhibidor ABA (Ondarza, 1981). El incremento de ABA en yemas, semillas y tubérculos puede ser controlado en partes por el fotoperíodo (Scott, 1984).

2.9.2. Temperatura

Al estudiar el efecto de las altas temperaturas (30/25 °C día/noche) en las concentraciones de citocinina en las hojas *Phalaenopsis hybrida*, se encontró que las altas temperaturas conducen a una acumulación de glucósidos de citocinina y una reducción en los ribósidos de citocinina 20 días después de someter las plantas al tratamiento (Chou *et al.*, 2000).

Un estudio realizado por Oliveira y Barbante (2004) en la especie de orquídea *Dendrobium*, demuestra que hay una relación entre el termoperiodismo y las concentraciones hormonales, las cuales indican que después de un tratamiento termoperiódico (25°C día/10 °C noche), las concentraciones hormonales resultan en la transformación de crecimiento vegetativo en yemas florales. Las concentraciones de citocininas y ácido indolacético aumentaron en la etapa de iniciación floral de manera significativa con el tratamiento; mientras que, las concentraciones de ácido abscísico disminuyeron.

2.9.3. Concentración nutrimental

Requerimientos nutrimentales de orquídeas

En su ambiente natural, las orquídeas se nutren de los restos orgánicos que se han acumulado durante años o que poco a poco provee la naturaleza. Considerando que las orquídeas son normalmente plantas epífitas están acostumbradas a recibir nutrimentos diluidos en bajas concentraciones, pero de forma constante (Menchaca y Moreno, 2011).

Rangos de suficiencia nutrimental en orquídeas

Los rangos de suficiencia son valores foliares que permiten la identificación de deficiencias asintomáticas, que muchas veces pueden encontrarse por encima del nivel crítico (Correndo y García, 2012).

Para el caso de orquídeas, la información de la concentración nutrimental en el tejido vegetal es escasa. En el Cuadro 10 se presentan los rangos de suficiencia de diferentes especies de orquídeas.

Cuadro 10. Rangos de suficiencia en algunas especies de orquídeas.

	Macronutrientos (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
<i>Laeliocattleya Aconcagua</i>	1.68-1.85	0.06-0.08	1.94-2.77	1.05-1.63	0.99-1.43	Sin datos
<i>Laeliocattleya Culminant</i>	1.90-2.50	0.09-0.12	0.69-2.41	0.31-1.86	0.31-0.79	Sin datos
<i>Ocidium</i>	1.54-2.04	0.26-0.58	2.23-3.95	0.71-1.09	0.28-0.48	0.15-0.39
<i>Phalaenopsis</i>	2.00-3.50	0.17-0.30	3.90-7.06	1.50-2.79	0.40-1.07	Sin datos
<i>Paphiopedilum</i>	2.25-3.50	0.20-0.70	2.00-3.50	0.75-2.00	0.20-0.75	0.20-0.75
	Micronutrientos (ppm)					
	Fe	Mn	B	Cu	Zn	Mo
<i>Laeliocattleya Aconcagua</i>	295-405	724-1047	Sin datos	13-15	87-145	Sin datos
<i>Laeliocattleya Culminant</i>	93-150	42-359	Sin datos	36-42	95-143	Sin datos
<i>Ocidium</i>	16-61	243-772	11-21	3-65	22-108	0.12-0.36
<i>Phalaenopsis</i>	80-170	100-250	25-50	5-25	20-94	Sin datos
<i>Paphiopedilum</i>	50-200	50-200	25-75	5-20	25-200	Sin datos

Fuente: Mills y Jones (1996).

En el Cuadro 11 se muestran las concentraciones nutrimentales encontradas en el tejido de *Laelia speciosa* reportado por Velázquez (2001).

Cuadro 11. Concentración nutrimental en tejido de *Laelia speciosa*

Nutrimento	Hoja	Raíz	Pseudobulbo
Macronutrientos (%)			
N	1.28	1.28	1.00
P	0.07	0.07	0.90
K	1.967	0.60	0.93
Ca	1.957	0.42	0.55
Mg	0.480	0.29	0.25
Micronutrientos (mg Kg ⁻¹)			
Fe	178.3	1275.0	168.67
Zn	13.86	30.6	14.1
Mn	60.67	61.13	18.57
B	0.110	0.140	0.077

2.9.4. Influencia de factores ambientales en el contenido nutrimental

La mayoría de las plantas requiere un balance similar de recursos (energía, agua y nutrientes minerales) para mantener su crecimiento óptimo (Chapin *et al.*, 1987). Se ha reportado que las concentraciones de nutrientes en la solución del suelo y, por lo tanto, la absorción de nutrientes por las plantas, fluctúa considerablemente durante el año (Chapin, 1980).

La investigación se ha centrado, principalmente, en respuestas y adaptaciones de las plantas a características individuales del ambiente, sin embargo, las plantas se enfrentan a diferentes tipos de estrés en la naturaleza (Chapin *et al.*, 1987). Existen varios estudios que muestran el daño del aparato fotosintético de las plantas verdes causado por altas intensidades de luz. El daño por altas cantidades de luz, o fotoinhibición, incrementa dramáticamente cuando esa alta exposición a la luz es acompañada por estrés de agua, o alta o baja temperatura (Powles, 1984).

La habilidad de las plantas para responder apropiadamente a la disponibilidad de nutrientes es de fundamental importancia para su adaptación al ambiente. Los nutrientes tales como nitratos, fosfatos, hierro sulfatado, actúan como señales que

pueden ser percibidas, disparando mecanismos moleculares que modifican el proceso de división y diferenciación celular en la raíz, por ejemplo (López-Bucio *et al.*, 2003).

Forde y Lorenzo (2001) propusieron el término “trofomorfogénesis” para describir los cambios en la morfología de la planta que se originan de variaciones en la disponibilidad o distribución de nutrientes en el ambiente. Estos autores indicaron que parece haber por lo menos dos rutas por las cuales las plantas monitorean su abastecimiento de nutrientes: i) directamente a través de cambios localizados en la concentración de nutrientes en la solución externa del suelo; ii) indirectamente a través de cambios en el estatus nutrimental interno de la misma planta. Esta ruta tiene la ventaja de posibilitar a la planta para integrar sus señales nutricionales con aquellas que vienen de procesos fisiológicos, como la fotosíntesis.

Con base en el uso de LEDs en la horticultura mencionado previamente, algunos autores ha reportado que justo como con otras fuentes de luz, la calidad espectral de los LEDs, puede tener efectos dramáticos en la anatomía y morfología del cultivo, así como en la asimilación de nutrientes y el desarrollo de patógenos (Massa *et al.*, 2008).

Relaciones entre características nutrimentales y reguladores de crecimiento

En la literatura existe información que muestra cómo la respuesta de las plantas a cambios en el abastecimiento de nutrientes puede ser imitada por aplicación exógena de una hormona vegetal. Estos estudios muestran que la hormona juega un papel importante en la mediación de los efectos nutrimentales (Forde y Lorenzo, 2001). Por ejemplo, Schmidt *et al.* (2000) reportaron que etileno y posiblemente las auxinas regulan la formación de pelos de la raíz, inducida por deficiencia de Fe. Asimismo, Ma *et al.* (2003) reportaron que el sistema de raíces de *Arabidopsis* se adapta a la deficiencia de fósforo por cambios en las rutas de transducción de señales relacionando concentraciones de etileno con el crecimiento y división. Las hormonas actúan como señales para estimular o inhibir el crecimiento o regular el desarrollo programado de las plantas (Fosket, 1994). Las concentraciones hormonales endógenas son moduladas por varios procesos dinámicos: la formación de novo de biosíntesis, la movilización de los formularios almacenados, y la desactivación o conjugación (Bandurski *et al.*, 1995). Los factores ambientales, tales como el suministro

de nutrientes minerales participan en la regulación de los procesos hormonales en la planta (Amzallag *et al.*, 1992).

La nutrición con urea, tiene respuesta a la acumulación de AIA en brotes de *V. philippocoburgii* después de 6 meses. Se ha encontrado que esta hormona aumenta hasta 5 veces más, comparada con las fuentes de NO_3^- y NO_4^+ , que producen en promedio 400 pmol g^{-1} , y mientras que en los brotes de *T. pohliana* la concentración de este regulador es de 3 veces más cuando se aplica urea, y las fuentes de nitrógeno en forma de NO_3^- y NO_4^+ , producen en promedio 250 pmol g^{-1} . Por otra parte la concentración endógena de la citocinina [9R] Zeatina (ribósido zeatina) se mantiene constante independientemente de la fuente de nitrógeno empleada en los brotes de *V. philippocoburgii*, en cambio en los brotes de *T. pohliana* se encontró que la fuente de urea aumenta el contenido de este regulador 6.5 veces más que las otras dos fuentes de nitrógeno (NO_3^- y NO_4^+). Para zeatina, esta mostró un incremento de 8 veces cuando se aplicó urea en brotes de *V. philippocoburgii*, y de 2 veces en brotes de *T. pohliana* (Mercier *et al.*, 1997).

Por su parte Mercier *et al.* (1997) indican que después de 60 días del transplante, la fuente de NO_3^- y NO_4^+ a concentración de 16 mM, producen una concentración endógena de AIA de 3.46, 1.06 y $0.32 \text{ } \mu\text{mol Kg}^{-1}$ de materia seca, en brotes de *Pitcairnia flammea*, *Vriesea philippocoburgii* y *Tillandsia pohliana* respectivamente. En cuanto al contenido total de citocininas (Z + [9R]Z + iP + [9R]iP), indican que se muestran concentraciones de 1.23, 1.51 y 3.61 para *Pitcairnia flammea*, *Vriesea philippocoburgii* y *Tillandsia pohliana*, reportando además que cuando aumenta el contenido de AIA ($3.46 \text{ } \mu\text{mol Kg}^{-1}$ de materia seca) en los brotes de *Pitcairnia flammea* disminuye el contenido endógeno de citocininas ($1.23 \text{ } \mu\text{mol Kg}^{-1}$ de materia seca), contrario a lo sucedido en los brotes de *Vriesea philippocoburgii* y *Tillandsia pohliana* que cuando disminuye la concentración de AIA aumenta el contenido citocininas en proporción de 50 y 1000% respectivamente.

La dominancia apical es controlada por la competencia interna entre las yemas y los nutrientes. El hecho de que la yema terminal es a la vez un suministro de nutrientes y una fuente para la producción auxina, ha hecho difícil de probar que tanto los nutrientes como las auxinas inhiben en crecimiento de las yemas. Existe una hipótesis de la

nutrición auxina-dirigida que propone que la auxina originada en el creciente ápice del brote dirige el transporte de nutrientes a este vértice y a causa de esto los brotes laterales que no crecen debido a la insuficiencia de nutrientes (Cline, 1991).

Chen *et al.* (1998) estudiaron las relaciones nutrimentales con estatus hormonal de plantas de trigo. Los autores reportan que las mezcla de NO_4^+ con NO_3^- como fuentes de nitrógeno, en proporción 30:70 promueven una concentración de zeatina riboside (52.8 pmol g^{-1} materia fresca) y AG_{1+3} (88.7 pmol g^{-1} materia fresca), mientras que una relación amonio: nitrato de 0:100 produce concentración de AIA y ABA de 182.5 y 21.3 pmol g^{-1} materia fresca, respectivamente en brotes. Al aplicar una relación $\text{NO}_4^+:\text{NO}_3^-$ de 30:70 el contenido hormonal de zeatina riboside en las raíces fue mayor con respecto a las relaciones 100:0 y 0:100, con contenidos de 28.0, 16.7 y 20.3 pmol g^{-1} materia fresca correspondientemente. Resultados similares fueron encontrados con las hormonas AIA y AG_{1+3} empleando la proporción 30:70 ($\text{NO}_4^+:\text{NO}_3^-$), con valores de 98.3 y 40.5 pmol g^{-1} materia fresca respectivamente.

Debido a que en esta revisión no se encontró información científica sobre el efecto de las condiciones ambientales en la floración de *Laelia anceps* subesp. *anceps*, el presente estudio es relevante para generar información básica en esta especie. Es por ello que el presente estudio se estableció para determinar el efecto de la condición de floración previa y la fuente de luz, en ambiente controlado de fotoperíodo y temperatura nocturna, en la floración de esta orquídea silvestre con potencial ornamental.

III. OBJETIVOS

3.1. General

Evaluar el efecto de la fuente de luz en la inducción y calidad floral así como en la concentración de reguladores de crecimiento y nutrimentos en *Laelia anceps* subesp. *anceps* con fotoperíodos de 9 y 12 h y temperatura nocturna de 13° y 17 °C.

3.2. Específicos

- 1) Evaluar el efecto de diferentes fuentes de luz y condición de floración previa (Etapa 1) en la inducción a floración de *L. anceps* subesp. *anceps* en ambiente controlado.
- 2) Evaluar el efecto de diferentes fuentes de luz y condición de floración previa (Etapa 1) en la calidad de la floración de *L. anceps* subesp. *anceps* en ambiente controlado.
- 3) Evaluar el efecto de diferentes fuentes de luz y condición de floración previa (Etapa 1) en la concentración endógena de reguladores de crecimiento en hoja, pseudobulbo y raíz, durante la inducción a floración de *L. anceps* subesp. *anceps* en ambiente controlado.
- 4) Evaluar el efecto de diferentes fuentes de luz y condición de floración previa (Etapa 1) en la concentración nutrimental en hoja, pseudobulbo y raíz de *L. anceps* subesp. *anceps*, en ambiente controlado.

IV. HIPÓTESIS

4.1. General

Las diferentes fuentes de luz probadas afectan la inducción y la calidad floral, y la concentración de reguladores de crecimiento y nutrimentos de *Laelia anceps* subesp. *anceps* en ambiente controlado.

4.2. Específicas

- 1) Las fuentes de luz y la condición de floración previa (Etapa 1) afectan la inducción a floración de *L. anceps* subesp. *anceps* en ambiente controlado.
- 2) Las fuentes de luz y la condición de floración previa (Etapa 1) afectan la calidad de la floración de *L. anceps* subesp. *anceps* en ambiente controlado.
- 3) Las fuentes de luz y la condición de floración previa (Etapa 1) promueven cambios en las concentraciones de reguladores de crecimiento en hoja, pseudobulbo y raíz, durante la inducción a floración de *L. anceps* subesp. *anceps* en ambiente controlado.
- 4) Las fuentes de luz y la condición de floración previa (Etapa 1) promueven cambios en la concentración nutrimental en hoja, pseudobulbo y raíz de *L. anceps* subesp. *anceps*, en ambiente controlado.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Material vegetal

Se utilizaron plantas de *Laelia anceps* subesp. *anceps* de cuatro años de edad (adultas) de 30 cm de altura en promedio. Las plantas provenían de propagación por semilla *in vitro*. Durante su proceso de preparación antes de su distribución en tratamientos, se mantuvieron en invernadero con temperatura promedio de temperatura 29/13 °C diurna y nocturna, y un FFF de 90 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

5.2. Trasplante del material vegetal

Cada planta de *L. anceps* subesp. *anceps* se sacó de su contenedor original y se cortó manualmente o con tijera (previamente esterilizada) por el rizoma, generando plantas de 3 ± 1 pseudobulbos. A estas plantas se les retiraron los tejidos muertos (raíces, pseudobulbos, hojas). El material vegetal resultante se trasplantó en macetas translúcidas de 1 L de capacidad, las cuales se llenaron a un cuarto de su capacidad con el sustrato, se colocó la planta y luego se terminó de rellenar la maceta con el sustrato. Las plantas se dejaron en reposo en el invernadero durante tres meses antes de su exposición a los tratamientos.

5.3. Sustrato

El sustrato utilizado fue una mezcla de corteza de pino (CP; Ecorteza[®]), perlita (P) y turba (T) en una relación de volumen de 60:20:20. Cada componente de la mezcla se tamizó para obtener los siguientes tamaños de partícula: CP= 1.3 cm; P= 6 mm; la turba se usó pulverizada. Posterior a su tamiz, la CP se esterilizó por separado con flujo de vapor de agua a una temperatura aproximada de 120° C.

5.4. Fertilización

5.4.1. Fertilización de mantenimiento en invernadero

Previo al inicio de los tratamientos las plantas se fertilizaron con Peters[®] 30N-10P-10K aplicando 100, 33.3 y 33.3 mg L⁻¹ de N, P y K, respectivamente, en la solución nutritiva,

lo cual se logró al aplicar 0.35 g de Peters[®] por litro de agua. Se aplicaron 100 mL de solución por maceta cada 15 días.

5.4.2. Fertilización para inducción de floración en cámara de crecimiento

Después de 15 días de ingresar las plantas a las cámaras, éstas se fertilizaron con Peters[®] 10N-30P-20K (100, 300 y 200 mg L⁻¹ de N, P y K, respectivamente) aplicando 1 g de Peters[®] por litro de agua. Se aplicaron 100 mL de solución nutritiva por maceta cada semana hasta el final de cada etapa evaluada y en su caso, hasta la aparición de la inflorescencia.

5.5. Riegos

Los riegos se realizaron con agua corriente acidificada, para lo cual se utilizó ácido sulfúrico al 95 % ajustado a un pH de 5.5. Se aplicaron 200 mL de agua por maceta, tres veces por semana. Uno de los tres riegos se suministró antes de realizar la fertilización semanal.

5.6. Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales se evaluaron en cámaras de crecimiento controlado, con las siguientes características:

5.6.1. Ambiente controlado 1

En el ambiente controlado 1 (AC1), la luz fue proporcionada por lámparas fluorescentes, combinada con lámparas de aditivos metálicos y lámparas de alta presión de sodio. La suma de estas fuentes de luz generó un flujo de fotones fotosintéticos de 80 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 5).



Figura 5. Ambiente controlado 1

5.6.2. Ambiente controlado 2

La luz en el ambiente controlado 2 (AC2) se generó con lámparas de diodos emisores de luz (LEDs), donde se combinó luz roja y luz azul (90:10%), esta fuente de luz generó un FFF de $64 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 6).



Figura 6. Ambiente controlado 2.

En ambos ambientes, AC1 y AC2, las fuentes de luz cubrieron un área de 1 m^2 , colocadas a 50 cm de distancia sobre las plantas en estudio.

Con base en las características de las fuentes de luz señaladas para cada ambiente controlado, y para efectos prácticos, la abreviación para el AC1 corresponderá a FL1 (Fuente de Luz 1) y para el AC2, será FL2 (fuente de luz 2). En cada una de las etapas experimentales, una vez que se presentó la inducción floral, las plantas fueron retiradas del ambiente controlado en el que se encontraban, para concluir el desarrollo de la inflorescencia en condiciones de invernadero. El criterio para retirar las plantas fue cuando la inflorescencia alcanzó 15 cm de longitud.

5.7. Temperatura y fotoperíodo evaluados en cada etapa

Se evaluaron diferentes condiciones de fotoperíodo y temperatura nocturna, que en lo sucesivo serán consideradas como etapas experimentales (Cuadro 12). La temperatura diurna se mantuvo en 25 °C. Cada una de las etapas tuvo una duración de 60 días.

Cuadro 12. Fotoperíodos y temperaturas nocturnas evaluados en cada etapa experimental.

Etapas experimental	Fotoperíodo (h)	Temperatura (°C)
Etapa 1	9	25/13
Etapa 2	9	25/17
Etapa 3	12	25/13
Etapa 4	12	25/17

Consideraciones especiales de evaluación en las Etapas experimentales

Para el caso de la Etapa 1 se evaluó, adicional a las fuentes de luz, dos estados de floración previos de las plantas antes del establecimiento del experimento: i) plantas con floración anterior (CFA); y ii) plantas sin floración anterior (SFA).

Para las etapas 2, 3 y 4 se evaluaron únicamente las dos fuentes de luz, y no se incluyó la condición de floración previa debido a carencia del material vegetal en una división estricta de una y otra condición (CFA y SFA), por lo que sólo se consideraron

plantas en estado adulto, con el tamaño de pseudobulbos y hojas, con capacidad reproductiva (Tejeda-Sartorius, O., observación personal).

5.8. Análisis de reguladores de crecimiento endógenos

5.8.1. Preparación de las muestras

Las determinaciones de reguladores del crecimiento se realizaron en hojas, pseudobulbos y raíces, mediante muestreo destructivo, al inicio del experimento y al inicio de la inducción floral, cuando la inflorescencia tenía 5 cm de longitud. Se evaluaron dos repeticiones por tratamiento.

El muestreo se hizo de la siguiente manera (Figura 7):

- 1) Muestreo inicial. Para este muestreo se utilizó un brote no diferenciado sin inducción floral, y la estructura compuesta por pseudobulbo, hoja y raíz, localizada inmediatamente antes del brote en el eje de crecimiento, previo al ingreso de las plantas a las cámaras, es decir, antes de asignar las plantas a los tratamientos respectivos.
- 2) Muestreo por inducción floral. Después de exponer las plantas a los tratamientos y una vez que los brotes se indujeron a floración, se hicieron los respectivos muestreos para hoja, pseudobulbo e inflorescencia; así como para la estructura inmediata anterior al brote inducido, de la misma manera como se indicó para el muestreo inicial.

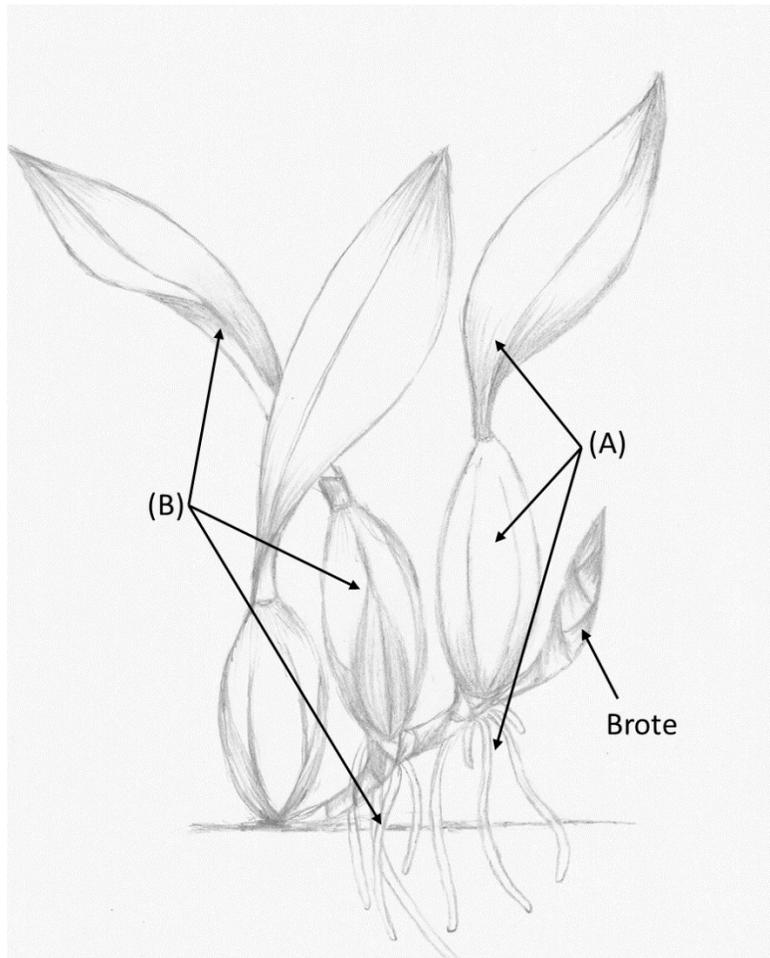


Figura 7. Esquema de ubicación del brote y de la estructura de crecimiento compuesta por pseudobulbo, hoja y raíz, de *L. anceps* subesp. *anceps* para la determinación de reguladores de crecimiento (A) y nutrientes (B).

5.8.2. Determinación de la concentración de reguladores de crecimiento endógenos

Inmediato a la colecta, las muestras se llevaron a congelación a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ultracongelador Thermo Scientific Forma). Posteriormente las muestras se envolvieron en papel aluminio y se liofilizaron (liofilizador marca LABCONCO[®]) durante diez días. Las muestras fueron molidas en un molino Hamilton Beach.

Para la obtención del extracto se siguió el protocolo de análisis hormonal descrito por Pan *et al.* (2010; Figura 8).

Una vez obtenido el extracto para la inyección en el HPLC se utilizó una columna Rx/SB-C8 Rapid Res HPLC Col 4.6 x 75 mm. La fase móvil utilizada fue: A: agua y B:

acetonitrilo; ambos a 1% de ácido trifluoroacético. El tipo de análisis fue por gradiente a una velocidad de 3 mL min^{-1} , en el tiempo 0.10 78% A, 22% de B; 1.5 min 50% A, 50% B; 4 min 50% A, 50% B. El detector de arreglo de diodos se programó a 254 nm. Se utilizó un cromatógrafo de líquidos marca hp[®] (Hewlett Packard), serie 1100; modificado con módulos de la marca Agilent Technologies[®] modelo 6132A.

Para determinar la concentración de reguladores de crecimiento en las muestras, se utilizaron los estándares: ácido indol-3-acético (AIA), ácido indol-3-butírico (AIB), ácido giberélico (AG₃), cinetina, 6-bencilaminopurina (BAP), y ácido abscísico (ABA), de la marca Sigma. Se inyectaron 0.5, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 y 100 μL del estándar y la curva se construyó con el programa Chem Station versión B.02.01 (2006).

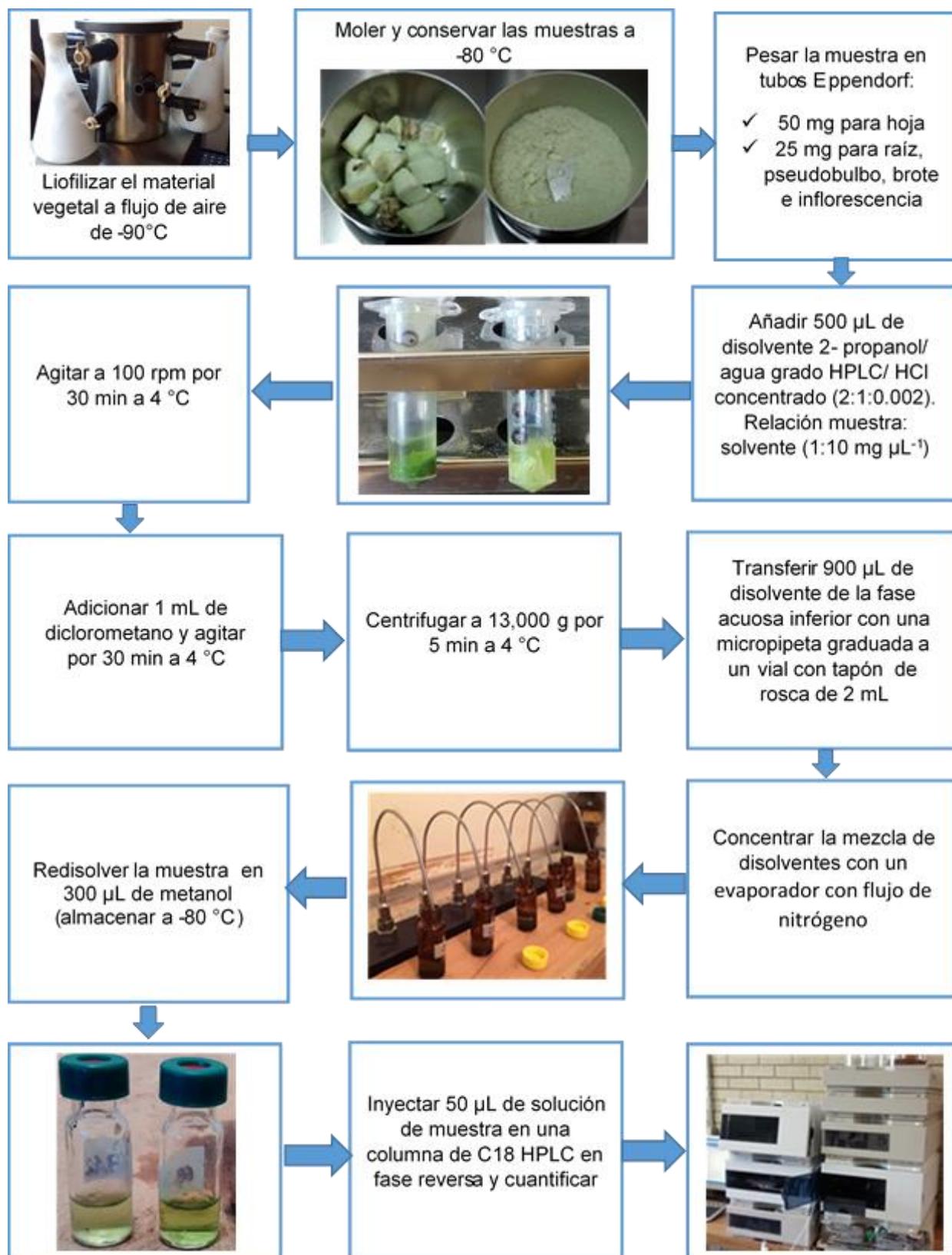


Figura 8. Protocolo para la determinación de reguladores de crecimiento endógenos. Modificado de Pan *et al.* (2010).

5.9. Análisis nutrimental

5.9.1. Preparación de las muestras

Para el análisis nutrimental se usó la estructura compuesta por hoja, pseudobulbo y raíz, localizada inmediatamente antes de la estructura similar usada en el análisis de reguladores de crecimiento (Figura 7). Los muestreos se realizaron en dos momentos: al inicio del experimento y al inicio de la inducción floral. Se evaluaron tres repeticiones por tratamiento.

5.9.2. Determinación nutrimental

El material se secó en estufa de circulación de aire caliente a 75 °C, posteriormente se molió en un molino tipo Wiley de acero inoxidable y se determinó la concentración de nitrógeno total por el método Semimicro-Kjeldahl (Bremner, 1965) con ácido sulfúrico-salicílico para su digestión. Después de la digestión, la muestra se destiló utilizando 10 mL de NaOH al 50%, 20 mL de H₃BO₃ al 4% y cuatro gotas del indicador de pH. Se obtuvieron 50 mL de la muestra destilada y se realizó la titulación con H₂ SO₄ a 0.05 N, hasta el cambio de color. Finalmente se realizaron los cálculos con el gasto de ácido obtenido.

La determinación de P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, B se llevó a cabo mediante digestión húmeda con mezcla de ácido perclórico y nítrico (Alcántar y Sandoval, 1999). La mezcla se filtró y la lectura de los extractos obtenidos de la digestión se realizó por espectroscopía de emisión atómica de inducción por plasma modelo ICP-OES 725.

5.10. Diseño de tratamientos

5.10.1. Etapa 1

Para la evaluación de las variables vegetativas y de calidad floral, se evaluaron cuatro tratamientos: 1) FL1 + CFA; 2) FL1 + SFA; 3) FL2+ CFA; y 4) FL2+ SFA.

Reguladores de crecimiento y nutrimentos

✓ Estructura inmediata anterior al brote inducido

Para el análisis de la concentración de reguladores de crecimiento y nutrimentos en la estructura inmediata anterior al brote inducido, se evaluaron dos tratamientos

adicionales, al considerar el estado inicial (I) de la concentración de ambos grupos de compuestos, antes de exponer las plantas a las condiciones ambientales evaluadas y, en consecuencia, antes de la inducción. Así, los tratamientos fueron: 1) I + CFA; 2) I + SFA; 3) FL1 + CFA; 4) FL1 + SFA; 5) FL2+ CFA; y 6) FL2+ SFA.

✓ *Brote inducido*

Para el análisis de reguladores de crecimiento en brotes, los tratamientos fueron: 1) I + CFA; 2) I + SFA; 3) Brote con inducción floral (BIF) + FL1 + CFA; 4) BIF + FL1 + SFA; 5) BIF + FL2+ CFA; 6) BIF + FL2+ SFA; 7) Inflorescencia (Inf) + FL1 + CFA; 8) Inf + FL1 + SFA; 9) Inf + FL2+ CFA; 10) Inf + FL2+ SFA.

5.10.2. Etapas 2, 3 y 4

Para las variables de crecimiento vegetativo y de calidad floral, se evaluaron únicamente dos fuentes de luz, resultando los tratamientos: 1) FL1; y 2) FL2.

Reguladores de crecimiento y nutrimentos

✓ *Estructura inmediata anterior al brote inducido*

Para el análisis de la concentración de reguladores de crecimiento y nutrimentos en estas etapas, se evaluó un tratamiento adicional para, como en la etapa 1, considerar el estado inicial (inicio) de la concentración de ambos grupos de compuestos, quedando los tratamientos: 1) Inicio; 2) FL1; 3) FL2.

✓ *Brote inducido*

Para el análisis de brotes inducidos, los tratamientos fueron: 1) Inicio; 2) BIF + FL1; 3) BIF + FL2; 4) Inf + FL1; 5) Inf + FL2.

5.11. Diseño experimental

Cada experimento se estableció en un diseño completamente al azar. Para la Etapa 1 se usaron 20 repeticiones por tratamiento, para el resto de las etapas, 16 repeticiones; cada planta se consideró como una unidad experimental.

5.12. Variables de estudio

5.12.1. Variables de crecimiento vegetativo

Planta completa. Las variables de crecimiento vegetativo se tomaron al inicio antes de exponer las plantas a los tratamientos (muestreo inicial) y a los 60 días (término de tratamientos), para lo cual se sacó la diferencia entre las dos mediciones para hacer el análisis.

- Incremento en altura. Se consideró la diferencia entre la altura inicial y final, desde la base del pseudobulbo hasta el ápice de la hoja más grande (IAP; Figura 9a).
- Incremento en número de hojas (INH).
- Incremento en número de pseudobulbos (INPsb).

Crecimiento del brote. Estas variables se tomaron al momento de la inducción a floración; para el caso de los brotes que no se indujeron, se tomaron a los 60 días después del inicio del experimento.

- Diámetro del pseudobulbo (DPsb; Figura 9b).
- Longitud del pseudobulbo. Se midió la longitud de la base del pseudobulbo al ápice de éste (LPsb; Figura 9c).
- Longitud de la hoja del brote. Se consideró desde la base de la hoja al ápice de la misma (LHBr; Figura 9d).

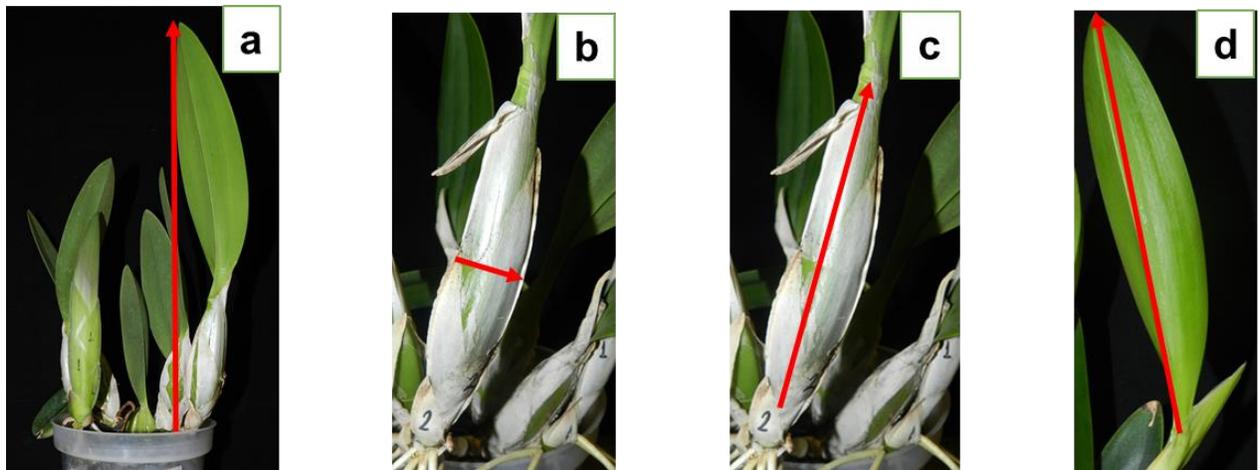


Figura 9. Variables de crecimiento vegetativo.

a= Altura de la planta; b= diámetro del pseudobulbo; c= longitud del pseudobulbo; d= longitud de la hoja del brote.

5.12.2. Variables de calidad floral

- a) Días a antesis (DA). Se consideró a partir de la aparición (Figura 10a) de la inflorescencia a la apertura de la primera flor (Figura 10b).
- b) Vida de la flor (VF). Considerada desde la antesis hasta el inicio de la senescencia de la primera flor (Figura 10c).
- c) Número de flores por racimo (NF).
- d) Longitud del tallo floral (LTF). Se consideró desde el primer nudo del tallo (inmediato al ápice del pseudobulbo) hasta el inicio del racimo (Figura 10d).
- e) Diámetro del tallo floral (DTF). Se midió en el primer nudo inmediato al ápice del pseudobulbo (Figura 10e).
- f) Tamaño de la flor, considerando:
 - ✓ Longitud desde el ápice del sépalo dorsal al ápice del sépalo lateral (LSS; Figura 10f).
 - ✓ Longitud desde el ápice del pétalo izquierdo al ápice del pétalo derecho (LPP; Figura 10g).
- g) Tamaño del labelo, considerando ancho y longitud del mismo (Figuras 10h y 10i, respectivamente).

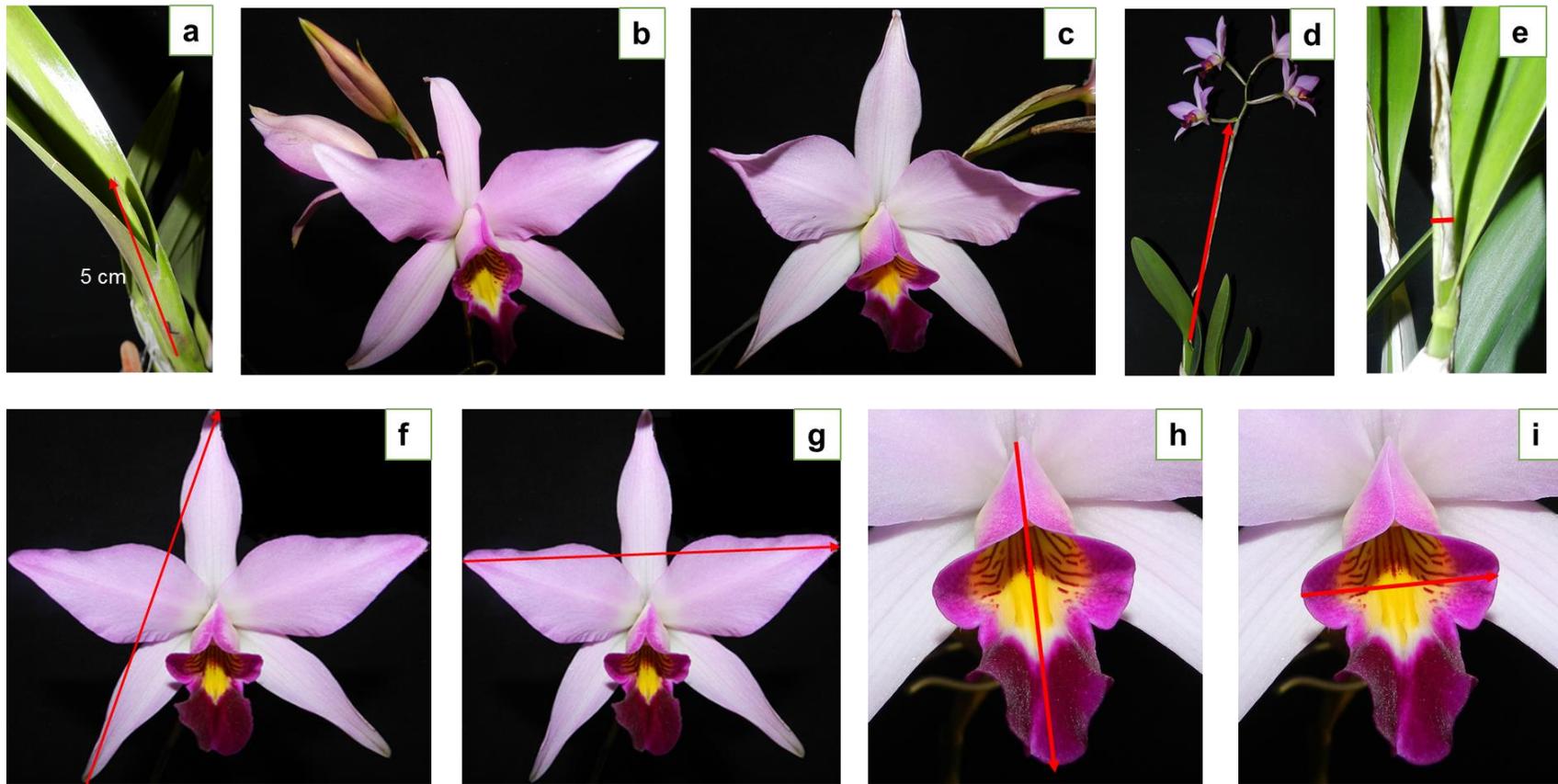


Figura 10. Variables de calidad floral.

a= aparición de la inflorescencia; b= antesis; c= senescencia de la flor; d= longitud del tallo floral; e= diámetro del tallo floral; f= longitud del sépalo dorsal al sépalo lateral; g= longitud del pétalo izquierdo al pétalo derecho; h= largo del labelo; i= ancho del labelo.

5.12.3. Variables complementarias

- ✓ Modelación de la probabilidad de inducción a floración, según efecto de la fuente de luz, y en su caso, la condición de floración previa (Etapa 1); la cual se determinó mediante el número de plantas inducidas a floración en cada tratamiento.
- ✓ Porcentaje de floración.
- ✓ Correlación de variables de calidad floral.

5.12.4. Análisis de datos

Para el análisis del crecimiento vegetativo y floración, se usó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey, con un $\alpha = 0.05$.

Para el análisis de reguladores de crecimiento se obtuvieron promedios de las dos repeticiones inyectadas en HPLC y según el tipo de muestreo (inicial y en la inducción). El análisis nutrimental se realizó por medio de análisis de varianza y prueba de medias por el método de Tukey, con un $\alpha = 0.05$. Para este análisis se consideraron las tres repeticiones del muestreo inicial y las tres correspondientes al momento de la inducción floral en cada uno de los tratamientos. Como complemento al análisis de varianza, se realizaron contrastes ortogonales para detectar posibles diferencias significativas en la concentración de nutrimentos entre el inicio (antes de la exposición de las plantas a los tratamientos) y durante la inducción floral.

Para modelar la relación entre la variable respuesta inducción a floración se utilizó el modelo de regresión logística. Para el caso de la Etapa 1, el modelo de regresión logística incluyó los dos estados de floración previos de las plantas al establecimiento del experimento (CFA y SFA) y la fuente de luz. En las etapas 2, 3 y 4 sólo se modeló la inducción floral a partir de la fuente de luz.

Para investigar la correlación entre las variables reproductivas se empleó el coeficiente de correlación de Pearson.

El análisis de los datos se realizó con el programa estadístico SAS Enterprise Guide 9.4; ©2006.

VI. RESULTADOS

6.1. ETAPA 1: FUENTES DE LUZ Y CONDICIÓN DE FLORACIÓN PREVIA CON FOTOPERÍODO 9 h Y TEMPERATURA NOCTURNA 13 °C

6.1.1. Análisis de variables de crecimiento vegetativo

La condición floral previa y la fuente de luz no afectaron a las variables de crecimiento vegetativo pues los resultados registrados en IAP, INH, INPsb y NTBr indicaron que ni la condición floral previa ni la fuente de luz afectaron éstas variables. En tanto que los obtenidos en DPsb, LPsb, y LHBr mostraron que la FL2 reduce el diámetro del pseudobulbo del brote no inducido (Cuadros 13 y 14).

Cuadro 13. Efecto de la fuente de luz y condición de floración previa en el crecimiento vegetativo de *L. anceps* subesp. *anceps* con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Tratamiento	IAP	INH	INPsb	NTBr
	(cm)			
FL1 + CFA	2.15 a	1.52 ab	1.52 ab	1.47 ab
FL1 + SFA	1.35 a	2.11 a	2.11 a	2.11 a
FL2 + CFA	2.08 a	1.35 b	1.35 b	1.41 b
FL2 + SFA	1.10 a	1.58 ab	1.58 ab	1.64 ab
CV (%)	130.82	44.25	44.25	46.36

FL1= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2; **CFA**= plantas con floración anterior; **SFA**= plantas sin floración anterior; **IAP**= incremento en altura de planta; **INH**= incremento en número de hojas; **INPsb**= incremento en número de pseudobulbos; **NTBr**= número total de brotes. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Cuadro 14. Efecto de la fuente de luz y condición de floración previa en el tamaño del brote inducido y no inducido a floración de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Tratamientos	Brote inducido (cm)			Brote no inducido (cm)		
	DPsb	LPsb	LHBr	DPsb	LPsb	LHBr
FL1 + CFA	1.41 a	7.12 a	16.08 a	2.36 a	7.76 a	16.41 a
FL1 + SFA	1.44 a	8.63 a	16.96 a	2.36 a	7.53 a	14.97 a
FL2 + CFA	1.52 a	7.96 a	17.05 a	1.50 b	7.20 a	14.18 a
FL2 + SFA	1.52 a	6.00 a	14.50 a	1.49 b	8.16 a	15.47 a
CV (%)	17.96	21.26	15.39	19.89	17.62	22.11

FL1= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2; **CFA**= plantas con floración anterior; **SFA**= plantas sin floración anterior; **DPsb**= diámetro del pseudobulbo del brote; **LPsb**= longitud del pseudobulbo del brote; **LHBr**= longitud de la hoja del brote. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

6.1.2. Análisis de la calidad del desarrollo floral

Los resultados obtenidos de la variable porcentaje de inducción floral indicaron que solamente la condición de floración previa la influyen. Por otra parte los resultados mostraron que las diferentes fuentes de luz y condición de floración previa no afectaron la calidad del desarrollo floral de *L. anceps* subesp. *anceps*. La correlación Pearson mostró que las variables de la flor (longitud de sépalo dorsal a sépalo lateral, longitud de pétalo derecho e izquierdo, y largo ancho del labelo) se correlacionan positivamente. El análisis de regresión mostró que la condición floral previa tuvo efecto sobre la inducción a floración ($p=0.009$), mientras que la fuente de luz no influyó sobre esta variable ($p=0.57$). En FL1 + CFA se registró 50% porcentaje de inducción a floración; mientras que, en FL2 + CFA 35%. Es importante resaltar que las plantas CFA tuvieron mayores porcentajes de inducción que las SFA, en ambas fuentes de luz (Figura 11).

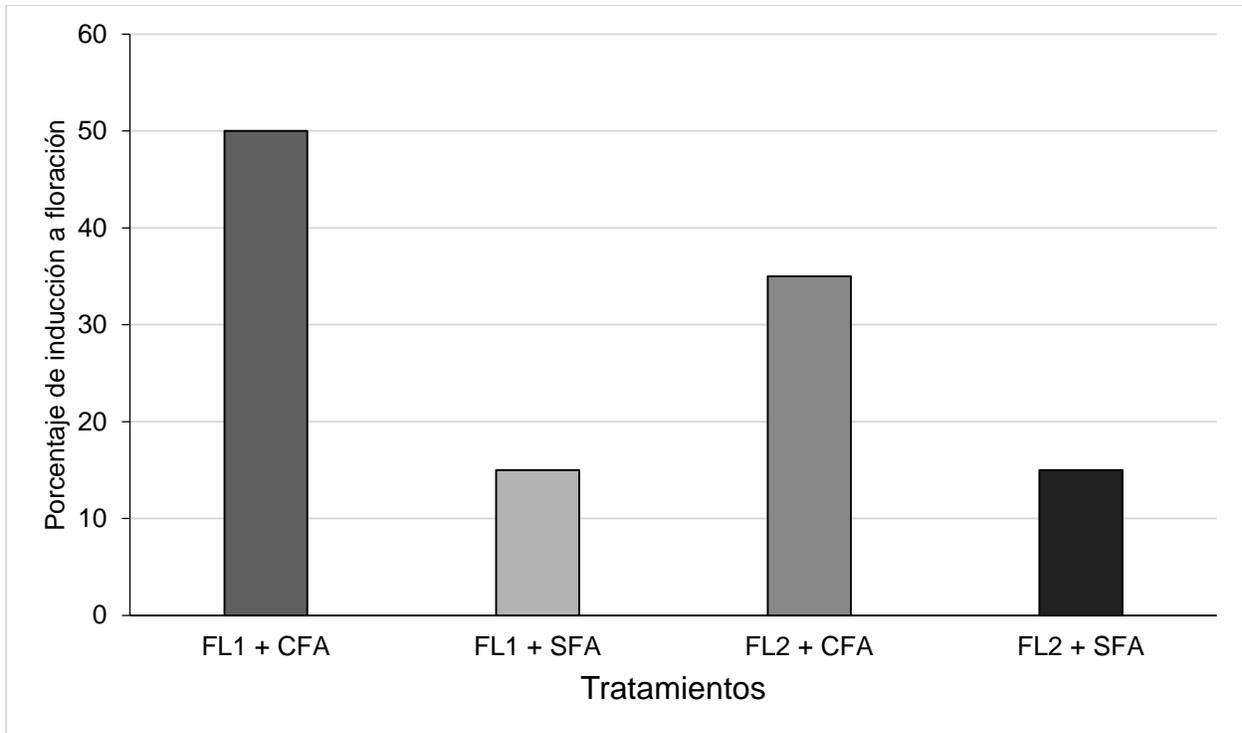


Figura 11. Porcentaje de inducción a floración de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C. **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2; **CFA**= plantas con floración anterior; **SFA**= plantas sin floración anterior.

Las variables de calidad floral no mostraron diferencias por efecto de tratamientos. Sin embargo, es importante resaltar que el tratamiento FL2 + CFA retrasó el periodo a anthesis por 15 y 19 días en relación con FL1 + CFA y FL1 + SFA, respectivamente. Debido a que con el tratamiento FL2 + SFA no se contó con suficiente número de plantas inducidas, no fue posible hacer un análisis de las variables de floración (Cuadro 15).

Cuadro 15. Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la calidad del desarrollo floral de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Tratamiento	DA	VF	NF	LSS	LPP	LLab	ALab	LTF	DTF
	(cm)								
FL1 + CFA	123.37 a	18.50 a	2.62 a	10.97 a	10.97 a	4.50 a	1.97 a	48.44 a	0.32 a
FL1 + SFA	119.33 a	17.66 a	1.66 a	10.73 a	10.46 a	4.49 a	2.04 a	49.80 a	0.34 a
FL2 + CFA	138.50 a	18.25 a	2.00 a	11.20 a	11.00 a	4.48 a	1.77 a	53.87 a	0.36 a
FL2 + SFA	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
CV (%)	8.77	9.13	37.22	9.00	9.20	7.79	11.14	25.41	15.41

FL1= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2; **CFA**= plantas con floración anterior; **SFA**= plantas sin floración anterior; **DA**= días a antesis; **VF**= vida de la flor; **NF**= número de flores por racimo; **LSS**= longitud de sépalo dorsal a sépalo lateral; **LPP**= longitud de pétalo derecho a pétalo izquierdo; **LLab**= largo del labelo; **ALab**= ancho del labelo; **LTF**= longitud del tallo floral; **DTF**= diámetro del tallo floral; **SI**= tratamiento sin inducción a floración. Medias con letras iguales en columnas indican que no hubo diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

El análisis de correlación de las variables de calidad floral mostró una correlación significativamente positiva entre los días a antesis (DA) con la longitud del tallo floral (LTF) y entre ésta con el diámetro del mismo (DTF); asimismo, se presentaron correlaciones positivas entre las diferentes variables del tamaño de flor (LSS y LPP) y del labelo (LLab y ALab; Cuadro 16).

Cuadro 16. Correlación Pearson de la calidad del desarrollo floral de *L. anceps* subesp. *anceps*, con efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C..

		DA	VF	NF	LSS	LPP	LLab	ALab	LTF	DTF
DA	Correlación	1.00	0.23	0.04	0.48	0.48	0.40	-0.10	0.56	0.40
	Valor P		0.39	0.88	0.06	0.67	0.13	0.72	0.02*	0.08
VF	Correlación		1.00	0.25	-0.002	-0.10	-0.05	0.05	0.21	0.24
	Valor P			0.36	0.99	0.71	0.83	0.84	0.43	0.38
NF	Correlación			1.00	-0.09	-0.14	0.07	0.04	0.43	0.33
	Valor P				0.74	0.60	0.79	0.88	0.103	0.21
LSS	Correlación				1.00	0.95	0.86	0.57	0.19	0.18
	Valor P					<0.0001*	<0.0001*	0.02*	0.47	0.51
LPP	Correlación					1.00	0.82	0.45	0.17	0.05
	Valor P						0.0001*	0.06	0.54	0.84
LLab	Correlación						1.00	0.60	0.37	0.26
	Valor P							0.01*	0.17	0.33
ALab	Correlación							1.00	-0.01	-0.03
	Valor P								0.95	0.88
LTF	Correlación								1.00	0.75
	Valor P									0.001*
DTF	Correlación									1.00
	Valor P									

DA= días a antesis; **VF**= vida de la flor; **NF**= número de flores por racimo; **LSS**= longitud de sépalo dorsal a sépalo lateral; **LPP**= longitud de pétalo derecho a pétalo izquierdo; **LLab**= largo del labelo; **ALab**= ancho del labelo; **LTF**= longitud del tallo floral; **DTF**= diámetro del tallo floral. *Diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

6.1.3. Análisis de concentración de reguladores de crecimiento

Los resultados indicaron que la condición floral previa y la fuente de luz afectan diferencialmente la concentración de reguladores de crecimiento en los órganos de las plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, mantenidas con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C. Con excepción del ácido giberélico y de la cinetina en planta, y del BAP en brote la condición floral afectó la concentración de los reguladores de crecimiento. Mientras que, con excepción del AIA en planta y del AG₃ en brote, la fuente de luz afectó la concentración de los reguladores (Figuras de la 17 a la 27).

Ácido indol-3-acético (AIA)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

La concentración de ácido indol-3-acético (AIA) fue similar entre las plantas CFA y SFA en el muestreo inicial, en todos los órganos, excepto en el tratamiento I + CFA en pseudobulbo. Este tratamiento registró la mayor concentración de este regulador de crecimiento. Después de la inducción floral no se encontraron diferencias en concentración entre fuentes de luz pero sí en las de la condición floral. CFA en ambas fuentes de luz registraron las mayores concentraciones de AIA. La FL1 + CFA registró la mayor concentración de AIA en raíz mientras que FL2 + CFA registró la mayor concentración en pseudobulbo. La condición de floral previa SFA independiente de la fuente de luz no registró concentración de AIA en raíz. En contraste en la FL2 en esta condición floral registró casi el doble de concentración de AIA en hoja respecto a lo registrado en la FL1 (Figura 12). Los resultados anteriores indican que la fuente de luz no influye en la concentración de AIA. La condición floral previa influyó de manera diferencial en la concentración de AIA en hoja, pseudobulbo y raíz.

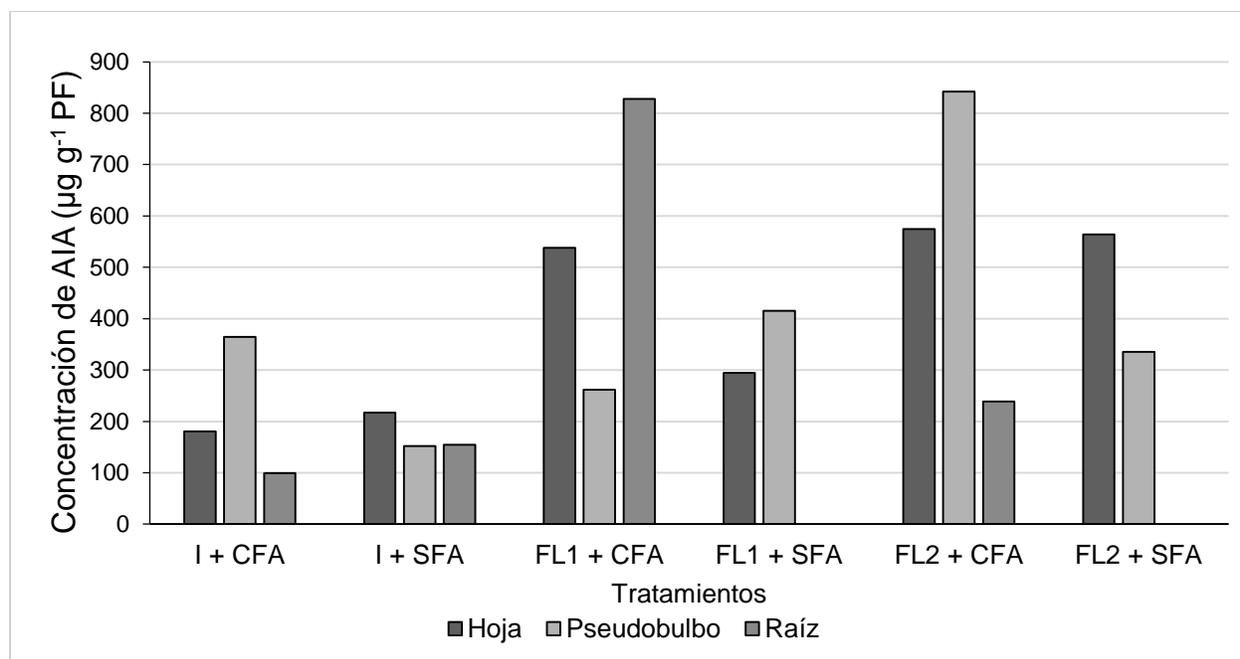


Figura 12. Concentración de ácido indol-3-acético (AIA) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C. I= muestreo inicial, antes de la

exposición a tratamientos; **CFA**= plantas con floración anterior; **SFA**= plantas sin floración anterior; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

En el muestreo inicial la concentración de AIA fue dos veces más alta en el muestreo inicial I + CFA, que en I + SFA. A excepción de la inflorescencia con FL2 + CFA, después de la inducción floral se registró AIA en hoja y pseudobulbo. En las plantas CFA la concentración de AIA en hoja fue afectada tanto por la fuente de luz como por la condición floral previa. Con la condición CFA tuvieron las mayores concentraciones de AIA en la FL1 y FL2. Mientras que en inflorescencia con FL2 + CFA se registró el nivel más alto. Estos resultados indican que tanto la condición floral previa CFA como la FL1 favorecen la concentración de AIA en la hoja del brote inducido a floración (Figura 13).

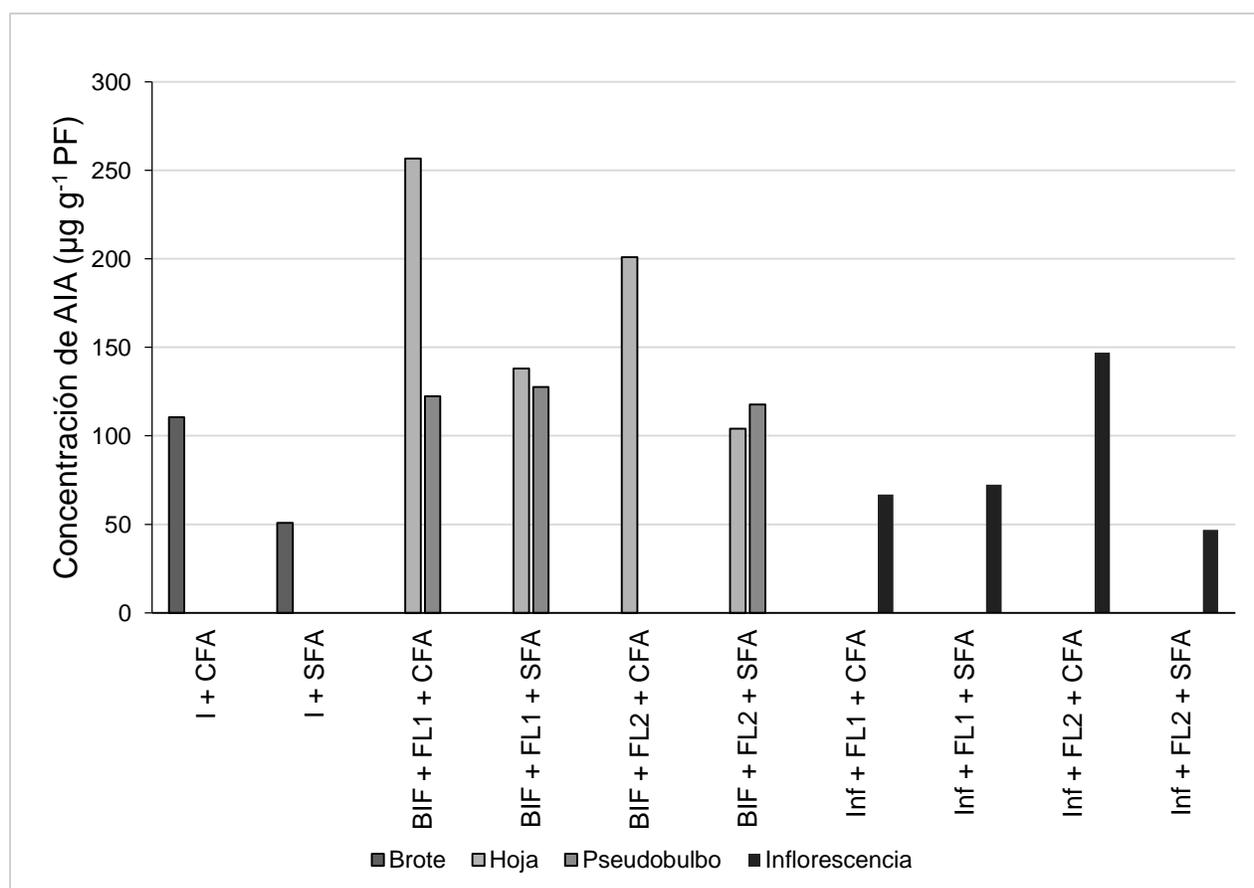


Figura 13. Concentración de ácido indol-3-acético (AIA) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subsp. *anceps*, con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C. **I**= estado inicial; **CFA**= plantas con floración anterior; **SFA**= plantas sin floración anterior; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2; **BIF**= brote con inducción floral; **Inf**= inflorescencia.

Ácido indol-3-butírico (AIB)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

En el muestreo inicial la concentración de ácido indol-3-butírico (AIB) fue diferencial en plantas CFA y SFA dependiente del órgano vegetal. La mayor concentración de este regulador se registró en hoja con I + CFA. Mientras que con I + SFA la mayor concentración se registró en raíz. En contraste con I + SFA no registró AIB en pseudobulbo. Los resultados muestran que después de la inducción floral la fuente de luz tuvo efecto en la concentración de este regulador en planta. A excepción de la concentración en hoja con FL2 + CFA la FL2 registró las mayores concentraciones de AIB en los órganos vegetales evaluados. También las plantas SFA registraron las mayores concentraciones de este regulador. La mayor concentración de AIB se registró en pseudobulbo con FL2 + CFA y con FL2 + SFA. En la FL1 la mayor concentración de AIB se registró en raíz en plantas SFA (Figura 14). Los resultados sugieren que la FL2 y la condición SFA favorecen las mayores concentraciones de AIB en hoja, pseudobulbo y raíz.

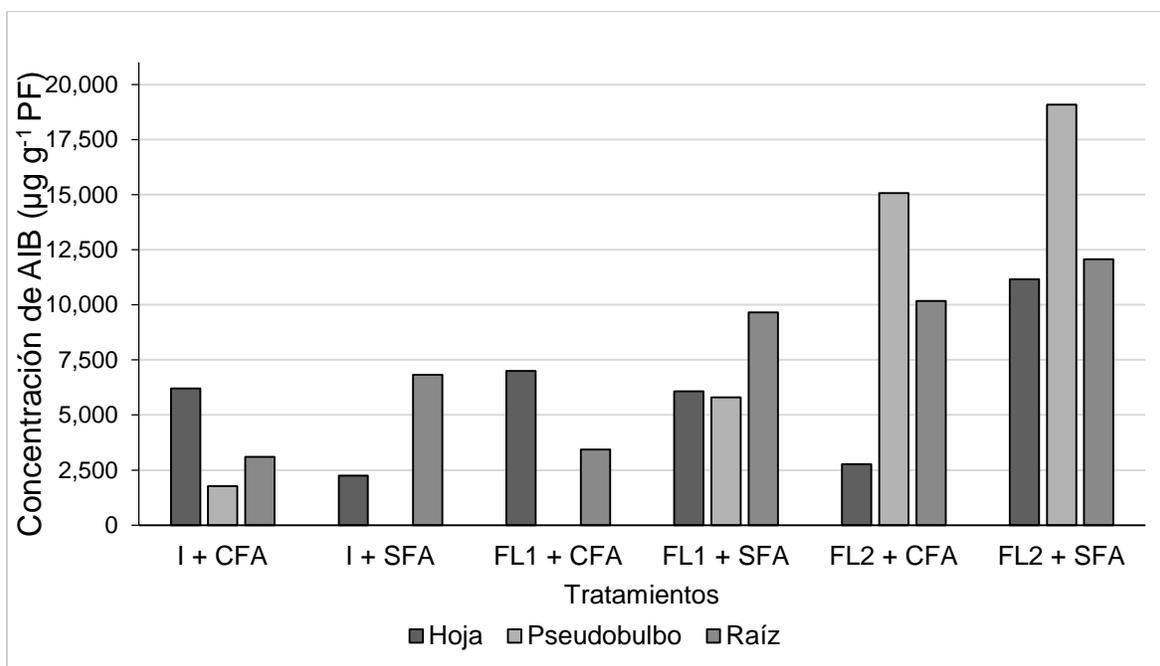


Figura 14. Concentración de ácido indol-3-butírico (AIB) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C. I= muestreo inicial, antes de la

exposición a tratamientos; **CFA**= plantas con floración anterior; **SFA**= plantas sin floración anterior; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

La mayor concentración de AIB en el muestreo inicial se registró en las plantas CFA. En la inflorescencia, a excepción de lo registrado con FL1 + CFA la concentración de AIB en pseudobulbo fue similar en ambas fuentes de luz y condiciones florales previas. La mayor concentración de AIB se registró: en pseudobulbo con FL1 + CFA; en hoja con FL2 + SFA; y, en inflorescencia con FL2 + CFA. Los resultados sugieren que la FL2 y la condición floral SFA favorecen la concentración de AIB en la hoja del brote inducido a floración (Figura 15).

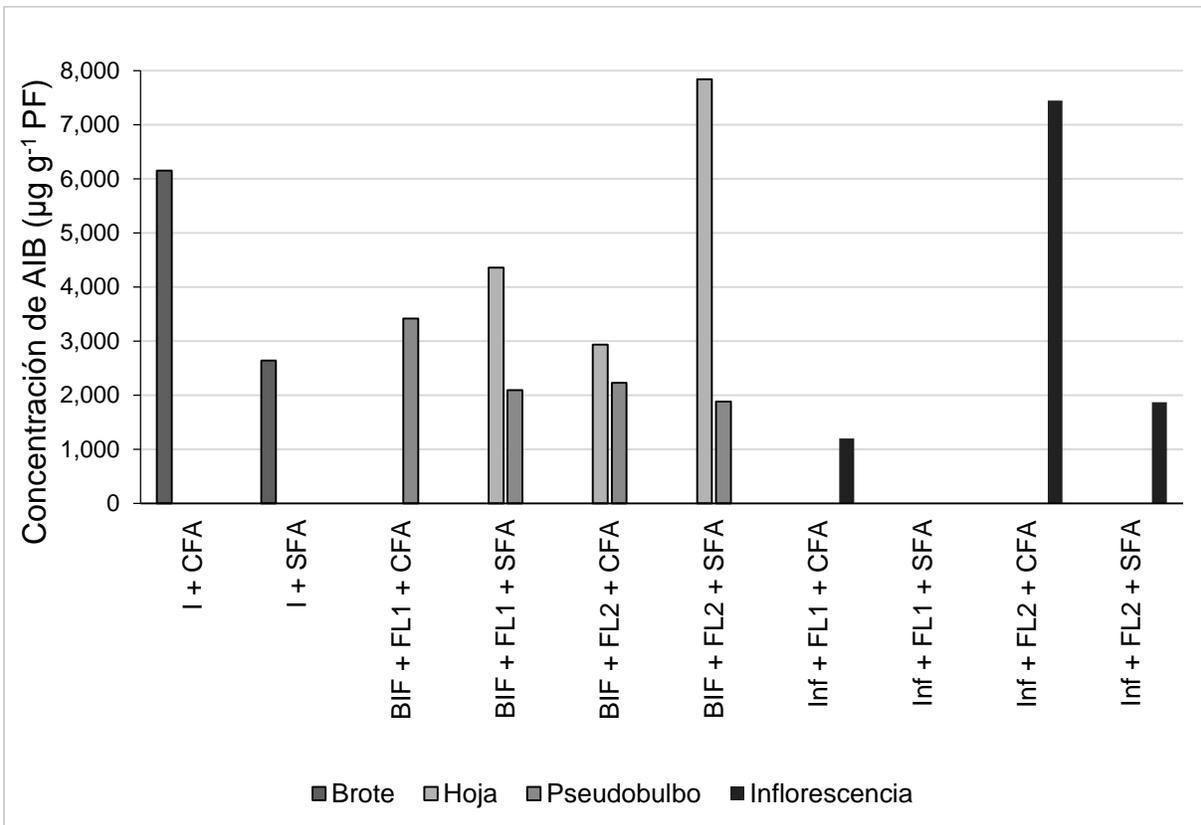


Figura 15. Concentración de ácido indol-3-butírico (AIB) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C. **I**= estado inicial; **CFA**= plantas con floración anterior; **SFA**= plantas sin floración anterior; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2; **BIF**= brote con inducción floral; **Inf**= inflorescencia.

Ácido giberélico (AG₃)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

En el muestreo inicial, el AG₃ se registró en mayor concentración en hoja y raíz con I + SFA. La concentración de este regulador de crecimiento en pseudobulbo fue similar en ambas condiciones de floración previa. A excepción de la concentración en pseudobulbo con FL1 + CFA, la FL2 registró mayor concentración de AG₃ en los órganos vegetales analizados. En la FL1 la mayor concentración de AG₃ en hoja se registró en las plantas SFA. En contraste la mayor concentración de este regulador en raíz se encontró en las plantas CFA. Los resultados indican que en la FL2 la concentración de AG₃ en los órganos analizados no es afectada por condición floral previa pero con FL1 la concentración de este compuesto sí es afectada por la condición floral previa (Figura 16).

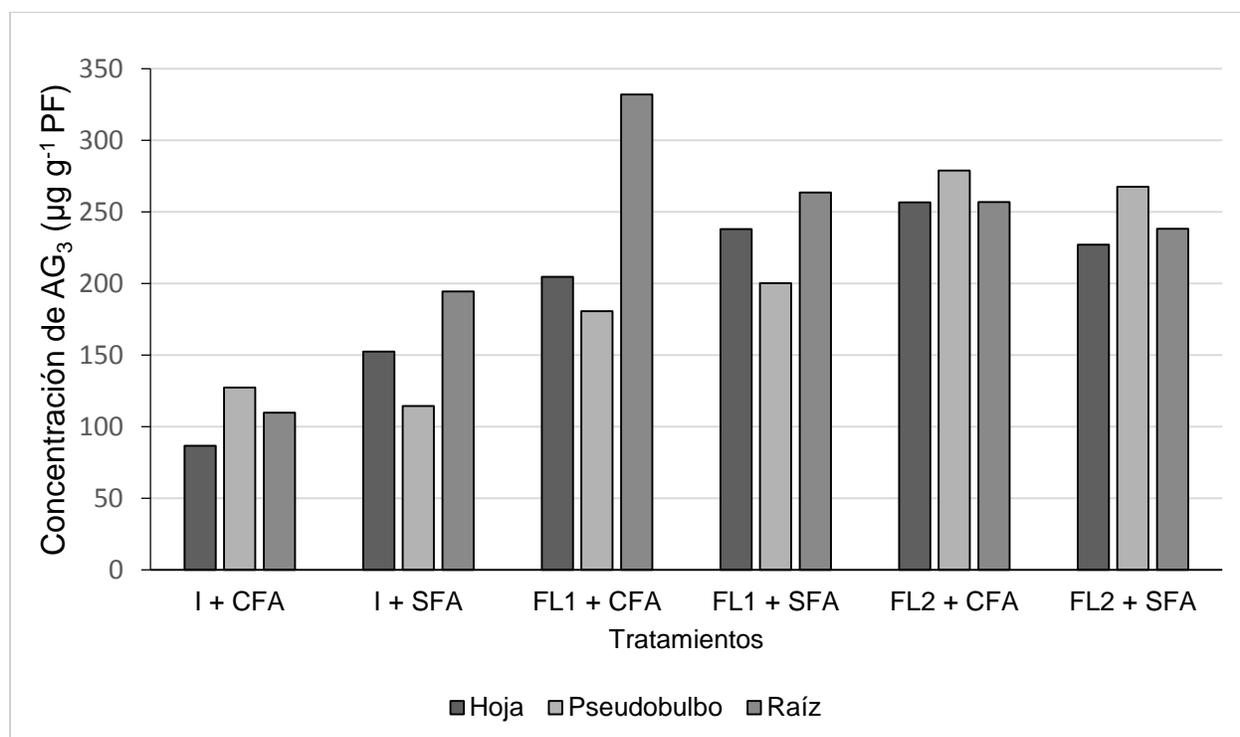


Figura 16. Concentración de ácido giberélico (AG₃) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C. I= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; CFA= plantas con floración anterior; SFA= plantas sin floración anterior; FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

En el muestro de inicio la mayor concentración de AG₃ se registró en las plantas CFA. Después de la inducción floral la fuente de luz no registró efecto en la concentración de este regulador en hoja y pseudobulbo. En contraste, la condición floral previa tuvo

influencia en la concentración de AG₃. La mayor concentración de este regulador se registró en las plantas CFA. Con FL1 no se registraron diferencias por efecto de la condición floral en inflorescencia. Mientras que en la FL2, la condición floral sí tuvo efecto en la concentración de AG₃. Con el tratamiento FL2 + CFA se encontró mayor concentración este regulador (Figura 17).

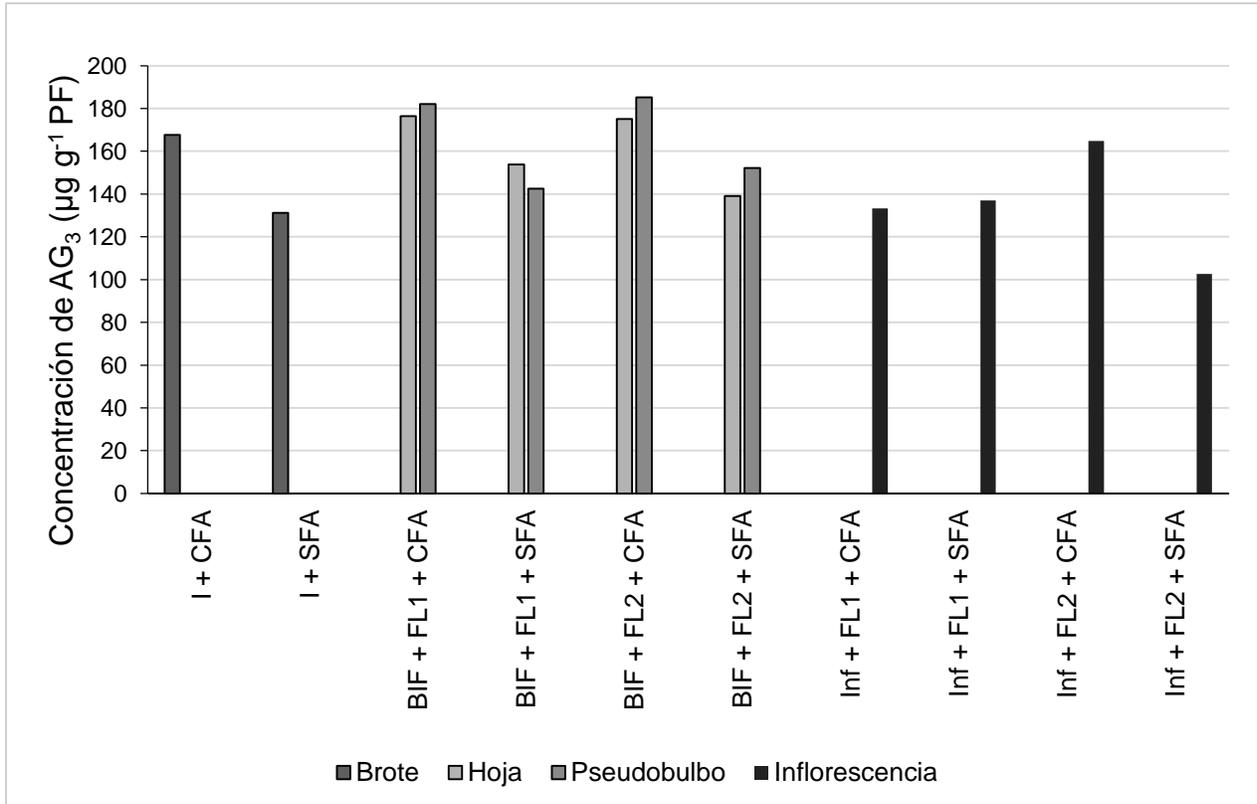


Figura 17. Concentración ácido giberélico (AG₃) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C. I= estado inicial; CFA= plantas con floración anterior; SFA= plantas sin floración anterior; FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2; BIF= brote con inducción floral; Inf= inflorescencia.

Cinetina

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

En el muestreo inicial, el regulador de crecimiento cinetina solo se detectó en hoja. En este caso se registró mayor concentración de cinetina con I + SFA respecto a la registrada en I + CFA; entre ambas condiciones, se registró una diferencia de 491 µg g⁻¹ de peso fresco (Figura 23). En el muestreo después de la inducción floral, se encontró efecto de la fuente de luz en la concentración de la cinetina. Las hojas con FL2 + CFA

registraron casi el doble de la concentración a la encontrada con FL1 + CFA, FL1 + SFA y FL2 + SFA. Es de resaltar que con FL1 + CFA se registró el doble de cinetina en los pseudobulbos respecto a lo detectado en el mismo órgano con FL2 + CFA y FL2 + SFA. También, que solo en las plantas SFA, e independientemente de la fuente de luz, se detectó a la cinetina en raíz (Figura 18). Este regulador no se detectó ni en el brote en el muestreo inicial, ni en el brote inducido a floración (no se presentan datos).

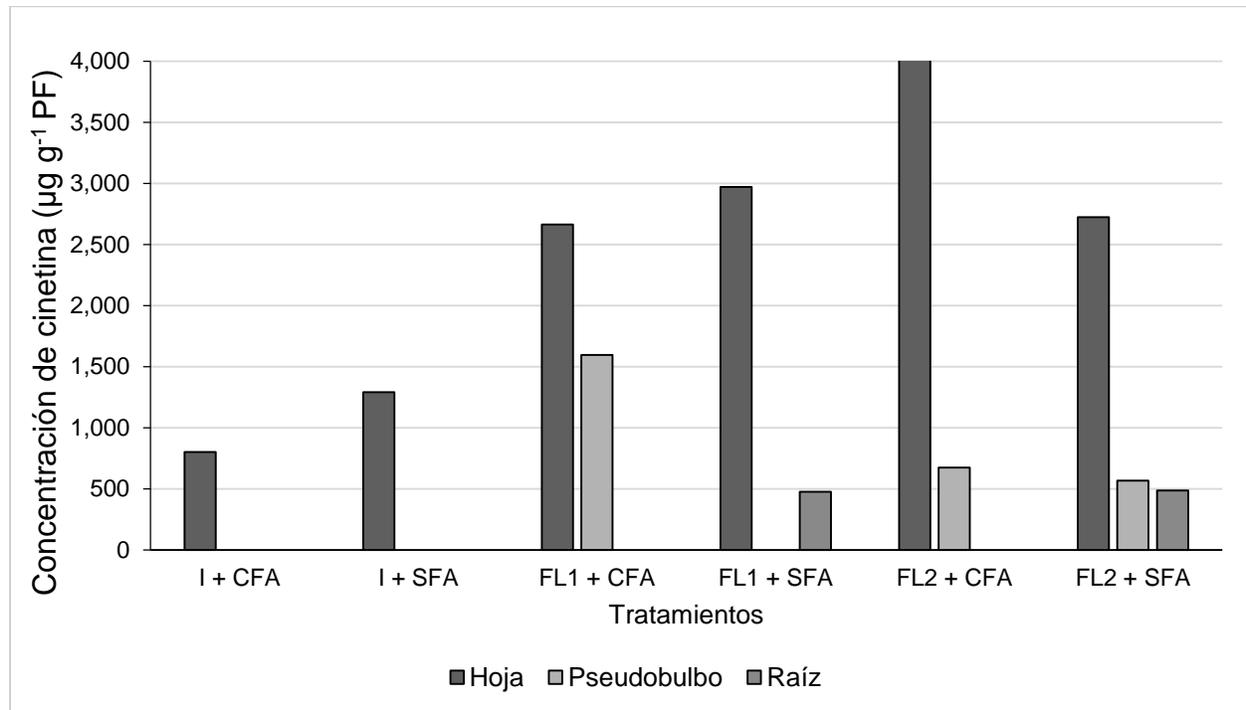


Figura 18. Concentración de cinetina en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp *anceps* con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C. **I**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **CFA**= plantas con floración anterior; **SFA**= plantas sin floración anterior; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

6-bencilaminopurina (BAP)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

El regulador BAP se detectó solo en hoja y en el muestreo inicial I + SFA registró el doble de la concentración de BAP respecto a I + CFA. Después de la inducción floral solo se registró BAP con FL1 + CFA (Figura 19).

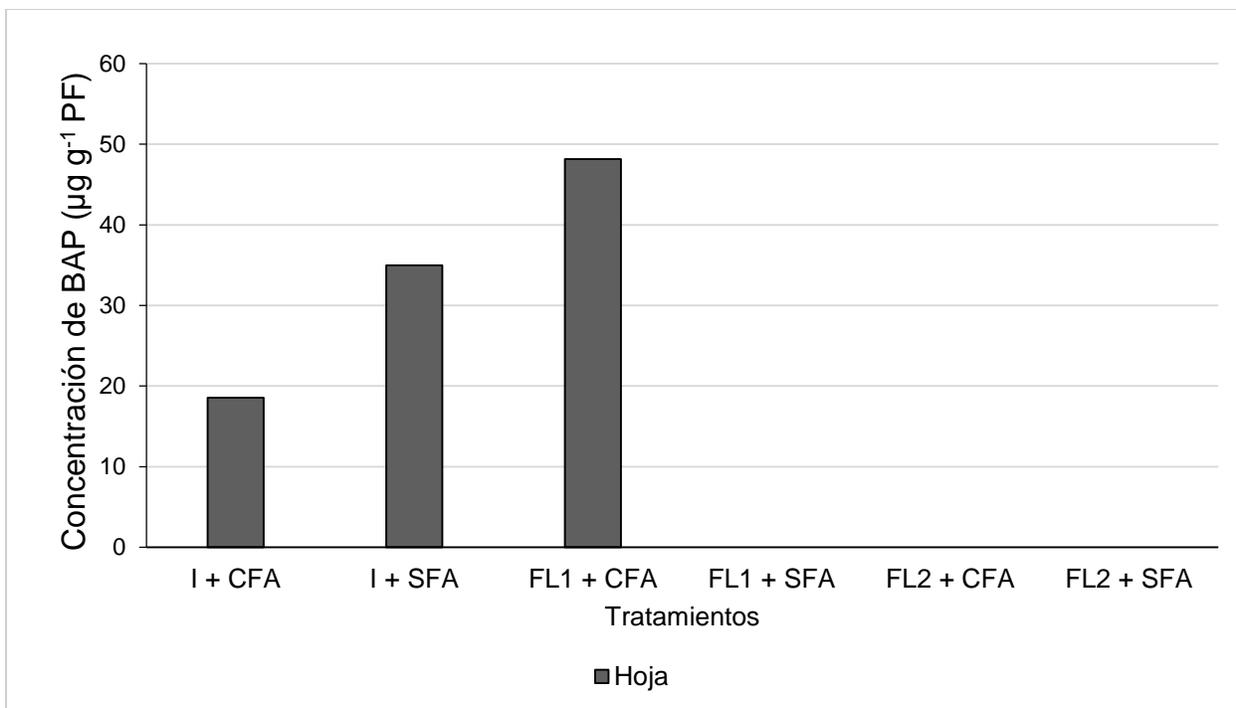


Figura 19. Concentración de 6-bencilaminopurina (BAP) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C. **I**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **CFA**= plantas con floración anterior; **SFA**= plantas sin floración anterior; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

En el brote inducido a floración solamente en el pseudobulbo y en la inflorescencia se detectó el regulador BAP. Sin embargo este regulador solo se registró en los brotes inducidos a floración con FL1 + CFA, con FL2 + SFA y en la inflorescencia con FL2 + CFA. Cabe resaltar que BAP no se detectó en el brote de inicio con I + CFA (Figura 20). Estos resultados indican que en el brote inducido, la FL1 favoreció la acumulación de BAP en el pseudobulbo en contraste al efecto inhibitorio de la FL2. En la inflorescencia con excepción de FL2 + SFA, las condiciones FL1 + CFA, FL1 + SFA y FL2 + CFA, no registraron BAP. Aunque con FL2 + SFA se registró BAP, el nivel fue casi tres veces menor al registrado con I + SFA. Aparentemente la fuente de luz 2 tiene efecto inhibitorio en la acumulación de BAP en pseudobulbo. Es posible que en la inflorescencia las concentraciones de BAP sean muy bajas de tal manera que con la técnica empleada no se detecten y se requiera una técnica más sensible como la

cromatografía gaseosa acoplada a espectrometro de masas, la prueba ELISA (por sus siglas en inglés Enzyme Linked Immunosorbent Assay) o por RIA (Radio Inmuno Ensayo) (Flórez-Roncancio, 1997).

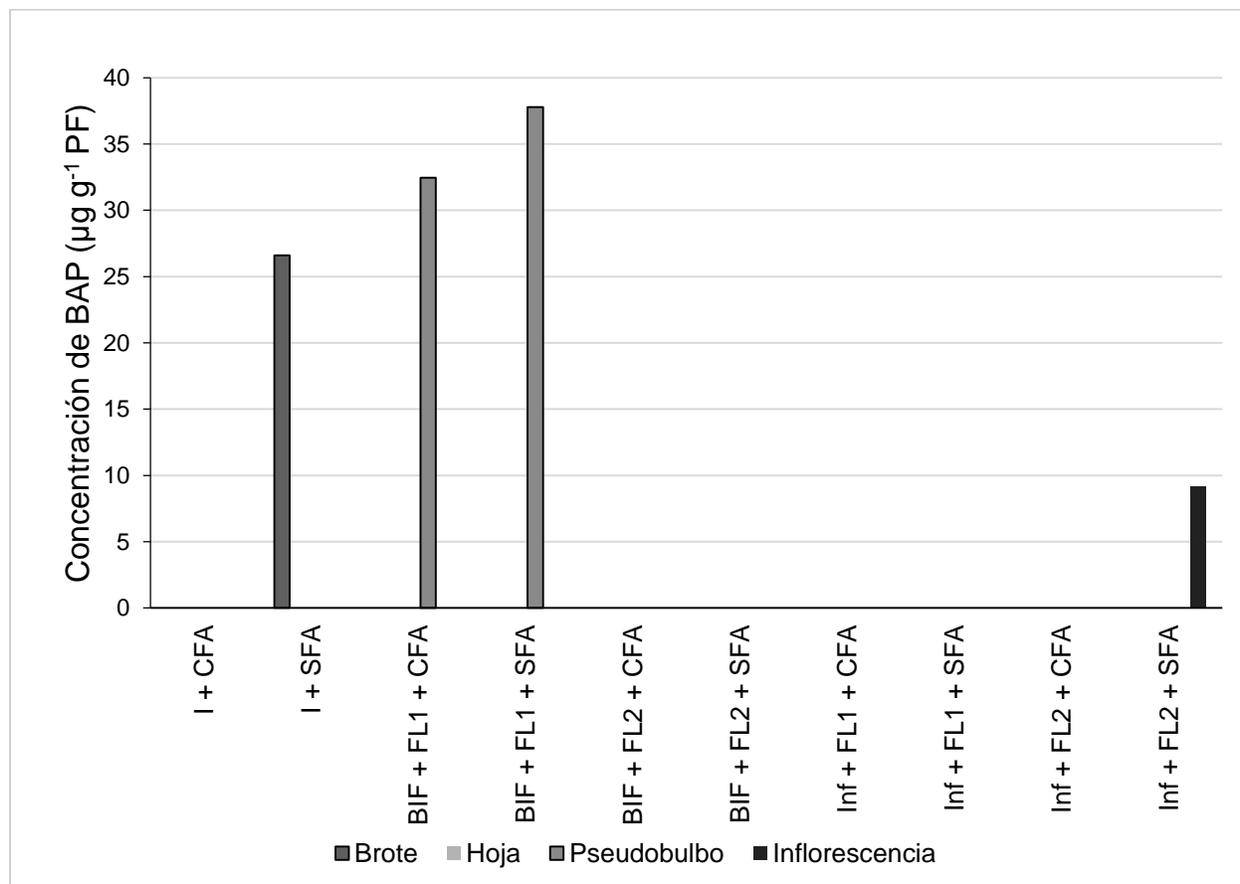


Figura 20. Concentración 6-bencilaminopurina (BAP) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subsp. *anceps*, con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C. **I**= estado inicial; **CFA**= plantas con floración anterior; **SFA**= plantas sin floración anterior; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2; **BIF**= brote con inducción floral; **Inf**= inflorescencia.

Ácido abscísico (ABA)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

Las concentraciones de ácido abscísico ABA fueron similares en ambas condiciones florales (CFA, SFA) en el muestreo inicial, aunque solamente en I +CFA se detectó este regulador en hoja (Figura 21). La FL1 favoreció la acumulación de ABA en raíz y hoja en plantas CFA, mientras que FL2 favoreció la acumulación de ABA en hoja y

pseudobulbo de la condición floral SFA. Lo anterior indica que bajo la FL1 y SFA, ABA se acumula en baja concentración en hoja, pseudobulbo y raíz.

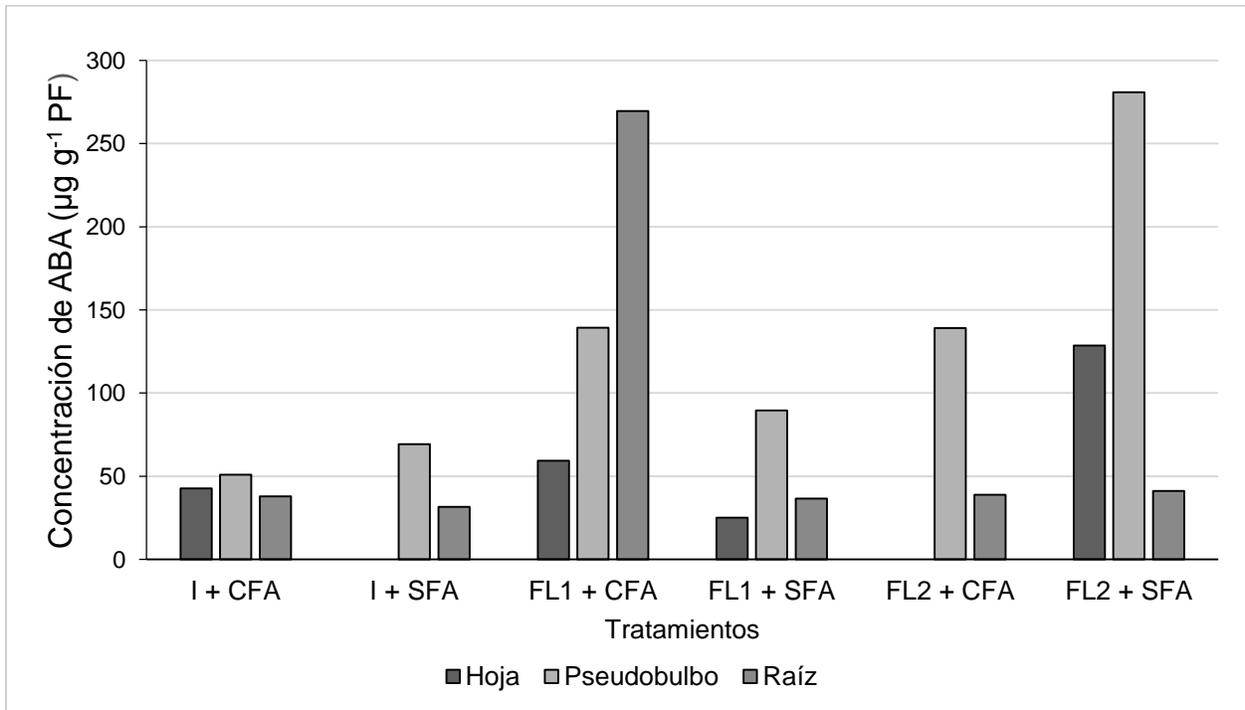


Figura 21. Concentración de ácido abscísico (ABA) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C. **I**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **CFA**= plantas con floración anterior; **SFA**= plantas sin floración anterior; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

En el muestreo inicial la concentración de ABA se registró cuatro veces más alto en el tratamiento I + CFA, en contraste al registrado en I + SFA. Tanto en el brote como en la inflorescencia se detectó a ABA; sin embargo, se encontraron diferencias en las concentraciones de este regulador en tejido bajo las diferentes fuentes de luz. En el brote inducido a floración bajo la FL2 y la condición floral CFA se registraron las mayores concentraciones de ABA en contraste a las registrados con la FL1 y la condición SFA. Mientras que en inflorescencia en la condición floral SFA se registró la concentración más alta y la más baja con FL1 y FL2, respectivamente (Figura 22). Estos resultados indican que la condición floral previa y la fuente de luz afectan la concentración de ABA en el brote inducido a floración y en la inflorescencia.

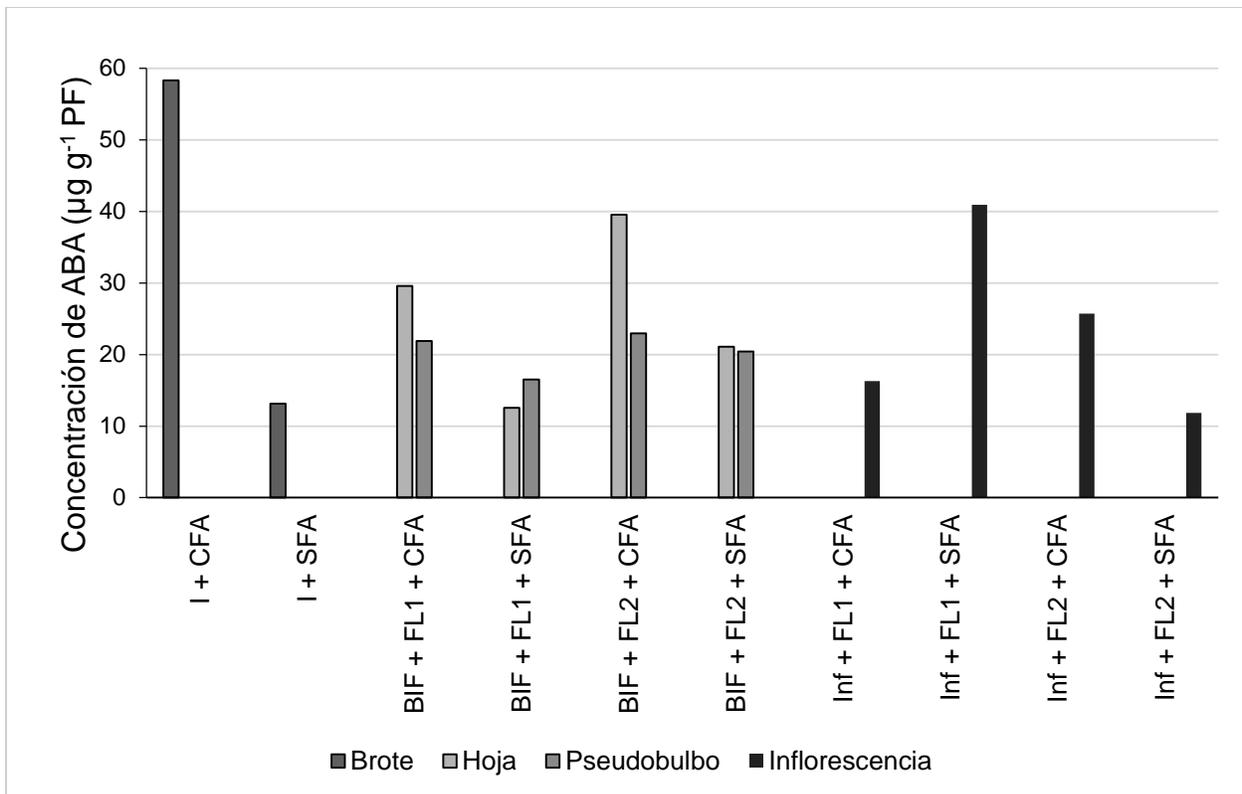


Figura 22. Concentración ácido abscísico (ABA) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con diferentes fuentes de luz y diferentes estados de floración previa, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C. **I**= estado inicial; **CFA**= plantas con floración anterior; **SFA**= plantas sin floración anterior; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2; **BIF**= brote con inducción floral; **Inf**= inflorescencia.

La condición floral previa y la fuente de luz afectaron diferencialmente la concentración de los reguladores de crecimiento en los órganos de las plantas. Con excepción del ácido giberélico y de la cinetina en planta, y del BAP en brote la condición floral afectó la concentración de los reguladores de crecimiento. Mientras que, con excepción del AIA en planta y del AG₃ en brote, la fuente de luz afectó la concentración de los reguladores.

6.1.4. Análisis de concentración nutrimental

Macronutrientes

Los análisis nutrimentales mostraron efecto significativo ($p \leq 0.05$) de la fuente de luz y la condición floral previa, efecto que fue dependiente de órgano vegetal. (Cuadros 17, 18 y 19).

Hoja

Con excepción del N, las concentraciones de P, K, Ca, Mg y S registradas en hoja mostraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 17). Se encontraron diferencias en la concentración de P entre los tratamientos de inicio en plantas con floración anterior y sin floración anterior. En ambas fuentes de luz, las plantas CFA después de la inducción floral presentaron bajas concentraciones de P. Mientras que no se registraron diferencias en la concentración de K entre los tratamientos de inicio en plantas CFA. Los tratamientos después de la inducción floral registraron diferencias entre tratamientos. Aunque bajo la FL1 no se registraron diferencias entre los tratamientos FL1 + CFA y FL1 + SFA, si las hubo en la FL2. En el tratamientos F1 + CFA se registró la concentración más baja de K.

Similarmente, no se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en la concentración de Ca entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA. Sin embargo las plantas después de la inducción floral registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en la concentración de este elemento entre tratamientos. En la FL1 las plantas del tratamiento FL1 + CFA registraron la concentración más baja de Ca.

Con el Mg no se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en concentración entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA pero si detectaron después de la inducción floral. En general los tratamientos CFA registraron concentraciones menores de Mg.

Entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA y después de la inducción floral se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en concentración de S. La fuente de luz y la condición floral previa afectaron la concentración de este macronutriente.

Los resultados anteriores indican que bajo la FL2 la concentración de P, K, Mg y S en hoja son bajos; mientras que, el Ca y Mg bajo la FL1.

Cuadro 17. Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la concentración de macronutrientes (g kg^{-1}) en hojas de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	S
I + CFA	5.60 a	0.56 c	5.45 abc	10.63 b	4.93 e	1.38 e
I + SFA	6.18 a	0.91 a	5.76 a	11.75 b	6.21 d	2.60 c
FL1 + CFA	6.30 a	0.73 b	5.20 bc	6.21 c	6.37 cd	2.91 b
FL1 + SFA	5.01 a	0.94 a	5.07 c	14.96 a	8.47 a	2.57 cd
FL2 + CFA	7.46 a	0.60 c	3.79 d	14.38 a	6.93 bc	3.42 a
FL2 + SFA	5.25 a	0.88 a	5.69 ab	11.28 b	7.05 b	2.27 d
CV (%)	16.05	4.31	3.86	7.38	3.28	4.32

I= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; CFA= plantas con floración anterior; SFA= plantas sin floración anterior; FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Pseudobulbo

La concentración de N, P, K, Ca, Mg y S registrada en pseudobulbo mostraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). En el muestreo inicial se encontraron diferencias ($p \leq 0.05$) en la concentración de N entre los tratamientos I + CFA e I + SFA. Es de destacar la alta concentración de N en el tratamiento I + CFA. Esto puede estar relacionado con el hecho de que el pseudobulbo es una estructura que pudo haber almacenado este nutriente durante la floración previa. En contraste con los tratamientos después de la inducción floral no se registraron diferencias entre tratamientos con diferente fuente de luz ni condición floral previa (Cuadro 18).

El Cuadro 14 muestra que no hay diferencias en la concentración de P entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA. Aunque las plantas SFA bajo la FL2 (FL2 + SFA) después de la inducción floral presentaron la concentración más baja de P, no se detectaron diferencias por efecto de la fuente de luz ni por la condición floral previa en la concentración de este macronutriente.

Respecto al K, se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en su concentración entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA. Aunque después de la inducción floral los tratamientos registraron diferencias ($p \leq 0.05$) éstas solo se presentaron por efecto de la

fuelle de luz. Los tratamientos FL2 + CFA y FL2 + SFA registraron bajas concentraciones de K (0.92 g kg⁻¹ en promedio) (Cuadro 18).

Mientras que con el Ca no se registraron diferencias (p≤ 0.05) en concentración entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA ni en las en plantas después de la inducción floral. Estos resultados indican que ni la fuente de luz ni la condición floral previa afectan la concentración de este macronutriente (Cuadro 18).

Similarmente con el Mg no se registraron diferencias (p≤ 0.05) en concentración entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA ni después de la inducción floral. Estos resultados indican que ni la fuente de luz ni la condición floral previa afectan la concentración de este macronutriente (Cuadro 18).

En contraste con el S se registraron diferencias (p≤ 0.05) en concentración entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA y en las de después de la inducción floral. Aunque la fuente de luz no afectó la concentración de este macronutriente sí la condición floral previa ya que los tratamientos FL1 + SFA y FL2 + SFA registraron las concentraciones más bajas de S (Cuadro 18).

Cuadro 18. Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la concentración de macronutrientos (g kg⁻¹) en pseudobulbos de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	S
I + CFA	10.96 a	0.54 d	2.62 a	4.37 b	5.83 b	1.64 d
I + SFA	2.80 b	0.66 cd	1.36 b	5.73 ab	7.91 ab	3.85 ab
FL1 + CFA	1.28 b	1.33 a	1.10 bc	6.23 a	9.47 a	4.16 a
FL1 + SFA	1.75 b	1.32 a	1.32 b	7.08 a	8.36 a	2.53 cd
FL2 + CFA	1.57 b	1.24 ab	0.94 c	5.68 ab	9.06 a	4.74 a
FL2 + SFA	1.51 b	0.95 bc	0.90 c	6.48 a	9.35 a	3.09 bc
CV (%)	61.89	11.09	7.51	8.69	9.64	11.05

I= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; CFA= plantas con floración anterior; SFA= plantas sin floración anterior; FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, p ≤ 0.05) entre tratamientos.

Raíz

Las concentraciones de N, P, K, Ca, Mg y S registradas en raíz mostraron diferencias estadísticas (p≤ 0.05). En el muestreo inicial la concentración de N no fue

estadísticamente diferente entre los tratamientos I + CFA e I + SFA. Aunque no se observaron diferencias en la concentración de este macronutriente por efecto de la fuente de luz y de la condición floral previa, el tratamiento FL2 + CFA registró la concentración más baja de N (3.85 g kg^{-1}) (Cuadro 19).

El Cuadro 15 muestra que no hay diferencias ($p \leq 0.05$) en la concentración de P entre los tratamientos de inicio en la raíz de plantas CFA y SFA. Después de la inducción floral, con excepción del tratamiento FL2 + SFA no se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. Bajo la FL2 la raíz de las plantas SFA registra menor concentración de este nutriente; es decir, la condición floral afecta la concentración de P bajo la FL2 (Cuadro 19).

Respecto al K se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en concentración entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA. Después de la inducción floral los tratamientos registraron diferencias ($p \leq 0.05$) las cuales son, de acuerdo a los resultados obtenidos, debido a la condición floral previa. Esto por que el tratamiento FL2 + SFA registró la menor concentración de este nutriente (Cuadro 19).

Mientras que con el Ca no se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en concentración entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA. Las plantas después de la inducción floral tampoco registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en la concentración de este nutriente entre tratamientos por efecto de la condición floral previa pero sí por efecto de la fuente de luz. Los tratamientos con la FL2 registraron la concentración más baja de Ca (2.36 g kg^{-1} en promedio) (Cuadro 19).

Similarmente con el Mg no se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en concentración entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA. Las plantas después de la inducción floral tampoco registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en la concentración de este nutriente. El tratamiento FL2 + SFA registró la menor concentración de Mg (Cuadro 19).

También con el S no se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en concentración entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA. Después de la inducción floral se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en la concentración de este macronutriente entre tratamientos.

Tanto la fuente de luz como la condición floral previa afectaron la concentración de este macronutriente, pero el efecto de estos factores solo se observó con la FL2 en el tratamiento FL2 + SFA registró la concentración más baja de S (Cuadro 19).

Los resultados anteriores indican que en general la fuente de luz afecta ($p \leq 0.05$) los niveles de concentración de los macronutrientes en raíz. Bajo la FL2 la concentración de los macronutrientes fue baja en la raíz de las plantas

Cuadro 19. Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la concentración de macronutrientes (g kg^{-1}) en raíz de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	S
I + CFA	5.48 a	0.74 bc	1.16 bc	2.37 b	2.12 c	0.84 d
I + SFA	4.78 ab	0.70 c	0.85 d	2.47 b	2.16 c	0.93 cd
FL1 + CFA	3.96 ab	1.12 a	1.15 bc	2.92 a	2.45 b	1.09 b
FL1 + SFA	5.01 ab	1.20 a	1.57 a	3.10 a	3.14 a	1.16 ab
FL2 + CFA	3.85 b	1.13 a	1.22 b	2.38 b	2.45 b	1.25 a
FL2 + SFA	3.96 ab	0.82 b	1.01 c	2.34 b	2.09 c	1.06 bc
CV (%)	12.93	4.44	4.72	5.22	3.40	5.21

I= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; CFA= plantas con floración anterior; SFA= plantas sin floración anterior; FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Los resultados del análisis de los macronutrientes indican que la FL2 afecta su concentración en hoja, pseudobulbo y raíz y que este efecto es independiente de la condición floral previa. En general la fuente de luz FL2 indujo bajas concentraciones de P, K, Mg y S en los órganos analizados.

Micronutrientes

Los análisis de micronutrientes mostraron efecto significativo ($p \leq 0.05$) de la fuente de luz y la condición floral previa, efecto que fue dependiente de órgano vegetal en estudio. (Cuadros 20, 21 y 22).

Hoja

En la hoja la concentración de Fe fue similar entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA. Después de la inducción floral también fue similar entre los tratamientos. Aunque no hubo diferencias, el tratamiento FL2 + SFA presentó bajas concentraciones de este micronutriente (Cuadro 20).

Similarmente con el Cu no se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en concentración entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA ni entre los tratamientos después de la inducción floral. El tratamiento FL2 + CFA presentó las concentraciones más bajas de Cu (Cuadro 20).

Tampoco se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en la concentración de Zn entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA ni después de la inducción floral por efecto de la fuente de luz y por la condición floral previa. El tratamiento FL1 + SFA presentó las concentraciones más bajas de este micronutriente (Cuadro 20).

En contraste a los micronutrientes anteriores, en Mn se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en concentración entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA y después de la inducción floral. Tanto la fuente de luz como la condición floral previa afectaron la concentración de Mn. El tratamiento FL1 + SFA registró la concentración más baja de Mn (Cuadro 20).

Respecto al B no se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en concentración entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA. En contraste, las plantas después de la inducción floral registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en la concentración de este micronutriente pero por efecto de la fuente de luz. Bajo la FL1 tanto la condición CFA como la SFA registraron la misma concentración de B pero fue menor (44.28 mg kg^{-1} en promedio) respecto a la registrada en los tratamientos con la FL2 (53.25 mg kg^{-1} en promedio) (Cuadro 20).

Cuadro 20. Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la concentración de micronutrientos (mg kg⁻¹) en hojas de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Tratamiento	Fe	Cu	Zn	Mn	B
I + CFA	91.50 a	3.06 a	10.75 a	149.55 c	45.43 bc
I + SFA	131.90 a	4.21 a	16.88 a	126.55 d	45.58 bc
FL1 + CFA	959.70 a	4.63 a	15.49 a	154.82 bc	44.02 c
FL1 + SFA	134.70 a	4.27 a	11.06 a	123.06 d	44.55 c
FL2 + CFA	113.50 a	3.70 a	24.11 a	205.15 a	52.34 ab
FL2 + SFA	102.60 a	5.21 a	13.45 a	175.16 b	54.17 a
CV (%)	186.13	24.12	32.18	4.87	5.86

I= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **CFA**= plantas con floración anterior; **SFA**= plantas sin floración anterior; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Los resultados anteriores indican que tanto la fuente de luz como la condición floral afectan la concentración de micronutrientos en hoja; específicamente, la concentración de Mn y B.

Pseudobulbo

En pseudobulbo no se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en la concentración de Fe entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA. Las plantas después de la inducción floral no registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en la concentración de este nutriente entre tratamientos por efecto de la condición floral previa pero sí por efecto de la fuente de luz. Los tratamientos con la FL2 registraron la concentración más baja de Fe (73.88 mg kg⁻¹ en promedio) (Cuadro 21).

El Cuadro 17 muestra que no hay diferencias ($p \leq 0.05$) en concentración de Cu entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA ni en las plantas después de la inducción floral por efecto de la fuente de luz pero sí por el de la condición floral previa. El tratamiento FL2 + CFA registró la concentración más baja de Cu (Cuadro 17).

Similarmente con el Zn no se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en concentración entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA ni en las de después de la inducción

floral Estos resultados sugieren que ni la fuente de luz ni la condición floral previa afectan la concentración de este Zn en el pseudobulbo (Cuadro 21).

Igualmente con el Mn no se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en concentración entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA. Después de la inducción floral, con excepción del tratamiento FL1 + CFA tampoco se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. Bajo la FL1 en el tratamiento CFA se registró la mayor concentración de este micronutriente; es decir, la condición floral afecta la concentración de Mn pero solo bajo la FL1 (Cuadro 21).

Tampoco con el B se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) en concentración entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA ni después de la inducción floral por efecto de la fuente de luz y condición floral previa. Cabe señalar que el tratamiento FL2 + CFA presentó bajas concentraciones de B (Cuadro 21).

Cuadro 21. Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la concentración de micronutrientes (mg kg^{-1}) en pseudobulbo de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Tratamiento	Fe	Cu	Zn	Mn	B
I + CFA	63.82 b	3.63 c	16.53 b	5.30 c	43.82 a
I + SFA	129.85 b	4.7 bc	37.52 ab	6.13 bc	39.17 a
FL1 + CFA	149.08 ab	4.73 bc	43.95 a	11.19 a	39.36 a
FL1 + SFA	238.38 a	7.42 a	41.96 a	8.02 b	41.85 a
FL2 + CFA	87.70 b	4.33 bc	62.16 a	6.33 bc	35.93 a
FL2 + SFA	60.06 b	5.70 ab	46.65 a	6.53 bc	38.55 a
CV (%)	28.05	14.61	22.07	10.04	9.80

I= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **CFA**= plantas con floración anterior; **SFA**= plantas sin floración anterior; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Los resultados anteriores indican que la fuente de luz y la condición floral afectan diferencialmente la concentración de micronutrientes en pseudobulbo. Mientras que la luz afecta la concentración de Fe, la condición floral la del Cu pero ambos factores la de Mn. Estos factores no afectaron la concentración de Zn.

Raíz

El Cuadro 22 muestra que hay diferencias ($p \leq 0.05$) en la concentración de Fe entre los tratamientos de inicio en plantas CFA y SFA. Después de la inducción floral los tratamientos también registraron diferencias ($p \leq 0.05$). Bajo la FL1 la condición de floración afectó la concentración de este micronutriente. Con excepción del Cu en el muestreo inicial la concentración de Cu, Zn, Mn y B no resultó afectada por la influencia de la fuente de luz y la condición floral. En el muestreo inicial se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Cuadro 22. Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la concentración de micronutrientes (mg kg^{-1}) en raíz de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Tratamiento	Fe	Cu	Zn	Mn	B
I + CFA	250.43 bc	6.22 c	27.40 a	28.66 a	43.96 a
I + SFA	315.82 ab	16.53 a	30.29 a	23.31 a	41.65 a
FL1 + CFA	343.46 a	10.11 b	44.45 a	31.55 a	41.17 a
FL1 + SFA	237.96 bc	7.82 bc	24.85 a	19.39 a	40.71 a
FL2 + CFA	284.28 abc	10.12 b	35.77 a	31.70 a	40.33 a
FL2 + SFA	217.84 c	10.90 b	35.76 a	23.53 a	39.33 a
CV (%)	11.95	12.22	24.31	24.17	4.24

I= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **CFA**= plantas con floración anterior; **SFA**= plantas sin floración anterior; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Los resultados anteriores indican que, en general, ni la fuente de luz ni la condición de floración previa afectan la concentración de micronutrientes en raíz. Sin embargo, en el muestreo inicial, la condición de floración afectó la concentración de Cu; y, en FL1, esta condición afectó la concentración de Fe.

Análisis de contrastes en la concentración de macro y micronutrientes

El análisis de contrastes muestra diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la concentración de macronutrientes en hoja, pseudobulbo y raíz, entre la condición inicial y la condición después de la inducción floral (Cuadro 23). En hoja, con excepción del N y P,

se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) significativas en la concentración de K, Ca, Mg y S. En las condiciones probadas no se registraron diferencias en la concentración de N y P. Mientras que en pseudobulbo con excepción del Ca se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) significativas en la concentración de N, P, K, Mg y S. En estas condiciones la concentración de Ca no registró diferencias. Similar a lo registrado en hoja con excepción del P, se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) significativas en la concentración de N, K, Ca, Mg y S entre la condición inicial y la condición después de la inducción floral. En estas condiciones la concentración de P no registró diferencias.

Cuadro 23. Contraste de la concentración de macronutrientes (g kg^{-1}), entre el muestreo inicial y durante la inducción a floración, en hoja, pseudobulbo y raíz, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Órgano de crecimiento	N	P	K	Ca	Mg	S
Hoja	0.24	0.05	<.0001*	0.0007*	0.0008*	<.0001*
Pseudobulbo	0.023*	0.03*	<.0001*	0.39	0.006*	0.0005*
Raíz	0.009*	0.10	0.02*	0.0002*	0.0005*	0.0001*

*Diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Por otra parte, el análisis de contrastes muestra diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la concentración de micronutrientes en hoja, pseudobulbo y raíz, entre la condición inicial y la condición después de la inducción floral (Cuadro 24). En hoja las diferencias en concentración se registraron solo para Mn y B; las de Fe, Cu y Zn fueron iguales. Mientras que en pseudobulbo las diferencias en concentración fueron para Fe, Zn y Mn; las de Cu y B fueron iguales. En tanto que en raíz las diferencias en concentración fueron solo para Fe y B; las de Cu, Zn y Mn fueron iguales.

Cuadro 24. Contraste de la concentración de micronutrientos (mg kg^{-1}), entre el muestreo inicial y durante la inducción a floración, en hoja, pseudobulbo y raíz, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Órgano de crecimiento	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Hoja	0.37	0.43	0.05	<.0001*	<.0001*
Pseudobulbo	0.001*	0.74	0.001*	0.005*	0.07
Raíz	0.04*	0.59	0.33	0.56	0.037*

*Diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En general se tiene que la condición floral previa y la fuente de luz no afectaron a los indicadores incremento en altura de planta, número de hojas, número de pseudobulbos y número total de brotes. Sin embargo, con la FL2 el diámetro del pseudobulbo del brote no inducido fue menor. La condición de floración previa tuvo efecto en el porcentaje de inducción floral y la fuente de luz no afectó la calidad del desarrollo floral. Las variables de la flor se correlacionaron positivamente. Ambas condición floral previa y fuente de luz afectaron diferencialmente la concentración de los reguladores de crecimiento en los órganos de las plantas. Con excepción del AG₃ y de la cinetina en planta, y del BAP en brote, la condición floral afectó la concentración de los reguladores de crecimiento. La fuente de luz afectó la concentración de los reguladores. Tanto la fuente de luz como la condición floral previa afectaron la concentración nutricional, efecto que fue dependiente del órgano vegetal en estudio.

6.2. ETAPA 2: FUENTES DE LUZ CON FOTOPERÍODO 9 h Y TEMPERATURA NOCTURNA 17 °C

6.2.1. Análisis de variables de crecimiento vegetativo

Los resultados registrados de IAP, INH, INPsb y NTBr indicaron que la fuente de luz no afecta a estas variables de crecimiento vegetativo. En tanto que los registrados de DPsb, LPsb, y LHBr mostraron que la FL2 reduce el diámetro y longitud del pseudobulbo del brote no inducido a floración (Cuadros 25 y 26). El incremento en el crecimiento de las plantas fue igual estadísticamente en ambas fuentes de luz ($p \leq 0.05$) (Cuadro 25).

Cuadro 25. Efecto de diferentes fuentes de luz en el crecimiento vegetativo de *L. anceps* subesp. *anceps* con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.

Tratamiento	IAP	INH	INPsb	NTBr
	(cm)			
FL1	3.07 a	1.75 a	0.50 a	2.00 a
FL2	1.45 a	1.33 a	1.33 a	2.00 a
CV (%)	103.08	66.20	76.24	39.88

FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2; IAP= incremento en altura de planta; INH= incremento en número de hojas; INPsb= incremento en número de pseudobulbos; NTBr= número total de brotes. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

El tamaño del brote inducido a floración fue igual en ambas fuentes de luz ($p \leq 0.05$). Aunque no se presentan diferencias significativas el tamaño del pseudobulbo inducido en la condición de FL2 tiende a ser ligeramente menor (11%) que en la condición de FL1, mientras que la hoja esta tendencia se invierte. El diámetro del pseudobulbo y la longitud de la hoja del brote no inducido a floración, fueron afectados de manera significativa por la fuente de luz ($p < 0.0001$ para ambas variables) (Cuadro 26).

Cuadro 26. Efecto de diferentes fuentes de luz en el tamaño del brote inducido y no inducido a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps* con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.

Tratamiento	Brote inducido (cm)			Brote no inducido (cm)		
	DPsb	LPsb	LHBr	DPsb	LPsb	LHBr
FL1	1.53 a	8.89 a	18.44 a	1.70 a	11.49 a	17.95 a
FL2	1.37 a	7.37 a	19.40 a	1.06 b	7.66 b	17.72 a
CV (%)	9.23	23.51	13.66	17.48	20.22	15.68

FL1= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2; **DPsb**= diámetro del pseudobulbo del brote; **LPsb**= longitud del pseudobulbo del brote; **LHBr**= longitud de la hoja del brote. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

6.2.2. Análisis de la calidad del desarrollo floral

Los resultados obtenidos con la variable porcentaje de inducción floral indicaron que la fuente de luz no la afecta. Por otra parte, comparando las variables de calidad del desarrollo floral de la Etapa 1 con las variables de la FL1, el número a los días de anthesis y la longitud del tallo floral en esta fuente fueron menores pero el tamaño de la flor fue mayor. La correlación Pearson mostró que las variables de la flor (longitud de sépalo dorsal a sépalo lateral, longitud de pétalo derecho e izquierdo) se correlacionaron positivamente con la vida de la flor. Así mismo el número de flores se correlacionó positivamente con el ancho del labelo (Figura 23, Cuadros 27 y 28).

La regresión logística para la modelación de la probabilidad de inducción a floración, mostro que las condiciones de luz no tuvieron efecto sobre el porcentaje de inducción a floración ($p=0.26$). Aunque el mayor porcentaje de floración se registró en la FL1, esta tuvo un porcentaje de inducción menor al 50% (Figura 23).

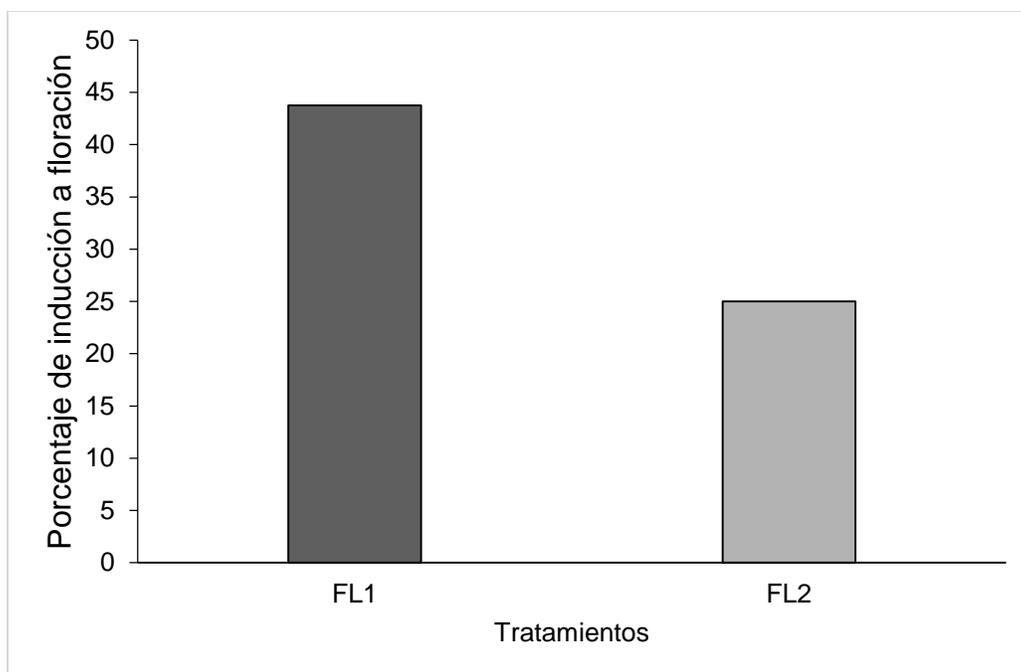


Figura 23. Porcentaje de inducción a floración de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.

La cantidad de plantas con inducción floral en la FL2 fue insuficiente para el análisis de las variables de floración, por lo que para éste grupo sólo se presentan los promedios obtenidos en la condición FL1, ya que no se pudo realizar un análisis estadístico.

Si se compara el número de días a apertura floral que tuvieron las plantas expuestas a 13 °C con FL1 (Etapa 1), se encuentra que a 17 °C se reduce en 49% el tiempo para antesis; en 46%, en promedio la longitud del tallo floral pero hay un incremento de 7% en la longitud de sépalo al sépalo, y de 6% de pétalo a pétalo (Cuadro 27).

Cuadro 27. Efecto de diferentes fuentes de luz en la calidad del desarrollo floral de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.

	DA	VF	NF	LSS	LPP	LLab	ALab	LTF	DTF
	cm								
FL1	64.29	16.57	2.29	11.77	11.46	4.49	2.06	27.54	0.31
FL2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

FL1= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2; **DA**= días a antesis; **VF**= vida de la flor; **NF**= número de flores por racimo; **LSS**= longitud de sépalo dorsal a sépalo lateral; **LPP**= longitud de pétalo derecho a pétalo izquierdo; **LLab**= largo del labelo; **ALab**= ancho del labelo; **LTF**= longitud del tallo floral; **DTF**= diámetro del tallo floral; **SI**= tratamiento sin inducción a floración.

El coeficiente de correlación Pearson mostró que hay correlación negativa entre la vida de la flor, y la longitud entre sépalos y pétalos. Así como el ancho del labelo está determinado por el número de flores; y la longitud de sépalo a sépalo, determina la longitud de pétalo a pétalo y el largo del labelo (Cuadro 28).

Cuadro 28. Correlación Pearson de la calidad del desarrollo floral de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.

		DA	VF	NF	LSS	LPP	LLab	ALab	LTF	DTF
DA	Correlación	1.00	0.41	-0.02	-0.67	-0.47	-0.71	0.01	-0.03	-0.21
	Valor P		0.35	0.95	0.09	0.28	0.07	0.98	0.48	0.64
VF	Correlación		1.00	-0.01	-0.77	-0.85	-0.68	-0.31	-0.42	-0.32
	Valor P			0.96	0.03*	0.01*	0.08	0.49	0.34	0.48
NF	Correlación			1.00	0.46	0.43	0.33	0.79	-0.46	0.12
	Valor P				0.29	0.32	0.45	0.03*	0.29	0.79
LSS	Correlación				1.00	0.95	0.75	0.45	0.14	0.22
	Valor P					0.0007*	0.05*	0.30	0.76	0.62
LPP	Correlación					1.00	0.66	0.47	0.19	0.24
	Valor P						0.10	0.27	0.67	0.59
LLab	Correlación						1.00	0.52	0.24	0.52
	Valor P							0.22	0.59	0.22
ALab	Correlación							1.00	-0.51	0.01
	Valor P								0.23	0.97
LTF	Correlación								1.00	0.70
	Valor P									0.07
DTF	Correlación									1.00
	Valor P									

DA= días a antesis; **VF**= vida de la flor; **NF**= número de flores por racimo; **LSS**= longitud de sépalo dorsal a sépalo lateral; **LPP**= longitud de pétalo derecho a pétalo izquierdo; **LLab**= largo del labelo; **ALab**= ancho del labelo; **LTF**= longitud del tallo floral; **DTF**= diámetro del tallo floral. *Diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

6.2.3. Análisis de concentración de reguladores de crecimiento

Las fuentes de luz afectaron la concentración de los reguladores de crecimiento en las plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*. En general la FL1 favoreció la concentración de AIA, AG₃ y ABA en brote, la de cinetina en inflorescencia, hoja y raíz; mientras que la FL2, la de AIA y AIB en planta y brote, y la de cinetina en el pseudobulbo de la planta e inflorescencia. En contraste tanto FL1 como FL2 afectaron la concentración de ABA en

hoja y FL2 la de cinetina en hoja y raíz. Estas fuentes de luz no tuvieron efecto en la concentración de AG₃ en la planta (Figuras de la 24 a la 34).

Ácido indol-3-acético (AIA)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

En la Figura 24 se muestra el efecto de la luz en la concentración de AIA en la planta. Los resultados indican diferencias en la concentración entre fuentes de luz y órganos. Bajo la FL2 la concentración fue mayor en pseudobulbo y hoja. En el muestreo inicial no se encontraron diferencias en concentración entre órganos (Figura 24). Estos resultados indican que la FL2 tiene efecto en una mayor concentración de AIA en hoja y pseudobulbo de planta.

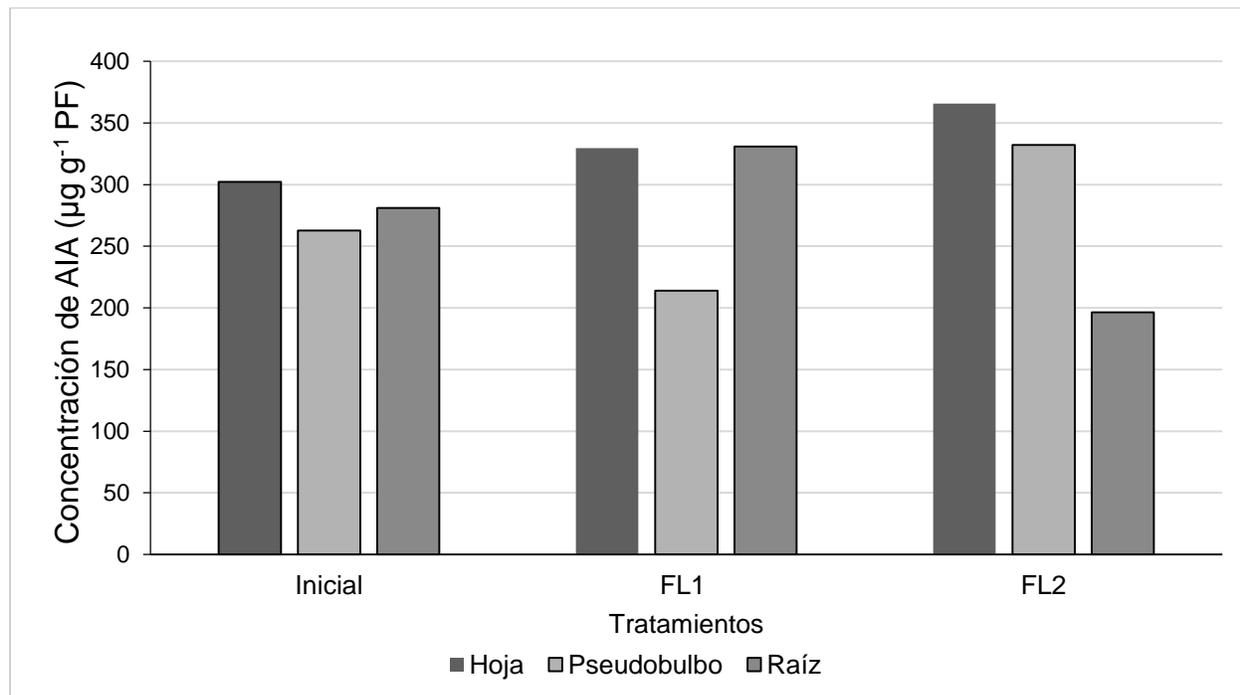


Figura 24. Concentración de ácido indol-3-acético (AIA) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

Se registró al regulador AIA en el muestreo inicial el cual mostró diferencias en concentración entre órganos bajo las fuentes de luz empleadas. En la FL1 el pseudobulbo registró un poco más del doble de concentración de AIA en comparación

con la registrada en hoja e inflorescencia. En contraste con FL1 y FL2, la concentración de AIA en las inflorescencias fue similar (Figura 25). Estos resultados indican que bajo la FL1 el pseudobulbo del brote inducido acumula mayor concentración de AIA.

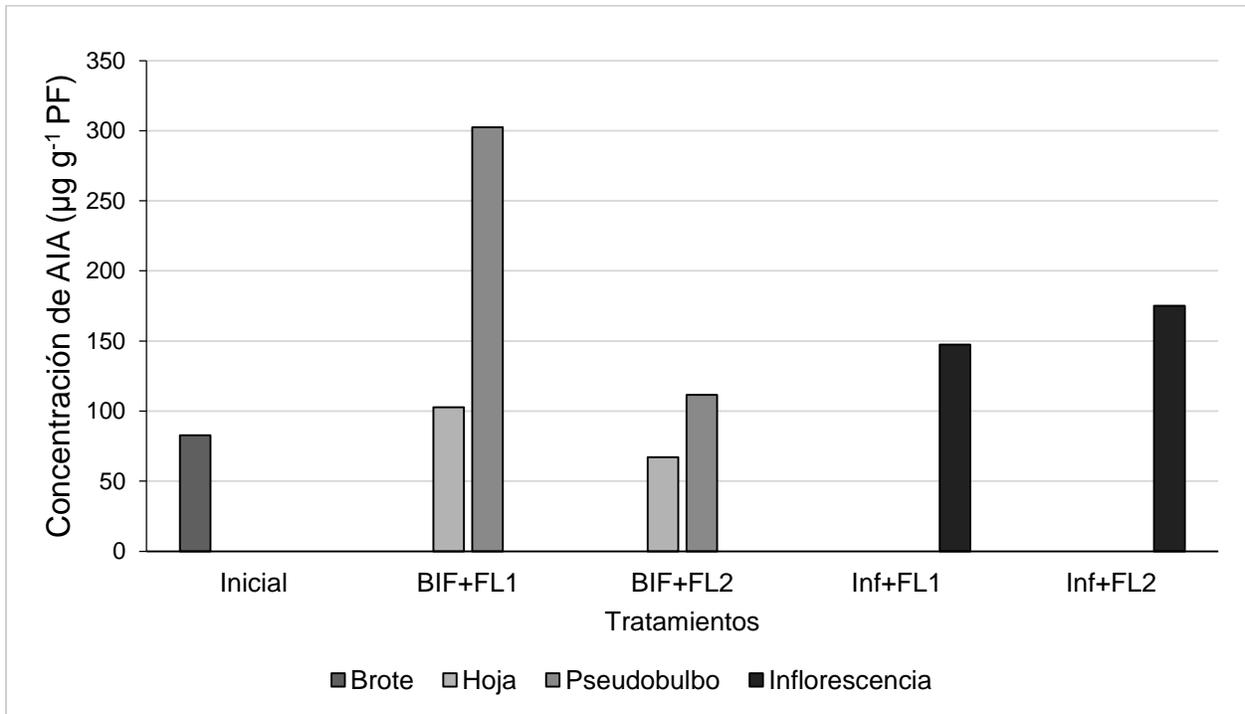


Figura 25. Concentración de ácido indol-3-acético (AIA) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **BIF**= brote con inducción floral; **Inf**= inflorescencia. **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Ácido indol-3-butírico (AIB)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

En el muestreo inicial se detectó AIB en pseudobulbo y raíz pero no en hoja. Con FL2, después de la inducción floral se registró concentración elevada de este regulador en hoja y en pseudobulbo; en contraste, con FL1 se registró AIB pero raíz en alta concentración (Figura 26).

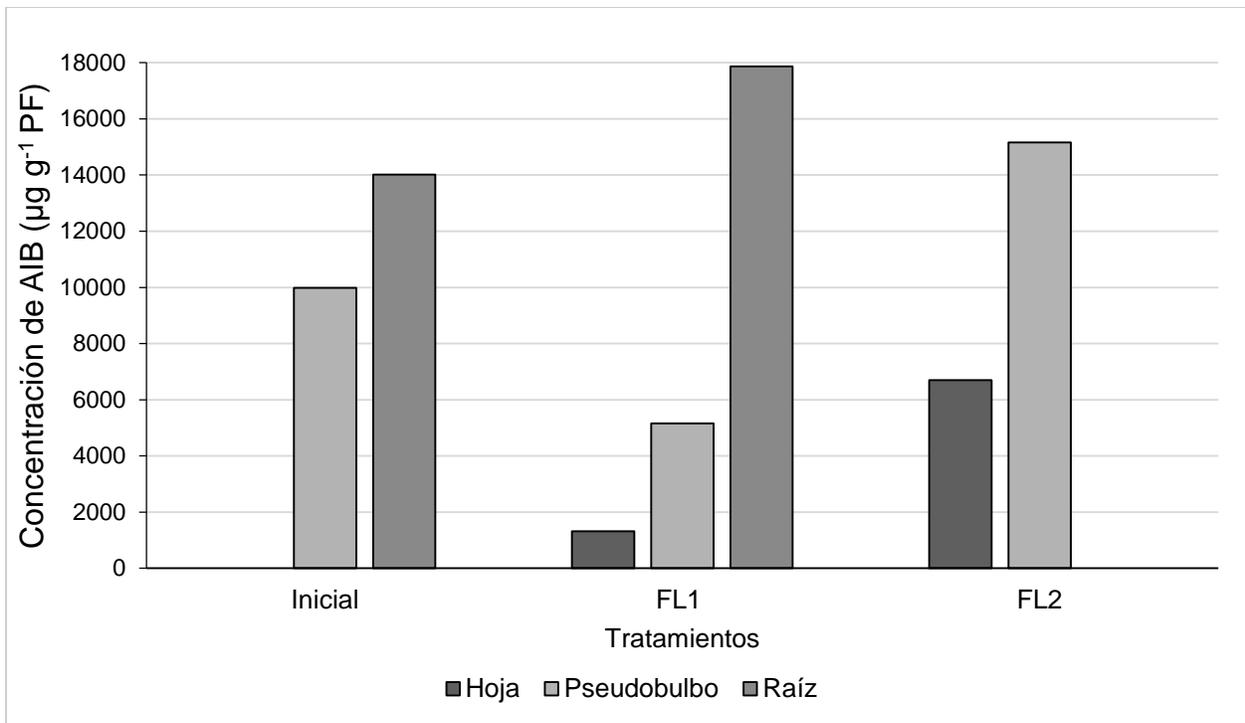


Figura 26. Concentración de ácido indol-3-butírico (AIB) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

El AIB se detectó en todos los órganos excepto en la inflorescencia bajo las fuentes de luz empleadas. En FL1, en el brote inicial se registró una concentración similar de AIB a las detectadas en la hoja y el pseudobulbo de los brotes inducidos a floración y a la detectada en el pseudobulbo en la FL2. Es de resaltar que solo bajo FL2 se registró este regulador cuya concentración fue el doble de la registrada en el pseudobulbo del brote inducido bajo el mismo tipo de luz (Figura 27). Los resultados anteriores sugieren que la fuente de luz tiene efecto en la acumulación de AIB en la inflorescencia.

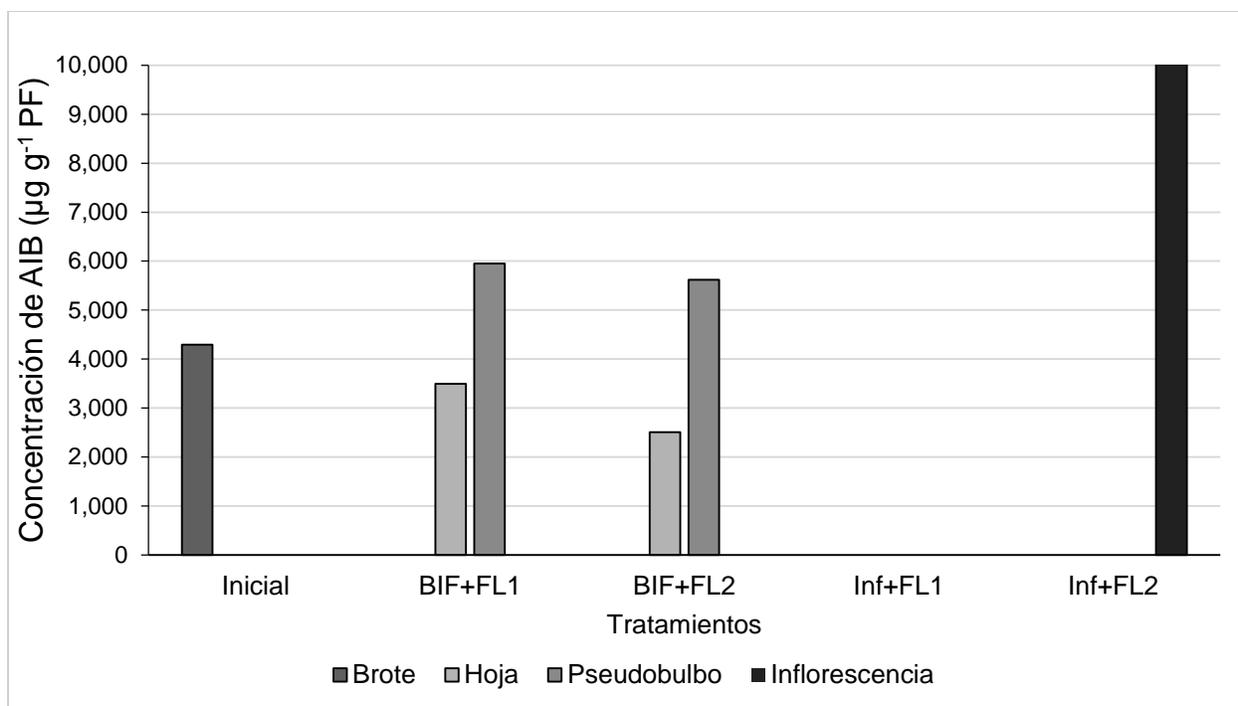


Figura 27. Concentración de ácido indol-3-butírico (AIB) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **BIF**= brote con inducción floral; **Inf**= inflorescencia **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Ácido giberélico (AG₃)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

El AG₃ se detectó en todos los órganos bajo las fuentes de luz empleadas. Con excepción de la concentración registrada en pseudobulbo y raíz, se detectaron concentraciones de AG₃ similares en todos los órganos bajo las dos fuentes de luz. En FL1 y FL2 el pseudobulbo y la raíz, respectivamente, acumularon baja concentración de AG₃ (Figura 28). Estos resultados indican que la fuente de luz no tiene efecto en la acumulación de AG₃ en los órganos de la planta.

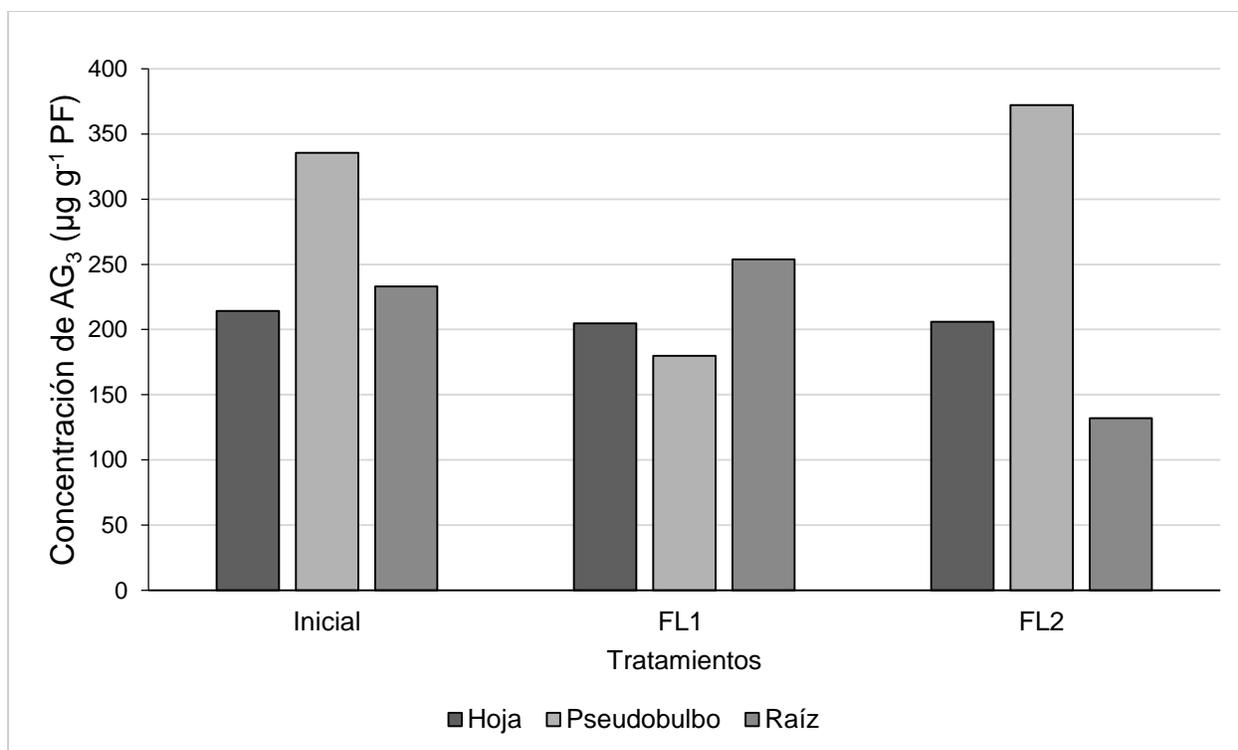


Figura 28. Concentración de ácido giberélico (AG_3) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

El AG_3 se detectó en todos los órganos bajo las fuentes de luz empleadas. Sin embargo se registraron diferencias en la concentración de este regulador. Bajo la FL1 la concentración de AG_3 en la hoja y el pseudobulbo del brote inducido fue superior a la registrada bajo la FL2 y a la de las inflorescencias en estas fuentes de luz (Figura 29).

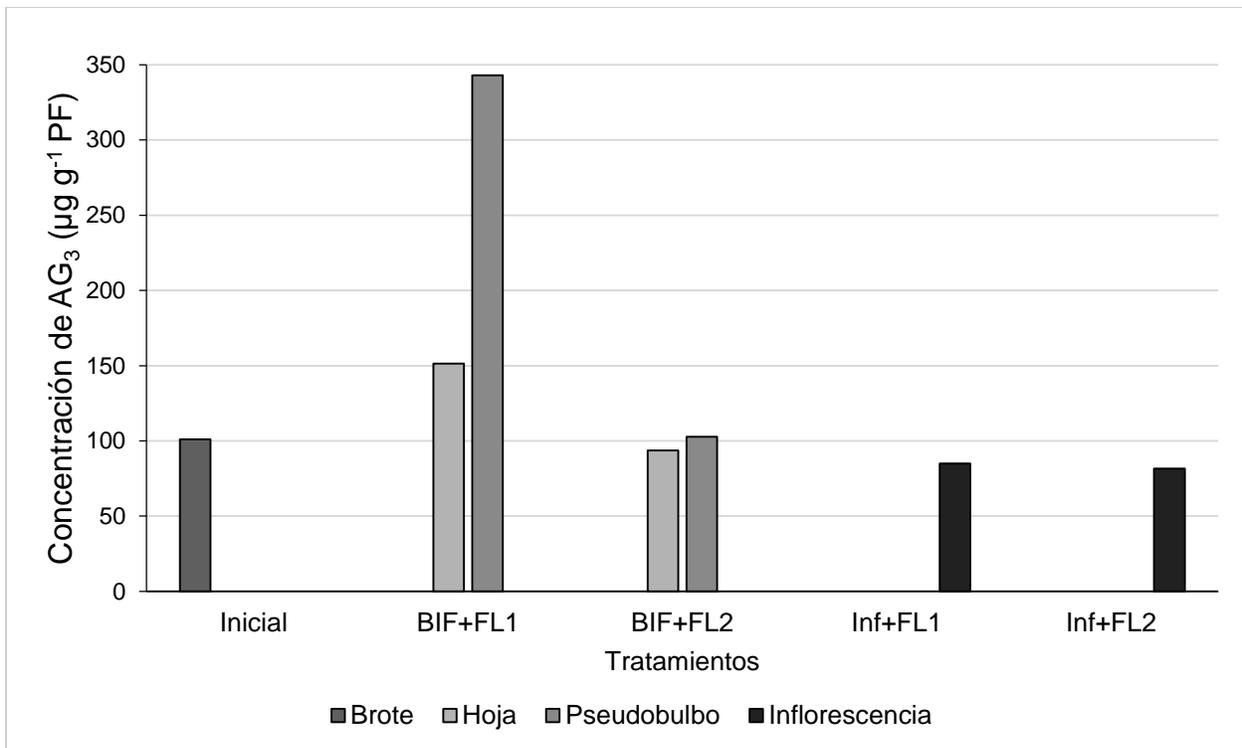


Figura 29. Concentración ácido giberélico (AG₃) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **BIF**= brote con inducción floral; **Inf**= inflorescencia **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Cinetina

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

La cinetina se detectó en las hojas de las plantas del muestreo inicial y en las plantas después de la inducción floral bajo las dos condiciones de luz. Sin embargo, en la Figura 30 se muestra que la FL2 favorece en mayor grado la acumulación de este regulador en hoja y en pseudobulbo. Es decir con FL2 se genera una fuente adicional de cinetina para la translocación a inflorescencia.

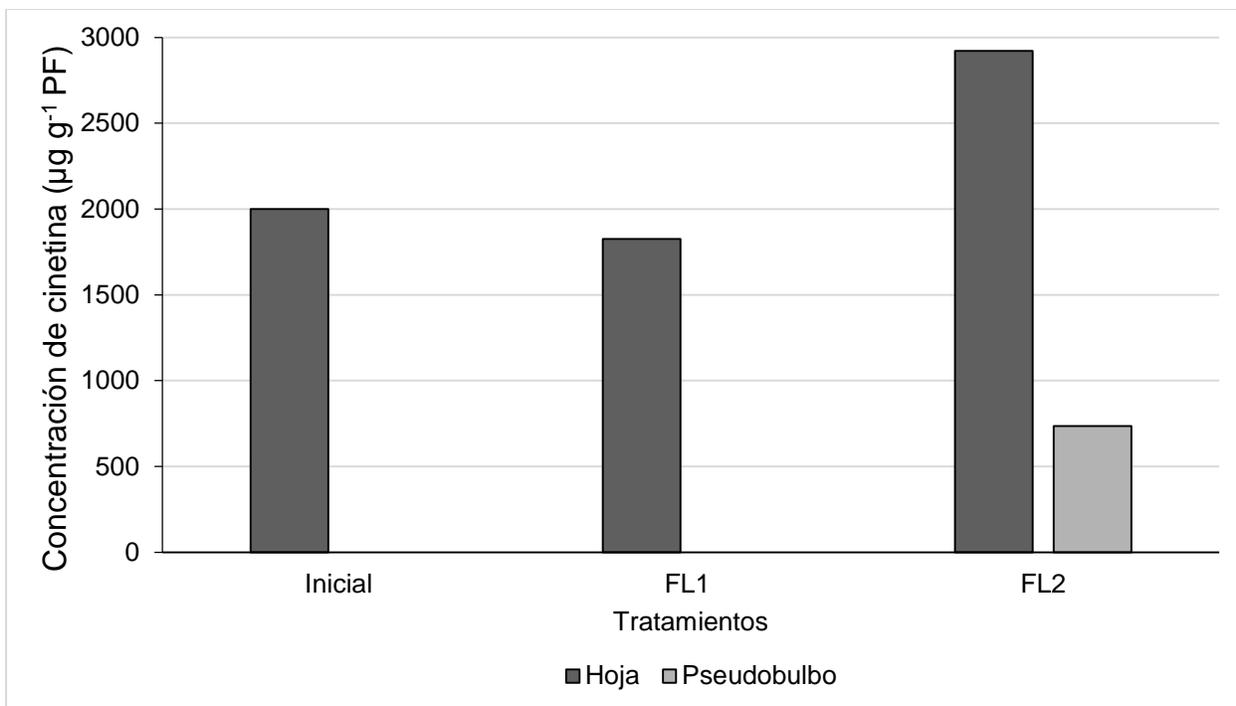


Figura 30. Concentración de cinetina en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

Con excepción de lo registrado en la inflorescencia, no se detectó cinetina en los brotes del muestreo inicial ni en los brotes después de la inducción floral bajo las fuentes de luz empleadas. Aunque en inflorescencia se registró cinetina, se encontraron diferencias en su concentración; con FL2, se registró ocho veces más concentración de cinetina en la inflorescencia (Figura 31). Los resultados anteriores indican que las fuentes de luz empleadas solamente inducen la acumulación de cinetina en la inflorescencia.

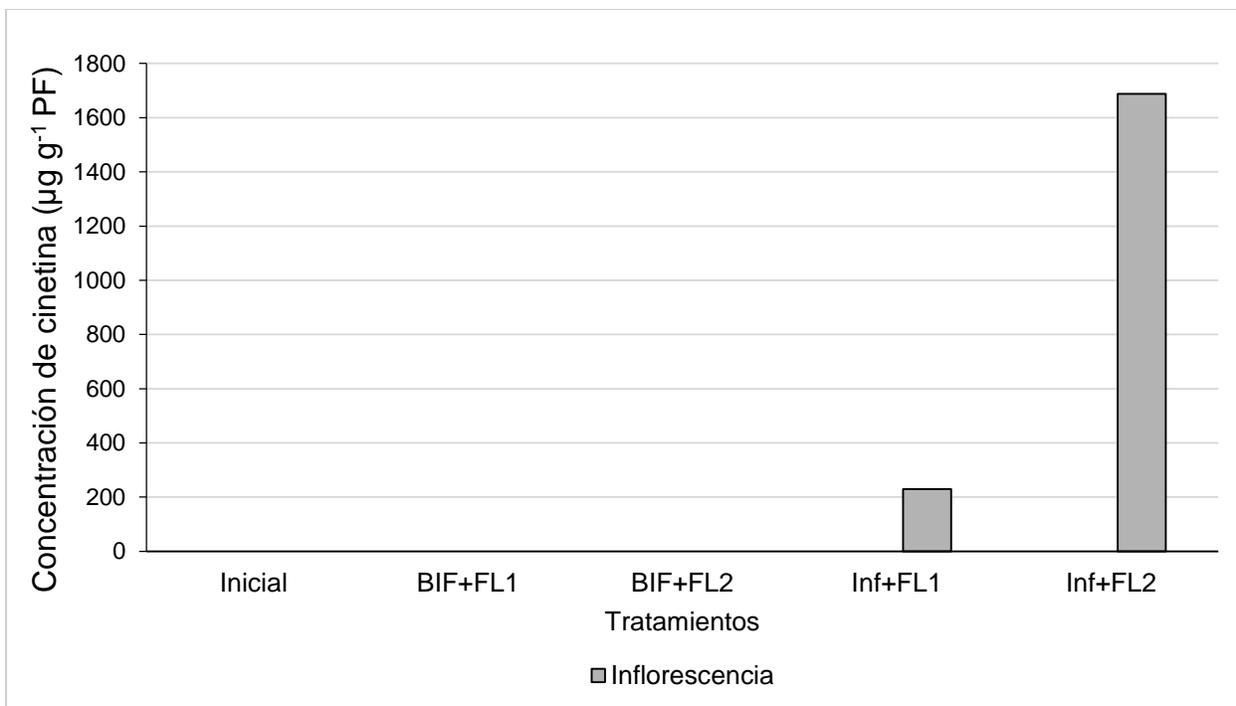


Figura 31. Concentración cinetina en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subsp. *anceps*, con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **BIF**= brote con inducción floral; **Inf**= inflorescencia **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

6-bencilaminopurina (BAP)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

En la Figura 32 se observa que BAP se encuentra presente en la raíz de plantas del muestreo inicial y que las fuentes de luz tienen un efecto en su acumulación en ese órgano y en hoja. Específicamente con la FL1, BAP se acumula en hoja y raíz pero bajo la FL2 este regulador no se almacena en ninguno de estos órganos. Cabe señalar que en brotes e inflorescencias no se detectó BAP.

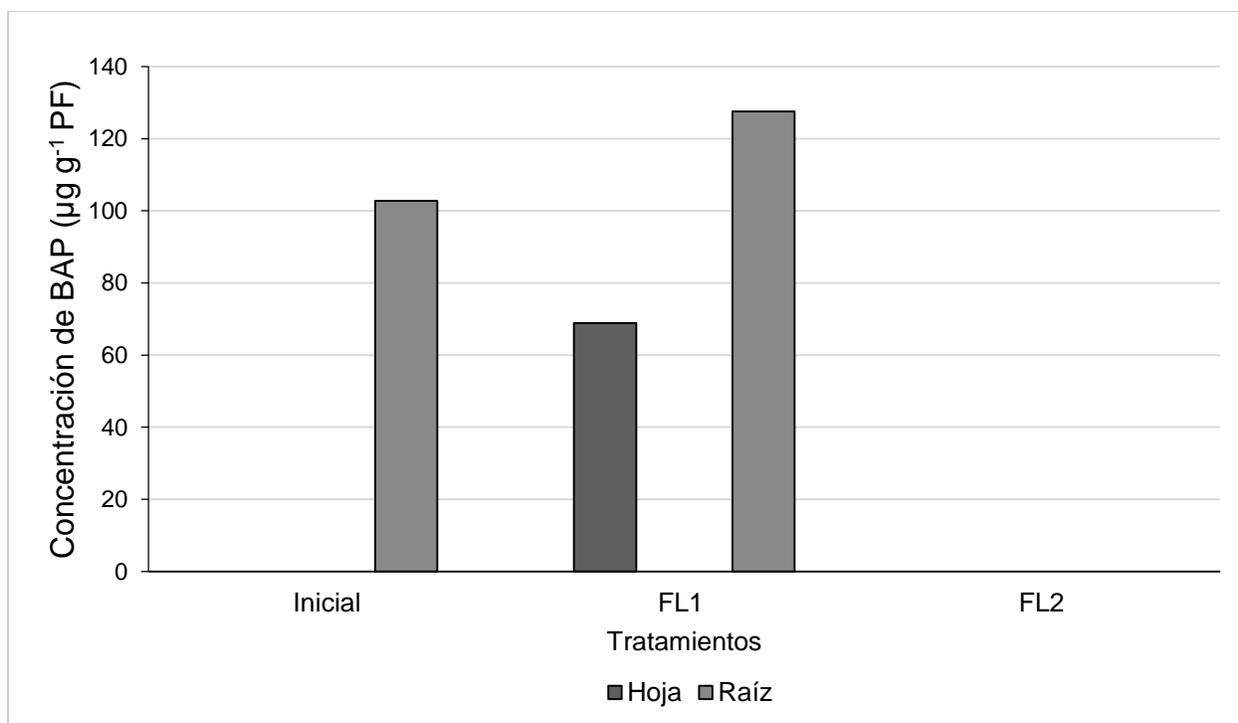


Figura 32. Concentración de 6-bencilaminopurina (BAP) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Ácido abscísico (ABA)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

El ABA se detectó en los órganos de las plantas del muestreo inicial y en los de las plantas después de la inducción floral bajo las dos condiciones de luz. Sin embargo, se observaron diferencias en la concentración de este regulador. En la estructura de crecimiento se registró cerca de seis veces más concentración de ABA en relación a lo registrado en esta estructura pero bajo FL1 y FL2 (Figura 33). Estos resultados sugieren que FL1 y FL2 afectan la acumulación de ABA en hoja.

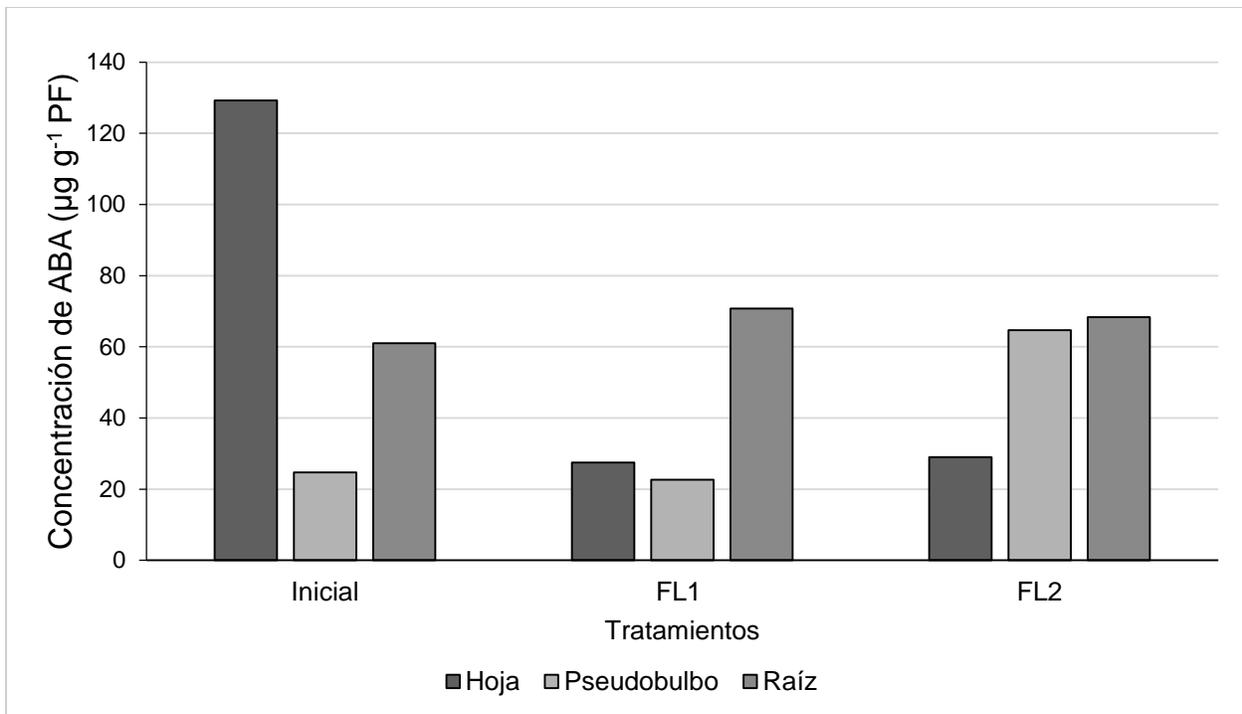


Figura 33. Concentración de ácido abscísico (ABA) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subsp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

En la Figura 34 se observa que ABA se acumuló tanto en el brote del muestreo inicial como en los órganos del brote inducido a floración. La FL1 favoreció la acumulación de este regulador en hoja, pseudobulbo e inflorescencia en contraste al efecto de la FL2. Es decir, la FL1 favorece el almacenamiento de ABA en los órganos de los brotes inducidos a floración.

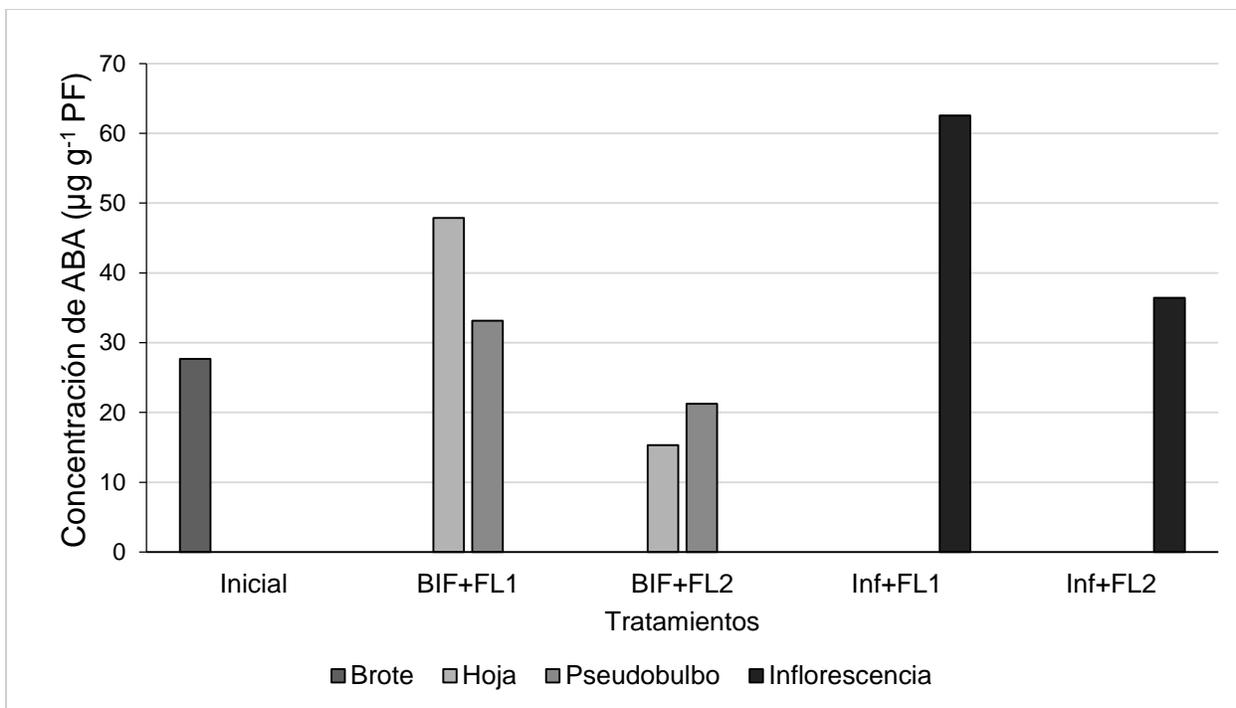


Figura 34. Concentración ácido abscísico (ABA) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subsp. *anceps*, con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **BIF**= brote con inducción floral; **Inf**= inflorescencia; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

En general FL1 y FL2 tienen efecto diferencial en la concentración de los reguladores de crecimiento en las plantas de *L. anceps* subsp. *anceps* bajo condiciones controladas.

6.2.4. Análisis de concentración nutrimental

Macronutrientes

Los análisis en el contenido de N P, K, Ca, Mg y S mostraron efecto significativo ($p \leq 0.05$) de la fuente de luz, efecto que fue dependiente del órgano vegetal (Cuadros 29, 30 y 31).

Hoja

Los resultados del Cuadro 29 indican que la fuente de luz tuvo efecto diferencial en la concentración de macronutrientes en hoja. En FL1, con excepción del S, la concentración del resto de los macronutrientes no resultó afectada. En esta luz el contenido de S fue elevado. En contraste, bajo la FL2 la concentración de P y K fue

menor, y la de Ca, Mg y S superior respecto a la registrada bajo la FL1. Para el caso del N no se registraron diferencias en concentración. FL1 favoreció la concentración de P y K (importante para la floración) y FL2 la de Ca, Mg y S en hoja.

Cuadro 29. Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de macronutrientes (g kg^{-1}) en hojas de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	S
Inicio	10.03 a	0.85 a	4.00 a	8.99 b	4.12 b	0.92 c
FL1	10.03 a	0.90 a	4.20 a	9.03 b	4.24 b	1.24 b
FL2	11.20 a	0.71 b	2.60 b	12.70 a	6.32 a	1.64 a
CV (%)	5.00	3.94	4.72	2.42	2.50	3.20

FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Pseudobulbo

En pseudobulbo la fuente de luz afectó de manera diferencial ($p \leq 0.05$) la concentración de macronutrientes (Cuadro 30). Con FL2 la concentración de P se duplicó, la del K se redujo cuatro veces; en tanto que, la de Mg fue superior, respecto a las concentraciones registradas en el muestreo inicial.

Cuadro 30. Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de macronutrientes (g kg^{-1}) en pseudobulbos de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	S
Inicio	5.36 a	0.79 b	0.81 a	4.20 a	4.04 c	1.08 b
FL1	6.30 a	0.86 b	0.80 a	3.79 a	4.89 b	1.48 b
FL2	5.13 a	1.11 a	0.27 b	4.82 a	6.75 a	2.02 a
CV (%)	9.31	6.51	6.97	11.20	5.22	11.89

FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Raíz

Los resultados indicados en el Cuadro 31 muestran que bajo ambas fuentes de luz, con excepción del N y K, la concentración de macronutrientes en raíz fue significativamente menor a la registrada en la raíz del muestreo inicial. La fuente de luz no afectó la concentración de N y P.

Cuadro 31. Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de macronutrientes (g kg^{-1}) en raíz de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	S
Inicio	8.40 a	2.29 a	0.77 a	8.13 a	5.42 a	4.67 a
FL1	10.03 a	1.00 b	0.67 a	2.97 b	2.11 b	1.35 b
FL2	9.33 a	0.91 b	0.73 a	2.49 b	2.54 b	1.44 b
CV (%)	10.39	5.43	7.51	5.98	5.90	5.79

FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

La fuente de luz tuvo efecto diferencial ($p \leq 0.05$) en la concentración de macronutrientes en los órganos de la planta. En hoja la FL1 favoreció la concentración de P y K y la FL2 la de Ca, Mg y S. En contraste en pseudobulbo la FL2 incrementó al doble la concentración de P pero redujo cuatro veces la del K, respecto a lo registrado en el pseudobulbo del muestreo inicial. En tanto que en raíz ambas fuentes de luz redujeron la concentración de macronutrientes. Las fuentes de luz no afectaron la concentración de N y P.

Micronutrientes

Los análisis mostraron efecto significativo ($p \leq 0.05$) de la fuente de luz en las concentraciones de Fe, Cu, Zn, Mn y B, efecto que fue dependiente del órgano vegetal (Cuadros 32, 33 y 34).

Hoja

Los resultados del Cuadro 32 indican que la fuente de luz tuvo efecto diferencial ($p \leq 0.05$) en la concentración de micronutrientos en hoja. Con FL2 la concentración de todos los micronutrientos fue superior a la registrada en hoja del muestreo inicial; especialmente la de Fe y Mn se encontró al doble. Similarmente, en FL1 la concentración de Zn, Mn y S fue superior.

Cuadro 32. Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de micronutrientos (mg kg^{-1}) en hojas de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.

Tratamiento	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Inicio	75.41 a	1.73 b	9.90 b	56.45 c	26.63 a
FL1	81.70 a	1.68 b	16.04 a	81.53 b	31.67 a
FL2	214.02 a	2.73 a	12.45 ab	104.42 a	34.14 a
CV (%)	60.36	15.87	14.14	2.79	18.06

FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Pseudobulbo

Los resultados indicados en el Cuadro 33 muestran que, con excepción del Zn, las fuentes de luz empleadas no tuvieron efecto significativo ($p \leq 0.05$) en la concentración de micronutrientos en pseudobulbo. Con FL1 y FL2, la concentración de Zn se encontró duplicada respecto a la registrada en el pseudobulbo del muestreo inicial.

Cuadro 33. Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de micronutrientos (mg kg^{-1}) en pseudobulbo de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.

Tratamiento	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Inicio	131.40 a	2.55 a	18.30 b	10.35 ab	21.48 a
FL1	110.35 a	2.78 a	35.06 a	9.44 b	28.89 a
FL2	99.53 a	3.19 a	39.17 a	10.46 a	28.75 a
CV (%)	31.83	16.58	6.19	3.76	20.76

FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Raíz

El Cuadro 34 indica que, con excepción del Fe y el Cu, las fuentes de luz empleadas tuvieron efecto significativo ($p \leq 0.05$) en la concentración de micronutrientos en raíz. El Zn y el B se encontraron en alta concentración tanto en FL1 como en FL2, en contraste bajo ambas fuentes de luz el Mn se registró en baja concentración, en comparación con las registradas en la raíz del muestreo inicial.

Cuadro 34. Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de micronutrientos (mg kg^{-1}) en raíz de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.

Tratamiento	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Inicio	499.90 a	7.60 ab	27.60 c	31.99 a	18.43 c
FL1	159.80 a	9.55 a	50.24 b	12.89 b	32.09 a
FL2	212.5 a	6.57 b	59.00 a	13.01 b	25.38 b
CV (%)	108.92	14.15	7.39	10.11	9.94

FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Los resultados anteriores indican que las fuentes de luz tuvieron efecto significativo ($p \leq 0.05$) en las concentraciones de micronutrientos en los órganos vegetales de la planta.

Análisis de contrastes en la concentración de macro y micronutrientos

El análisis de contrastes muestra diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la concentración de macronutrientos en hoja, pseudobulbo y raíz, entre la condición inicial y la condición después de la inducción floral (Cuadro 35). En hoja, con excepción del N y P, se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) significativas en la concentración de K, Ca, Mg y S. Bajo las condiciones probadas no se registraron diferencias en la concentración de N y P. Mientras que en pseudobulbo con excepción de N y Ca se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) significativas en la concentración de P, K, Mg y S. En estas condiciones la concentración de N y Ca no registraron diferencias. En raíz con excepción del N y K, se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) significativas en la concentración de P, Ca, Mg y S. En estas condiciones la concentración de N y K no registraron diferencias.

Cuadro 35. Contraste de la concentración de macronutrientos (g kg^{-1}), entre el muestreo inicial y durante la inducción a floración, en hoja, pseudobulbo y raíz, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C

Órgano	N	P	K	Ca	Mg	S
Hoja	0.16	0.13	0.002*	<.0001*	<.0001*	<.0001*
Pseudobulbo	0.37	0.003*	<.0001*	0.76	<.0001*	0.001*
Raíz	0.10	<.0001*	0.11	<.0001*	<.0001*	<.0001*

*Diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Por otra parte, el análisis de contrastes muestra diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la concentración de micronutrientos en hoja, pseudobulbo y raíz, entre la condición inicial y la condición después de la inducción floral (Cuadro 36). En hoja las diferencias en concentración se registraron solo para Zn y Mn; las de Fe, Cu y B fueron iguales. Mientras que en pseudobulbo las diferencias en concentración fueron solo para Zn; las de Fe, Cu, Mn y B fueron iguales. En tanto que en raíz las diferencias en concentración fueron para Zn, Mn y B.

Cuadro 36. Contraste de la concentración de micronutrientos (mg kg^{-1}), entre el muestreo inicial y durante la inducción a floración, en hoja, pseudobulbo y raíz, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 17 °C.

Órgano	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Hoja	0.21	0.08	0.01*	<.0001*	0.16
Pseudobulbo	0.34	0.24	<.0001*	0.18	0.10
Raíz	0.21	0.57	<.0001*	<.0001*	0.001*

*Diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

La fuente de luz no afecta a los indicadores incremento en altura de planta, número de hojas, número de pseudobulbos y número total de brotes. No obstante, la FL2 reduce el diámetro y longitud del pseudobulbo del brote no inducido a floración. Tampoco afecta el porcentaje de inducción floral. En esta Etapa 2 en FL1 la calidad del desarrollo floral es diferente a la de la Etapa 1. Las variables del tamaño de la flor se correlacionaron positivamente con la vida de la flor y el número de flores. La fuente de luz tuvo efecto diferencial en la concentración de AIA, AIB, AG_3 , cinetina y ABA bajo condiciones controladas. También afectó ($p \leq 0.05$) diferencialmente la concentración de macronutrientos en los órganos. En hoja, FL1 favoreció la concentración de P y K mientras que FL2 la de Ca, Mg y S. En pseudobulbo FL2 incrementó al doble la concentración de P pero redujo cuatro veces la del K. En raíz tanto en FL1 como en FL2 la concentración de macronutrientos fue baja. Estas fuentes no afectaron la concentración del N y P. Pero afectaron ($p \leq 0.05$) las concentraciones de micronutrientos en los órganos vegetales. En hoja, con FL2 la concentración de Fe y Mn se encontró al doble; mientras que con FL1, la concentración de Zn y Mn fue elevada. Con FL1 y FL2, la concentración de Zn fue alta en pseudobulbo duplican; y, en raíz incrementan al doble la de Zn y B pero reducen la del Mn.

Comparando la Etapa 1 con la Etapa 2, con fotoperíodo de 9 h y temperatura nocturna de 13 y 17 °C, respectivamente, se encontraron valores similares en las variables de crecimiento vegetativo y en la concentración de AG_3 , regulador de la floración. Sin embargo a 17°C se obtuvo 5% más de inducción floral y a 13 °C se registró mayor concentración de N y Fe en la planta.

6.3. ETAPA 3: FUENTES DE LUZ CON FOTOPERÍODO 12 h Y TEMPERATURA NOCTURNA DE 13 °C

6.3.1. Análisis de variables de crecimiento vegetativo

Los resultados registrados con IAP, INH, INPsb y NTBr indicaron que la fuente de luz no tuvo efecto en estas variables de crecimiento vegetativo. Aunque no se registraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las fuentes de luz, bajo la FL2 los valores fueron un poco más altos respecto a los de la FL1 (Cuadro 37).

Cuadro 37. Efecto de la fuente de luz en el crecimiento vegetativo de *L. anceps* subesp. *anceps* con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Tratamiento	IAP	INH	INPsb	NTBr
	(cm)			
FL1	3.06 a	1.27 a	1.27 a	1.54 a
FL2	4.82 a	1.60 a	1.50 a	1.80 a
CV (%)	76.93	47.04	42.94	43.32

FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2; IAP= incremento en altura de planta; INH= incremento en número de hojas; INPsb= incremento en número de pseudobulbos; NTBr= número total de brotes. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos

En el Cuadro 38 se muestra que las fuentes de luz no afectaron significativamente ($p \leq 0.05$) el tamaño del brote inducido a floración. En contraste, FL1 y FL2 afectaron significativamente ($p \leq 0.05$) el tamaño del brote no inducido. En la FL1 el diámetro del pseudobulbo fue superior al del pseudobulbo en la FL2 (Cuadro 34).

Cuadro 38. Efecto de la fuente de luz en el tamaño del brote inducido y no inducido a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Tratamiento	Brote inducido (cm)			Brote no inducido (cm)		
	DPsb	LPsb	LHBr	DPsb	LPsb	LHBr
FL1	1.60 a	9.37 a	19.86 a	1.61 a	7.95 a	18.24 a
FL2	1.45 a	7.58 a	20.96 a	1.23 b	6.61 a	19.95 a
CV (%)	7.24	23.69	5.72	17.47	27.01	17.42

FL1= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2; **DPsb**= diámetro del pseudobulbo del brote; **LPsb**= longitud del pseudobulbo del brote; **LHBr**= longitud de la hoja del brote. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Los resultados anteriores sugieren que las fuentes de luz no afectan las variables de incremento en el crecimiento vegetativo ni las del tamaño del brote inducido a floración. Sin embargo, FL1 y FL2 afectan el tamaño del brote no inducido; en FL1 el diámetro del pseudobulbo es mayor que en la FL2.

6.3.2. Análisis de la calidad del desarrollo floral

El análisis de regresión logística mostró que las condiciones de luz no influyeron en la inducción a floración ($p=0.07$). Sin embargo con la FL1 se registró más de 34% de inducción floral con relación a lo obtenido en la FL2 (Figura 35).

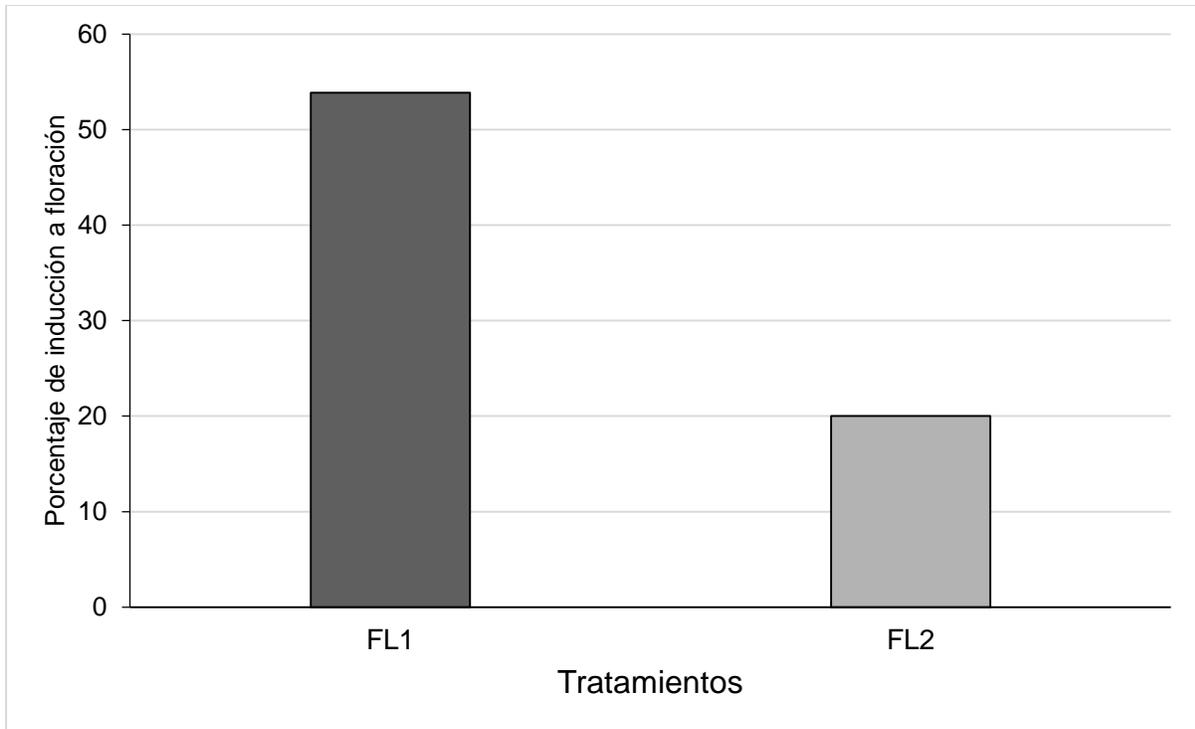


Figura 35. Porcentaje de inducción a floración de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C. **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Los resultados indicados en el Cuadro 39 muestran que las fuentes de luz analizadas, no tienen efecto sobre las variables de calidad del desarrollo floral. Aunque los análisis estadísticos no muestran diferencias significativas ($p \leq 0.05$), se observa que entre FL1 y FL2 hay una diferencia de 11 y de 2 días para apertura floral y vida de la flor respectivamente. Es decir con la FL1 se requieren más días para obtener apertura floral pero la senescencia de la flor se retrasa.

Cuadro 39. Efecto de la fuente de luz en la calidad del desarrollo floral de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.

	DA	VF	NF	LSS	LPP	LLab	ALab	LTF	DTF
	(cm)								
FL1	104.87 a	17.37 a	2.37 a	12.00 a	11.58 a	4.16 a	1.99 a	41.71 a	0.32 a
FL2	94.00 a	14.66 a	2.33 a	11.33 a	11.23 a	4.10 a	2.01 a	38.83 a	0.28 a
CV (%)	12.51	25.70	36.06	6.84	7.20	21.66	7.13	18.32	15.43

FL1= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2; **DA**= días a antesis; **VF**= vida de la flor; **NF**= número de flores por racimo; **LSS**= longitud de sépalo dorsal a sépalo lateral; **LPP**= longitud de pétalo derecho a pétalo izquierdo; **LLab**= largo del labelo; **ALab**= ancho del labelo; **LTF**= longitud del tallo floral; **DTF**= diámetro del tallo floral; **SI**= tratamiento sin inducción a floración.

Al analizar la correlación ($p \leq 0.05$) entre las variables de floración se encontró que DA se correlacionó con las variables LSS, LPP y LTF; esto indica que entre mayor sea el número de días a floración la flor tendrá mayor tamaño. Mientras que VF se correlacionó negativamente con NF y positivamente con LSS; es decir, el número de flores influye en los días de vida de la flor. En tanto que NF con DTF; es decir que el diámetro del tallo floral define el número de flores por racimo. LSS con LPP; indican que entre mayor sea la longitud de sépalo a sépalo mayor la longitud de pétalo a pétalo (Cuadro 40).

Cuadro 40. Correlación Pearson de la calidad del desarrollo floral de *L. anceps* subesp. *anceps*, con efecto de la fuente de luz con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.

		DA	VF	NF	LSS	LPP	LLab	ALab	LTF	DTF
DA	Correlación	1.00	0.38	0.38	0.64	0.59	0.02	0.13	0.85	0.26
	Valor P		0.23	0.24	0.03*	0.05*	0.93	0.70	0.0008*	0.43
VF	Correlación		1.00	-0.59	0.58	0.45	0.23	0.24	0.19	-0.21
	Valor P			0.05*	0.05*	0.16	0.48	0.47	0.57	0.53
NF	Correlación			1.00	-0.25	-0.17	0.01	-0.17	0.49	0.59
	Valor P				0.45	0.60	0.97	0.61	0.12	0.05*
LSS	Correlación				1.00	0.92	0.009	0.34	0.40	-0.26
	Valor P					<0.0001*	0.97	0.29	0.21	0.42
LPP	Correlación					1.00	-0.05	0.36	0.28	-0.30
	Valor P						0.86	0.27	0.40	0.35
LLab	Correlación						1.00	0.30	-0.15	0.21
	Valor P							0.36	0.65	0.53
ALab	Correlación							1.00	0.01	0.09
	Valor P								0.97	0.77
LTF	Correlación								1.00	0.29
	Valor P									0.38
DTF	Correlación									1.00
	Valor P									

DA= días a antesis; **VF**= vida de la flor; **NF**= número de flores por racimo; **LSS**= longitud de sépalo dorsal a sépalo lateral; **LPP**= longitud de pétalo derecho a pétalo izquierdo; **LLab**= largo del labelo; **ALab**= ancho del labelo; **LTF**= longitud del tallo floral; **DTF**= diámetro del tallo floral. *Diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Los resultados anteriores indican que las fuentes de luz no afectan la inducción a floración ni el desarrollo floral pero entre FL1 y FL2 hubo una diferencia de 11 y 2 días para apertura floral y vida de la flor respectivamente. Se encontró que entre mayor sea el número de días a floración la flor tendrá mayor tamaño; que el número de flores influye en los días de vida de la flor; que el diámetro del tallo floral define el número de flores por racimo; y que entre mayor sea la longitud de sépalo a sépalo mayor la longitud de pétalo a pétalo.

6.3.3. Análisis de concentración de reguladores de crecimiento

Ácido indol-3-acético (AIA)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

La Figura 36 muestra que, con excepción de la raíz, ambas fuentes de luz no afectan la concentración de AIA en la estructura anterior al brote inducido. Aunque en raíz en ambas fuentes de luz se encontró alta concentración de este regulador en FL1 fue 1.5 veces mayor a la registrada en FL2. En contraste en el muestreo inicial no se detectó al AIA en raíz.

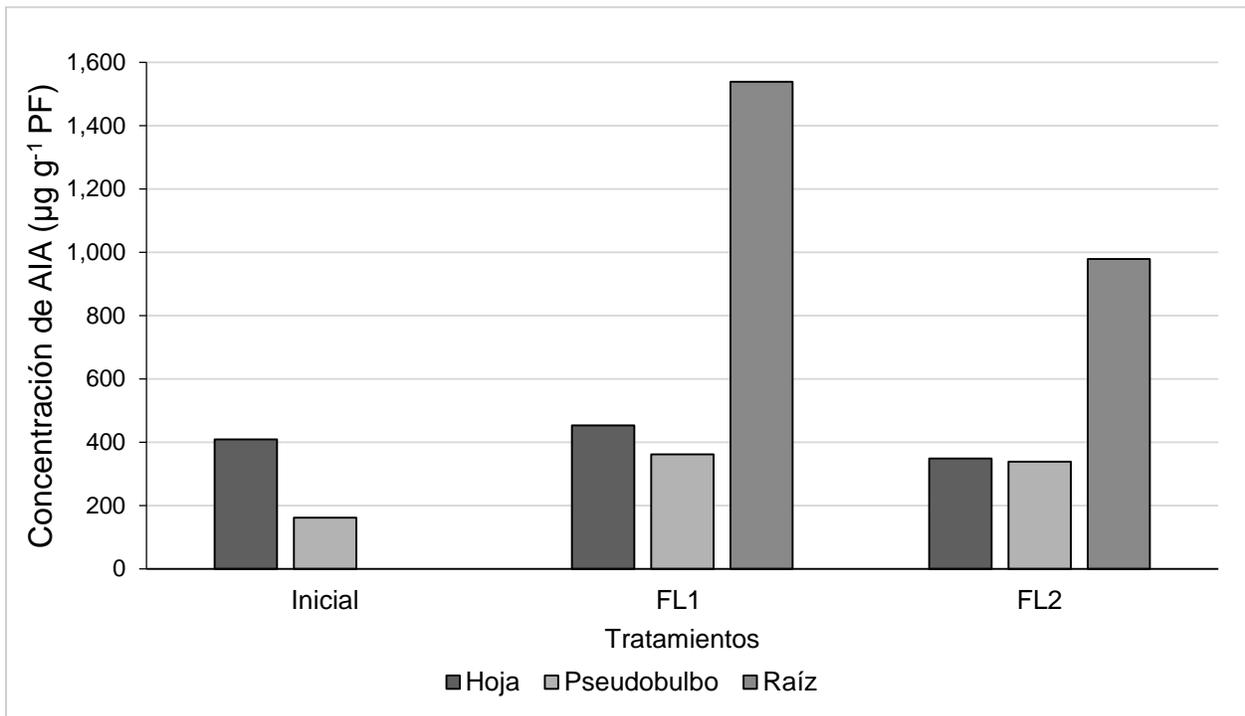


Figura 36. Concentración de ácido indol-3-acético (AIA) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C. Inicial= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

Tanto en los brotes del muestreo inicial como en los del después de la inducción floral se registró AIA bajo las fuentes de luz empleadas. Sin embargo se observaron diferencias entre estas fuentes; en la FL2 el pseudobulbo registró más del doble en concentración que el de la FL1 (Figura 37). Esto indica que bajo la FL2 se favorece la acumulación de AIA en el brote inducido a floración.

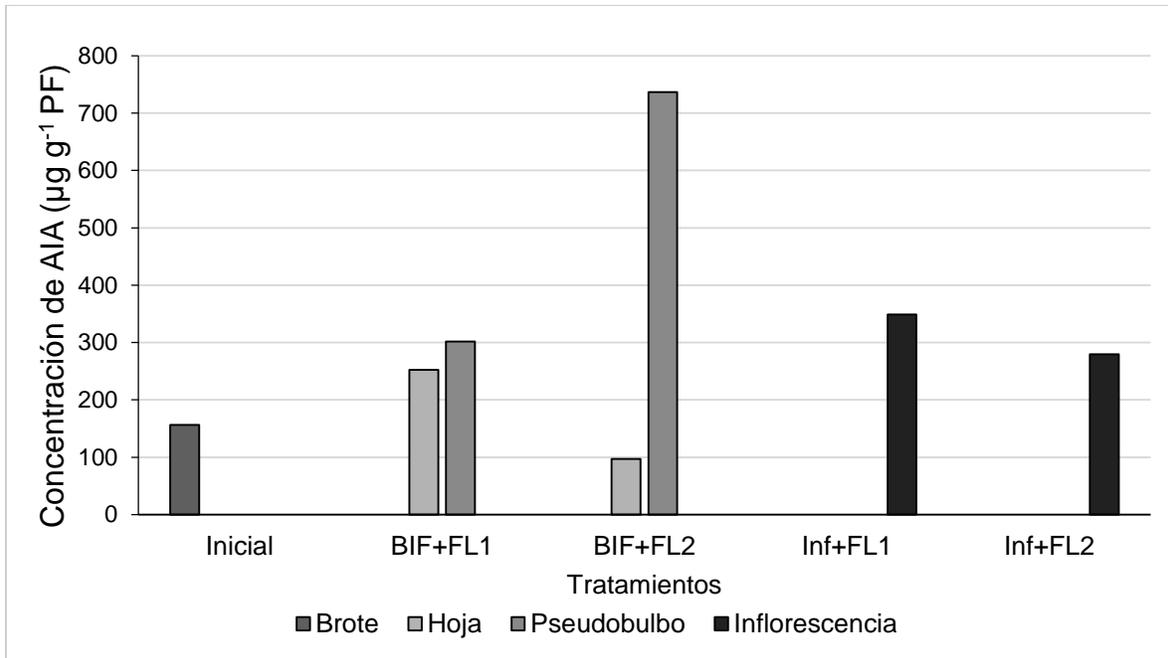


Figura 37. Concentración de ácido indol-3-acético (AIA) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **BIF**= brote con inducción floral; **Inf**= inflorescencia. **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Ácido indol-3-butírico (AIB)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

Los resultados indican que bajo las fuentes de luz empleadas se acumula AIB en todos los órganos de la planta; sin embargo, en FL1 la concentración de este regulador fue 2.4 veces mayor a la registrada en FL2 (Figura 38). Esto indica que bajo la FL1 se favorece la acumulación de AIB en la raíz.

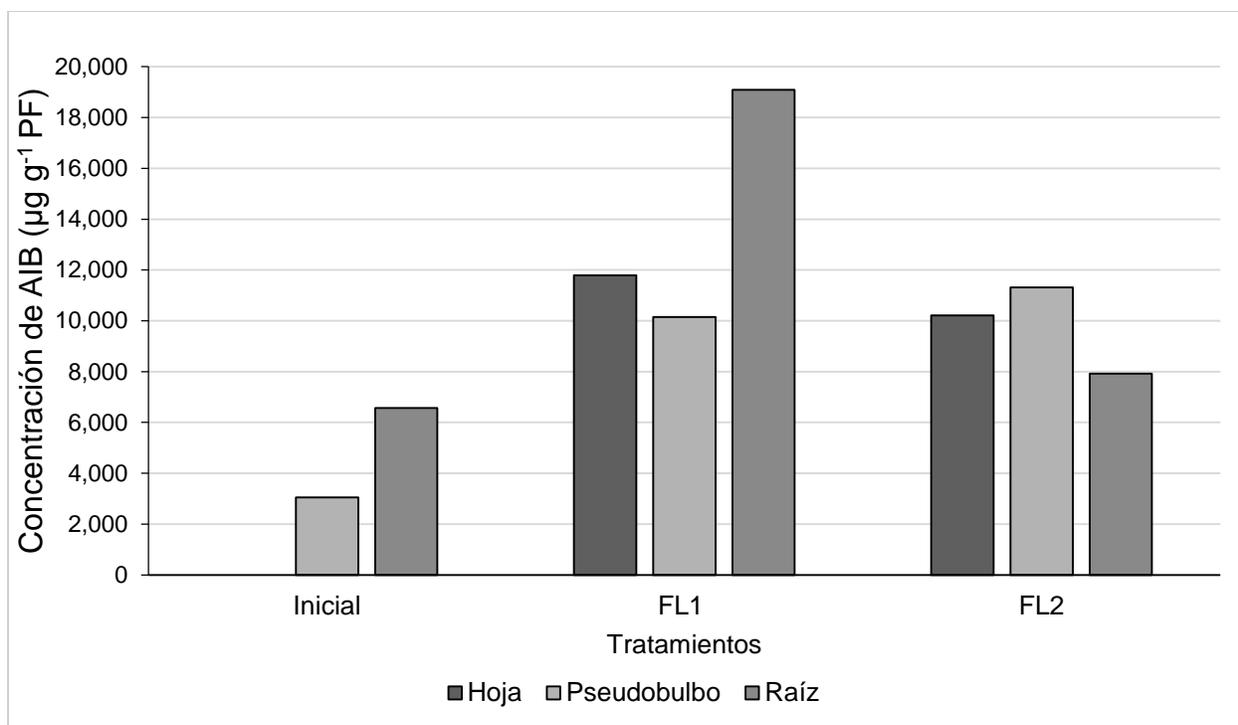


Figura 38. Concentración de ácido indol-3-butírico (AIB) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

La Figura 39 muestra diferencias en concentración de AIB en los órganos de las plantas bajo las fuentes de luz analizadas. Bajo FL1 no se detectó a este regulador ni en el pseudobulbo del brote ni en la inflorescencia. Sin embargo, en FL2 la concentración de AIB fue cinco veces más que la registrada en el brote del muestreo inicial. Estos resultados sugieren que la FL2 se favoreció la acumulación de AIB en el pseudobulbo del brote y en la inflorescencia.

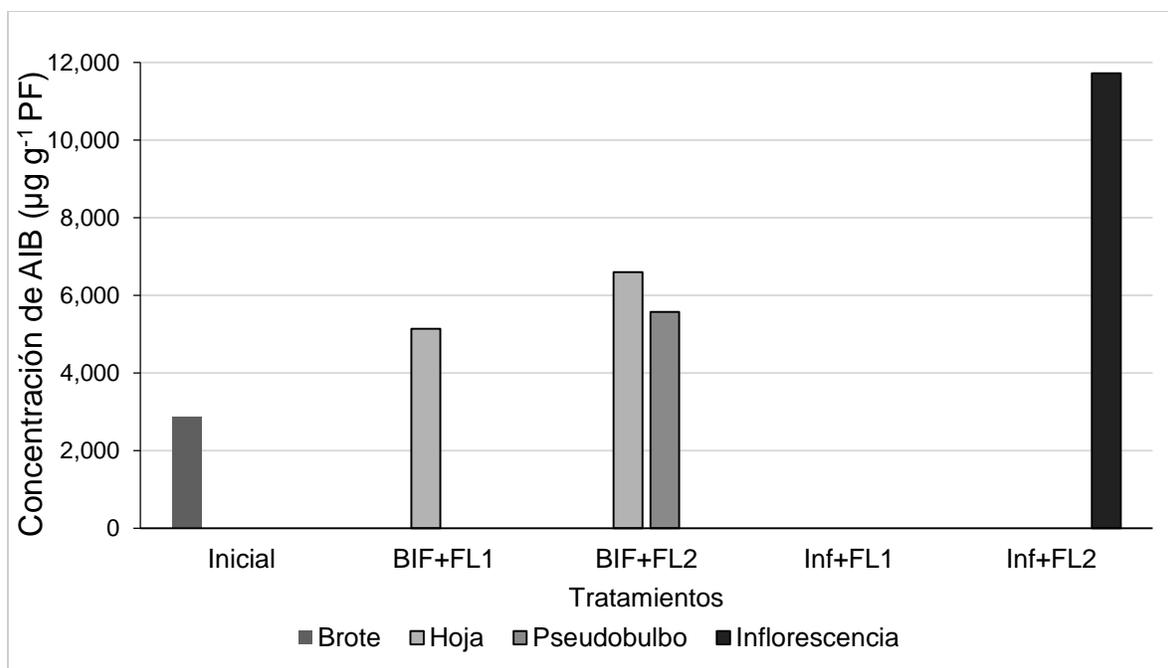


Figura 39. Concentración de ácido indol-3-butírico (AIB) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **BIF**= brote con inducción floral; **Inf**= inflorescencia **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Ácido giberélico (AG₃)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

En la Figura 40 se muestra que el AG₃ se encuentra presente en todas los órganos analizados, que la concentración de este regulador es similar bajo las dos fuentes de luz y entre las plantas del muestreo inicial y las después de la inducción floral. Estos resultados sugieren que las fuentes de luz no afectan la acumulación de AG₃ en la planta.

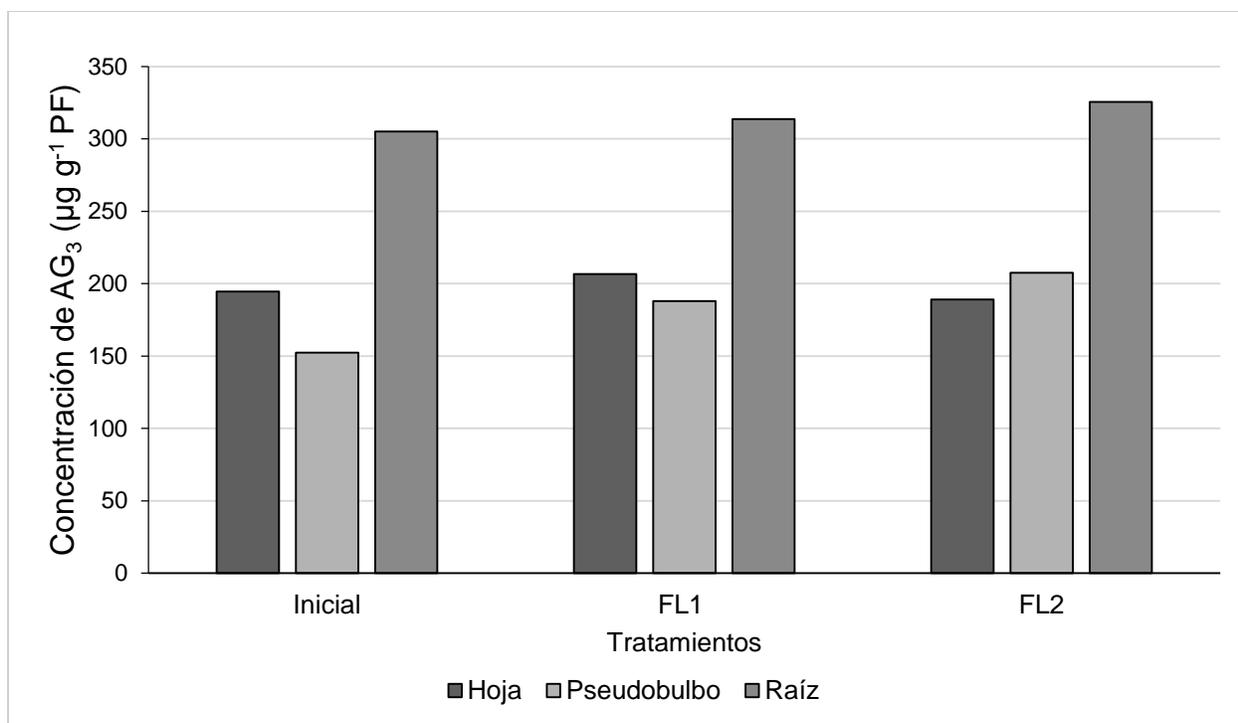


Figura 40. Concentración de ácido giberélico (AG_3) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

En la Figura 41 se muestra que el AG_3 se encuentra presente en todos los órganos analizados, que la concentración es similar bajo las dos fuentes de luz y entre los brotes del muestreo inicial y los de después de la inducción floral. Aunque en hoja bajo la FL2 se acumuló menor concentración (entre ambas fuentes hay una diferencia de 60 $\mu\text{g g}^{-1}$ de peso fresco), los resultados sugieren que las fuentes de luz no afectan la acumulación de AG_3 en los brotes inducidos a floración.

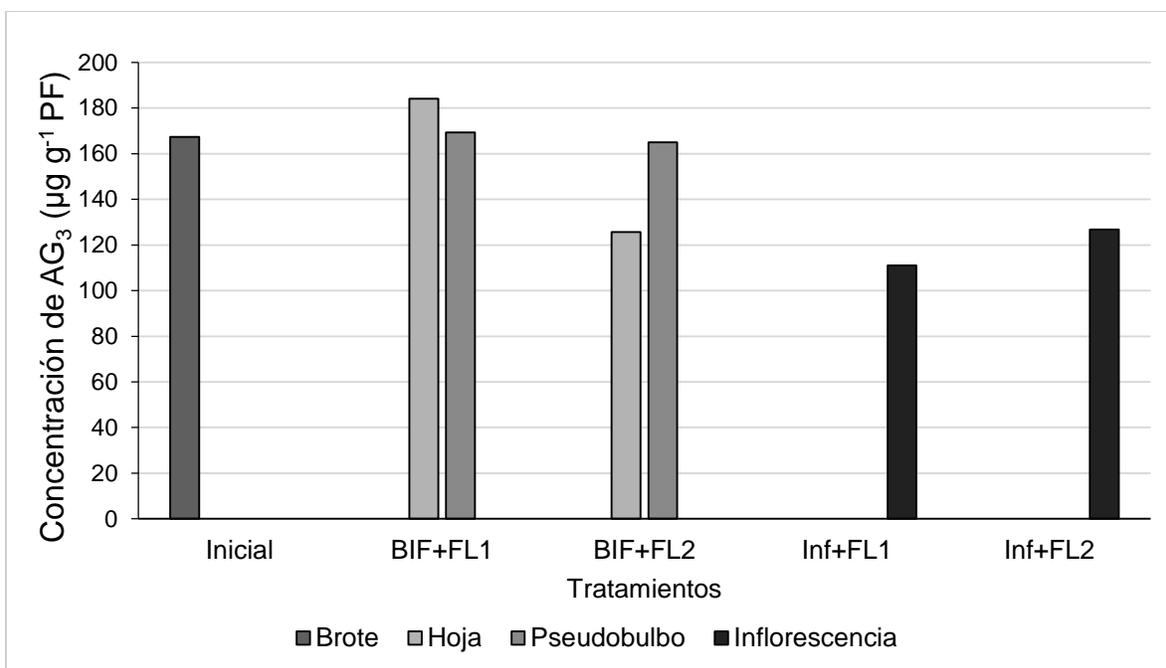


Figura 41. Concentración ácido giberélico (AG₃) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **BIF**= brote con inducción floral; **Inf**= inflorescencia **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Cinetina

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

En la Figura 42 se muestra con excepción del pseudobulbo en el muestreo inicial la cinetina se encontró tanto en el brote de inicio como en el brote después de la inducción floral. En el brote de inicio no se registró cinetina en el pseudobulbo. También que bajo FL1 y FL2 se acumulan concentraciones similares en las estructuras de la planta. Estos resultados sugieren que las fuentes de luz no afectan la concentración de cinetina en la planta. Por otra parte cabe señalar que en el brote con inducción floral no se detectó a la cinetina. Es posible que se tuviera una baja concentración de este regulador de tal forma que no fue posible detectarlo con la metodología empleada (no se presentan datos).

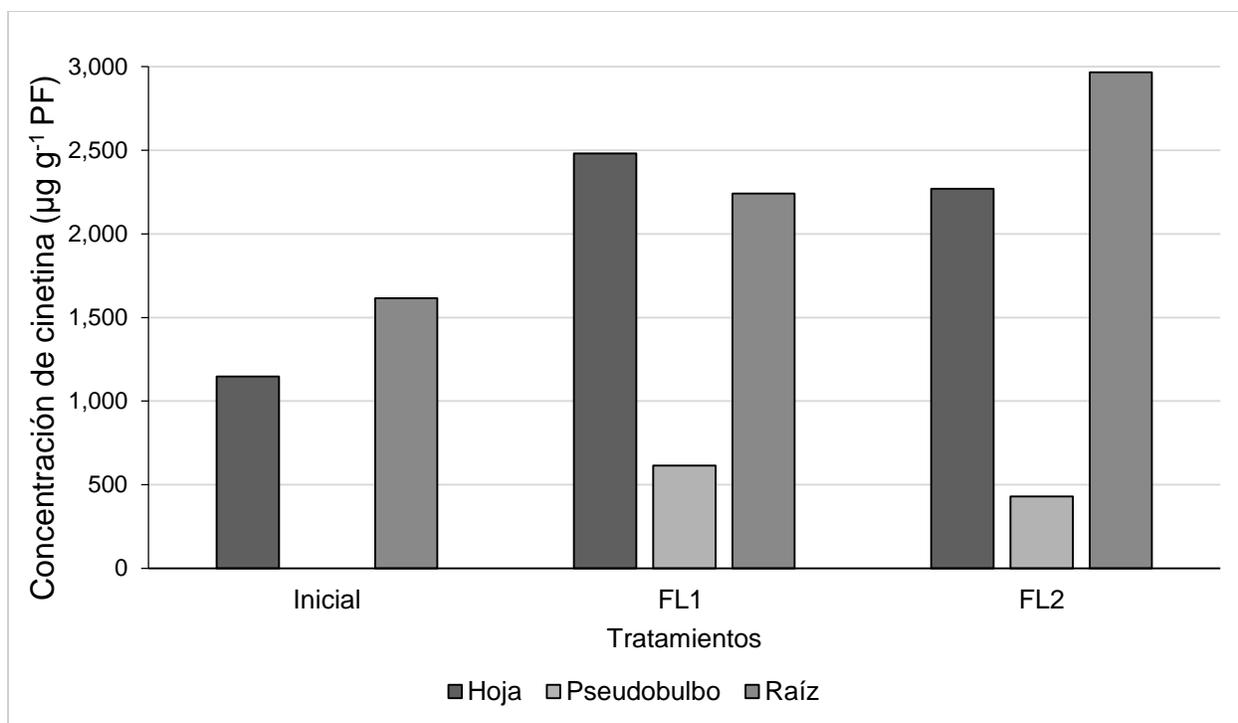


Figura 42. Concentración de cinetina en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

6-bencilaminopurina (BAP)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

En la Figura 43 se muestra con excepción del pseudobulbo en el muestreo inicial y en el de después de la inducción floral se encontró BAP en todas las estructuras de la planta. En los pseudobulbos no se registró a este regulador; sin embargo, bajo la FL1 se registró una alta concentración de BAP. Esto sugiere que la FL1 favorece la acumulación de BAP en pseudobulbo.

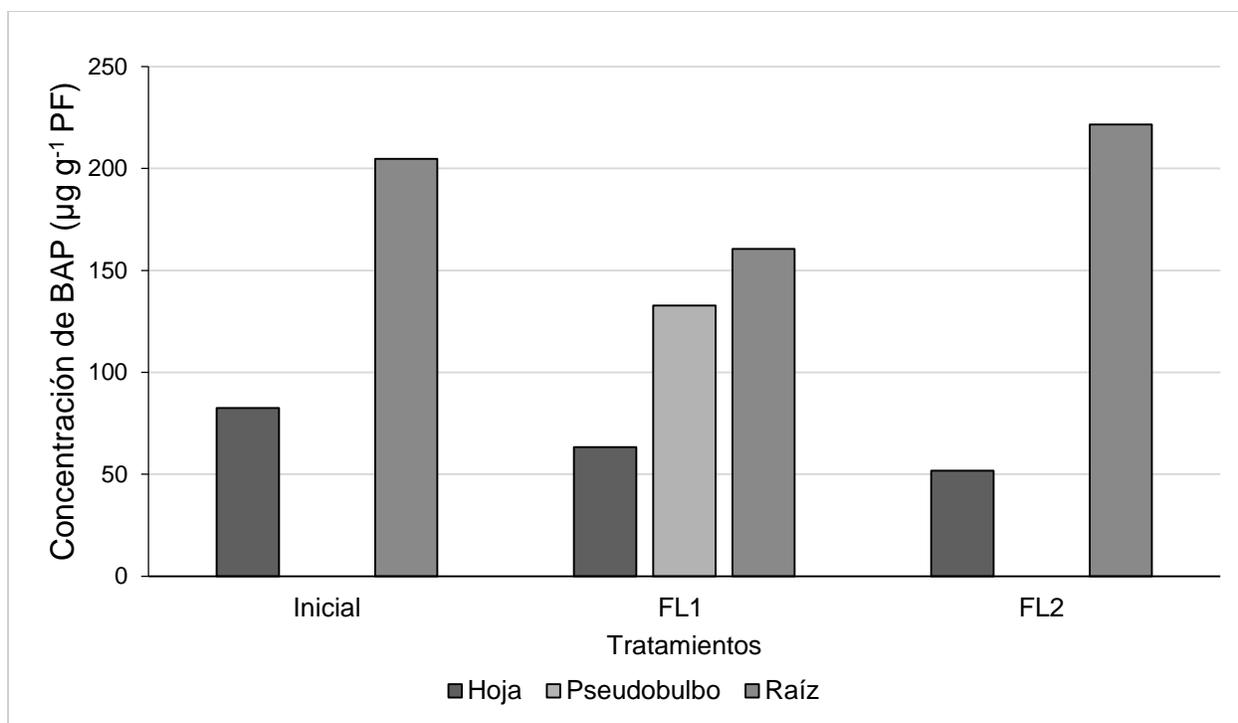


Figura 43. Concentración de 6-bencilaminopurina (BAP) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

En la Figura 44 se muestra que con excepción de la hoja e inflorescencia después de la inducción floral, se encontró BAP en todas las estructuras del brote. Bajo FL2 ni en hoja ni en inflorescencia se registró a este regulador. Aunque bajo FL1 y FL2 se detectó BAP en pseudobulbo, la concentración de este regulador en la segunda fuente fue aproximadamente 1.5 veces superior a la registrada en la primera. Lo anterior indica que FL2 tuvo efecto dual; mientras que en hoja e inflorescencia del brote afecta la acumulación de BAP la favorece en el pseudobulbo del brote.

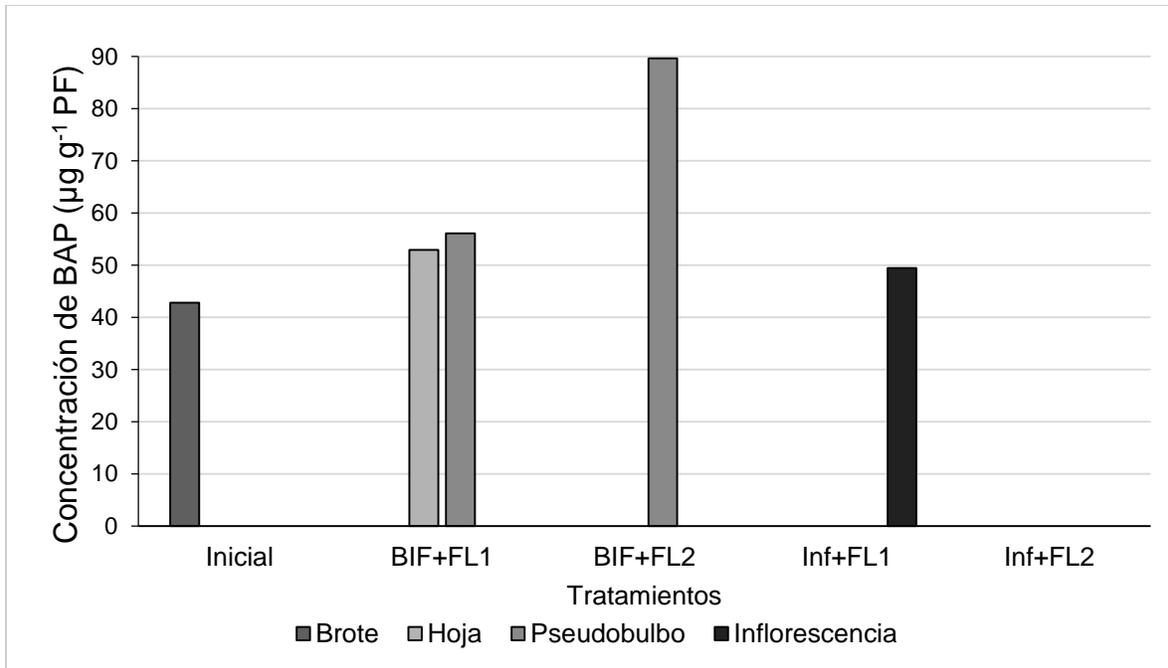


Figura 44. Concentración de 6-bencilaminopurina (BAP) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **BIF**= brote con inducción floral; **Inf**= inflorescencia **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Ácido abscísico (ABA)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

Aunque ABA se registró en todas las estructuras la planta se encontraron diferencias en su concentración entre ellas (Figura 45). En pseudobulbo la concentración de ABA fue 13 veces más alta en FL1 que la registrada en FL2. Estos resultados indican que FL1 favorece la acumulación de ABA en el pseudobulbo de la planta.

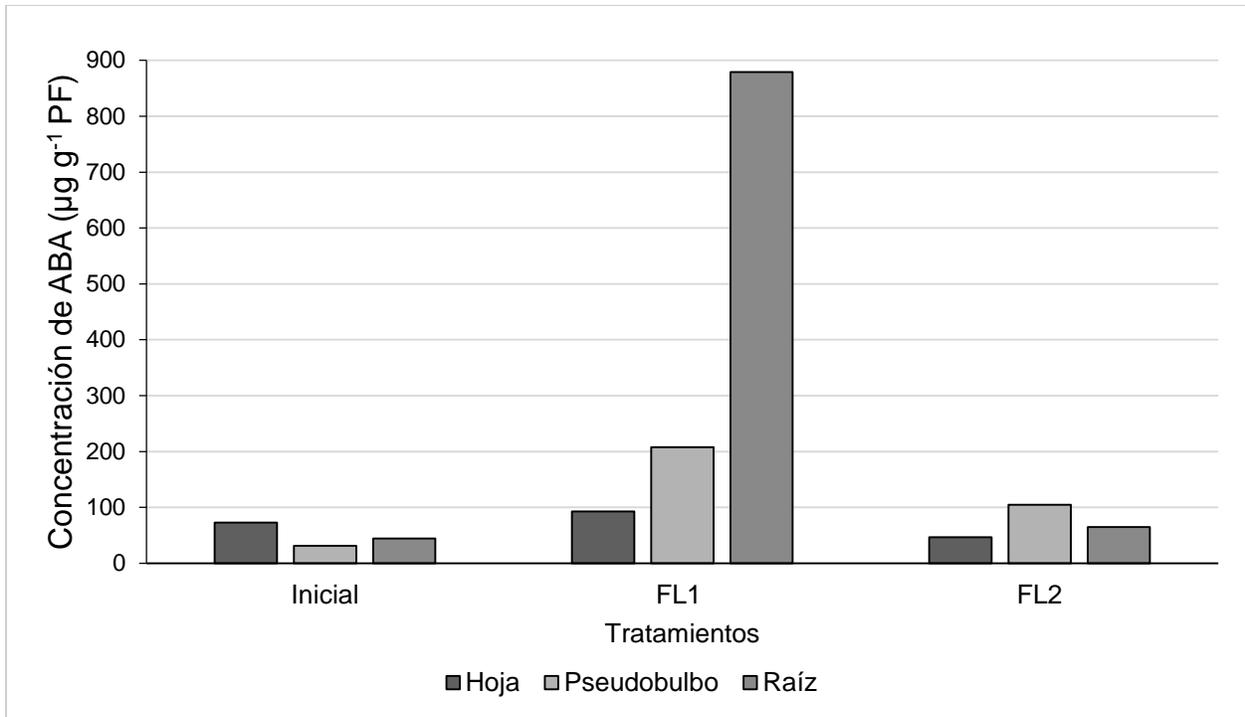


Figura 45. Concentración de ácido abscísico (ABA) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz , con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

Similarmente ABA se registró en todas las estructuras de los brotes pero se encontraron diferencias en su concentración entre ellas (Figura 46). En pseudobulbo e inflorescencia la concentración de ABA fue dos y cuatro veces más alta en FL1 que la registrada en FL2, respectivamente. Estos resultados indican que FL1 favorece la acumulación de ABA en el pseudobulbo e inflorescencia del brote inducido a floración.

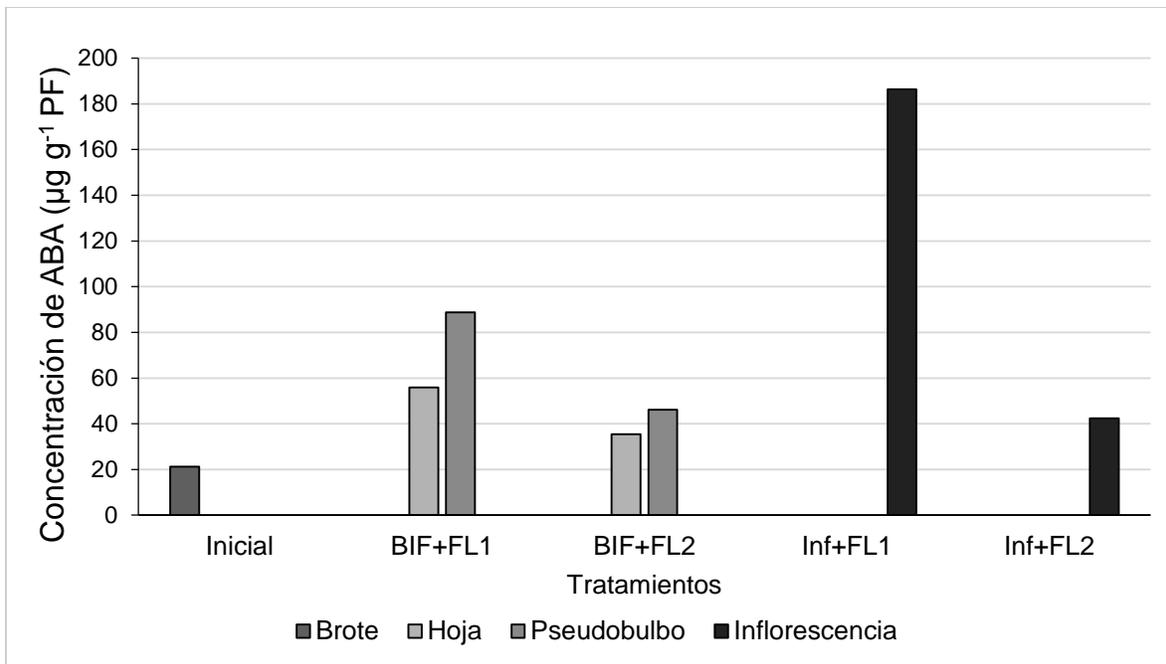


Figura 46. Concentración ácido abscísico (ABA) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **BIF**= brote con inducción floral; **Inf**= inflorescencia; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Tomando en su conjunto los resultados anteriores se tiene que con fotoperíodo de 12 h y 13 °C de temperatura nocturna, FL1 y FL2 tuvieron efecto en la concentración de los reguladores de crecimiento, efecto que fue dependiente del regulador y del órgano en estudio. Mientras que las concentraciones de AG₃ y de cinetina fueron similares bajo estas fuentes de luz a diferencia de las del resto de los reguladores cuyas concentraciones se encontraron diferentes. En general, en FL1 el pseudobulbo del brote y la inflorescencia acumularon concentraciones de ABA que fueron de dos a cuatro veces superiores a las registradas bajo la FL2. En tanto que en FL2 el pseudobulbo del brote acumuló 1.5 veces más BAP que en FL1. Por otro lado se encontró que FL1 afectó negativamente la acumulación de AIB en el pseudobulbo y en la inflorescencia del brote: Similarmente la FL2 tuvo efecto negativo en la acumulación de BAP en la hoja e inflorescencia del brote.

6.3.4. Análisis de concentración nutrimental

Los análisis de N, P, K, Ca, Mg y S mostraron que hay efecto significativo ($p \leq 0.05$) de la fuente de luz, efecto que fue dependiente del órgano vegetal (Cuadros 41, 42 y 43).

Macronutrientos

Hoja

Los resultados indicados en el Cuadro 41 muestran que la fuente de luz tuvo efecto diferencial en la concentración de macronutrientos en hoja. Con excepción del K, la fuente de luz no afectó la concentración de macronutrientos. Sin embargo la FL2 solo tuvo efecto en la concentración de K en este órgano vegetal.

Cuadro 41. Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de macronutrientos (g kg^{-1}) en hojas de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	S
Inicio	10.96 a	0.60 a	3.91 a	8.54 a	3.99 b	1.54 a
FL1	9.56 b	0.68 a	4.02 a	10.01 a	5.33 a	1.41 a
FL2	9.80 ab	0.68 a	2.86 b	9.62 a	4.47 ab	1.43 a
CV (%)	5.16	10.68	10.34	10.19	9.10	18.14

FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Pseudobulbo

En pseudobulbo la fuente de luz afectó de manera diferencial ($p \leq 0.05$) la concentración de macronutrientos (Cuadro 42). Con excepción del N, Ca y Mg, la FL1 afectó la concentración de macronutrientos. Bajo la FL1 la concentración de P en pseudobulbo fue casi la mitad y la de K más de la mitad de la registrada en la FL2; en tanto que la concentración de S fue 1.3 veces menor; es decir, la FL1 afecta negativamente la concentración de P, K y S en pseudobulbo.

Cuadro 42. Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de macronutrientos (g kg^{-1}) en pseudobulbos de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	S
Inicio	6.06 a	1.16 a	1.83 a	5.29 a	4.99 b	1.59 b
FL1	4.90 a	0.66 c	0.75 b	4.16 b	5.61 ab	1.69 b
FL2	5.83 a	1.03 b	1.74 a	4.49 b	6.11 a	2.22 a
CV (%)	22.43	4.89	3.73	2.95	5.77	4.88

FL1= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Raíz

Los resultados indicados en el Cuadro 43 muestran que las fuentes de luz, con excepción del N y Ca, tuvieron efecto significativo ($p \leq 0.05$) en la concentración de macronutrientos en raíz. La concentración de N y de Ca no se vieron afectadas por las fuentes de luz, pero sí las de P, K, Mg y S. En la FL1 las concentraciones de P, K, Mg y S fueron menores a las registradas en la FL2. Es decir, la FL1 afecta negativamente la concentración de P, K, Mg y S en raíz.

Cuadro 43. Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de macronutrientos (g kg^{-1}) en raíz de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	S
Inicio	8.86 a	1.27 b	0.73 b	2.92 a	3.28 b	1.50 b
FL1	8.86 a	0.93 c	0.70 b	2.65 a	2.08 c	1.10 c
FL2	9.10 a	1.86 a	0.86 a	3.57 a	3.73 a	2.10 a
CV (%)	7.37	4.15	5.12	12.76	5.19	8.32

FL1= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Los resultados anteriores indican que la fuente de luz tuvo efecto diferencial ($p \leq 0.05$) en la concentración de macronutrientos en los órganos de la planta. En hoja, FL2 afectó la concentración de K. En contraste, FL1 afectó negativamente la concentración de P, K y S en pseudobulbo y raíz y la de Mg en raíz. Ambas fuentes de luz no afectaron la concentración de N y Ca.

Micronutrientos

Las fuentes de luz tuvieron efecto significativo ($p \leq 0.05$) en la concentración de Zn, Mn y B., efecto que fue dependiente del órgano vegetal (Cuadros 44, 45 y 46).

Hoja

Los resultados indicados en el Cuadro 44 muestran que la fuente de luz tuvo efecto diferencial ($p \leq 0.05$) en la concentración de micronutrientos en hoja. Con la FL1 la concentración de Zn y con la FL2 la de Mn fueron 1.3 y 2.1 veces, respectivamente, superiores a las registradas en hoja del muestreo inicial. En tanto la fuente de luz solo afectó la concentración de Zn. Con FL2 se registró 1.6 veces menor concentración de Zn respecto a FL1. Es decir, la FL2 afectó negativamente la concentración de Zn en hoja.

Cuadro 44. Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la concentración de micronutrientos (mg kg^{-1}) en hojas de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Tratamiento	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Inicio	59.58 a	2.21 a	9.05 b	49.14 b	38.73 a
FL1	106.95 a	2.30 a	12.66 a	94.53 a	21.79 b
FL2	100.06 a	1.85 a	7.70 b	103.46 a	25.36 b
CV (%)	25.10	20.02	11.62	5.72	15.53

FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Pseudobulbo

Los resultados indicados en el Cuadro 45 muestran que en pseudobulbo las fuentes de luz tuvieron efecto significativo ($p \leq 0.05$) en la concentración de Zn y B. Bajo la FL2 la concentración de Zn y la de B fue casi el doble y más del doble, respectivamente, de la registrada en la FL1. Lo anterior indica que la FL2 tuvo efecto negativo en la concentración de Zn y B en pseudobulbo

Cuadro 45. Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la concentración de micronutrientes (mg kg^{-1}) en pseudobulbo de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Tratamiento	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Inicio	103.28 a	3.75 a	16.77 b	9.34 a	40.34 a
FL1	166.14 a	2.50 a	22.85 a	8.43 a	35.17 a
FL2	101.93 a	3.73 a	19.10 b	9.47 a	13.65 b
CV (%)	72.38	20.65	6.98	7.22	16.50

FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Raíz

El Cuadro 46 indica que las fuentes de luz empleadas solo tuvieron efecto significativo ($p \leq 0.05$) en la concentración de Mn en raíz. Cabe señalar que en la FL2 se encontró el Mn en alta concentración (2.2 veces más) en comparación con las registradas en la raíz del muestreo inicial. Sin embargo con la FL1 la concentración de Mn se redujo 2.3 veces con respecto a la registrada en la FL2. Los resultados sugieren que la FL1 tiene efecto negativo en la concentración de Mn en la raíz.

El análisis de los micronutrientes muestra que la FL2 tiene efecto negativo en la concentración de Zn en hoja y pseudobulbo y de B en pseudobulbo, en contraste con la FL1, la cual tuvo efecto negativo en la concentración de Mn.

Cuadro 46. Efecto de diferentes fuentes de luz y condiciones de floración previa en la concentración de micronutrientos (mg kg⁻¹) en raíz de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Tratamiento	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Inicio	176.41 a	13.80 a	32.58 a	11.23 b	36.59 a
FL1	230.91 a	7.72 b	29.43 ab	9.27 b	23.84 a
FL2	174.56 a	8.09 b	27.12 b	25.80 a	17.97 a
CV (%)	18.16	5.38	6.93	7.31	38.53

FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Análisis de contrastes en la concentración de macro y micronutrientos

El análisis de contrastes muestra diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la concentración de macronutrientos en hoja, pseudobulbo y raíz, entre la condición inicial y la condición después de la inducción floral (Cuadro 47). En hoja se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) significativas en la concentración de N y Mg. Bajo las condiciones probadas no se registraron diferencias en la concentración de P, K, Ca y S. Mientras que en pseudobulbo con excepción de N se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) significativas en la concentración de P, K, Ca, Mg y S. En estas condiciones la concentración de N no registró diferencias. En raíz solo se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) significativas en la concentración de P y Mg. En estas condiciones la concentración de N, K, Ca y S no registraron diferencias.

Cuadro 47. Contraste de la concentración de macronutrientos (g kg⁻¹), entre el muestreo inicial y durante la inducción a floración, en hoja, pseudobulbo y raíz, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 °C.

Órgano	N	P	K	Ca	Mg	S
Hoja	0.01*	0.14	0.05	0.10	0.02*	0.54
Pseudobulbo	0.46	<0.0001*	<0.0001*	<0.0001*	0.008*	0.001*
Raíz	0.81	0.02*	0.12	0.51	0.01*	0.30

*Diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Por otra parte, el análisis de contrastes muestra diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la concentración de micronutrientes en hoja, pseudobulbo y raíz, entre la condición inicial y la condición después de la inducción floral (Cuadro 48). En hoja las diferencias en concentración se registraron solo para Mn y B; las de Fe, Cu y Zn fueron iguales. Mientras que en pseudobulbo las diferencias en concentración fueron solo para Zn y B; las de Fe, Cu y Mn fueron iguales. En tanto que en raíz las diferencias en concentración fueron para Cu, Zn y Mn.

Cuadro 48. Contraste de la concentración de micronutrientes (mg kg^{-1}), entre el muestreo inicial y durante la inducción a floración, en hoja, pseudobulbo y raíz, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h de temperatura nocturna de 13 °C.

Órgano	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Hoja	0.03	0.66	0.21	<0.0001*	0.002*
Pseudobulbo	0.64	0.23	0.004*	0.43	0.003*
Raíz	0.33	<0.0001*	0.02*	0.0002*	0.07

*Diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Las fuentes de luz no afectan las variables de crecimiento vegetativo ni las del tamaño del brote inducido a floración. FL1 y FL2 afectaron el tamaño del brote no inducido; en FL1 el diámetro del pseudobulbo fue mayor que en la FL2. Tampoco afectaron la inducción a floración ni el desarrollo floral. Entre FL1 y FL2 hubo una diferencia de 11 y 2 d para apertura floral y vida de la flor, respectivamente. Se encontró correlación entre las variables de floración. La luz no afectó la concentración de AIA en la estructura anterior al brote inducido. Con FL1, en raíz la concentración de AIA fue 1.5 veces mayor; se favoreció la acumulación de AIB en la raíz, la de BAP y ABA en pseudobulbo, y la de ABA en el pseudobulbo e inflorescencia del brote inducido a floración. Pero esta fuente afectó negativamente la concentración de P, K y S en pseudobulbo y raíz y la de Mg en raíz. Con FL2 se favoreció la acumulación de AIA en el brote inducido a floración y la de AIB en el pseudobulbo del brote y en la inflorescencia y se tuvo efecto diferencial en la acumulación de BAP. Esta fuente afectó la concentración de K en los órganos de la planta; la de Zn en hoja y pseudobulbo; y la

de B en pseudobulbo. Con ambas fuentes de luz no se afectó la acumulación de AG_3 y cinetina ni la concentración de N y Ca en la planta.

6.4. ETAPA 4: FUENTES DE LUZ CON FOTOPERÍODO 12 h Y TEMPERATURA NOCTURNA 17 °C

6.4.1. Análisis de variables de crecimiento vegetativo

Los resultados registrados de las variables de incremento en el crecimiento vegetativo indicaron que la fuente de luz no afectó a estos indicadores. Aunque no se registraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las fuentes de luz, bajo la FL1 los valores fueron un poco más altos respecto a los de la FL2 (Cuadro 49). Los resultados anteriores sugieren que las fuentes de luz no afectan las variables de incremento en el crecimiento vegetativo.

Cuadro 49. Efecto de diferentes fuentes de luz en el crecimiento vegetativo de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.

Tratamiento	IAP (cm)	INH	INPsb	NTBr
FL1	2.61 a	1.80 a	1.50 a	1.80 a
FL2	2.01 a	1.40 a	1.30 a	1.70 a
CV (%)	105.10	41.66	43.25	37.37

FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2; IAP= incremento en altura de planta; INH= incremento en número de hojas; INPsb= incremento en número de pseudobulbos; NTBr= número total de brotes. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

En el Cuadro 50 se muestra que las fuentes de luz no afectaron significativamente ($p \leq 0.05$) el tamaño del brote no inducido a floración. En contraste, FL1 y FL2 afectaron significativamente ($p \leq 0.05$) el tamaño del brote inducido. En la FL1 el diámetro del pseudobulbo fue superior al del pseudobulbo en la FL2. Los resultados anteriores sugieren que las fuentes de luz no afectan las variables de incremento en el crecimiento vegetativo ni las del tamaño del brote no inducido a floración. Sin embargo, FL1 y FL2 afectan el tamaño del brote inducido; en FL1 el diámetro del pseudobulbo es mayor que en la FL2.

Cuadro 50. Efecto de diferentes fuentes de luz en el tamaño del brote inducido y no inducido a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.

Tratamiento	Brote inducido (cm)			Brote no inducido (cm)		
	DPsb	LPsb	LHBr	DPsb	LPsb	LHBr
FL1	1.74 a	8.28 a	18.05 a	1.56 a	7.57 a	16.10 a
FL2	1.65 a	5.25 b	16.05 a	1.32 a	8.22 a	18.16 a
CV (%)	5.41	29.41	27.29	20.40	24.51	16.35

FL1= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2; **DPsb**= diámetro del pseudobulbo del brote; **LPsb**= longitud del pseudobulbo del brote; **LHBr**= longitud de la hoja del brote. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

6.4.2. Análisis de la calidad del desarrollo floral

El análisis de regresión logística mostró que las condiciones de luz no influyeron en la inducción a floración ($p=0.07$). Sin embargo con la FL1 se registró más de 34% de inducción floral con relación a lo obtenido en la FL2 (Figura 47).

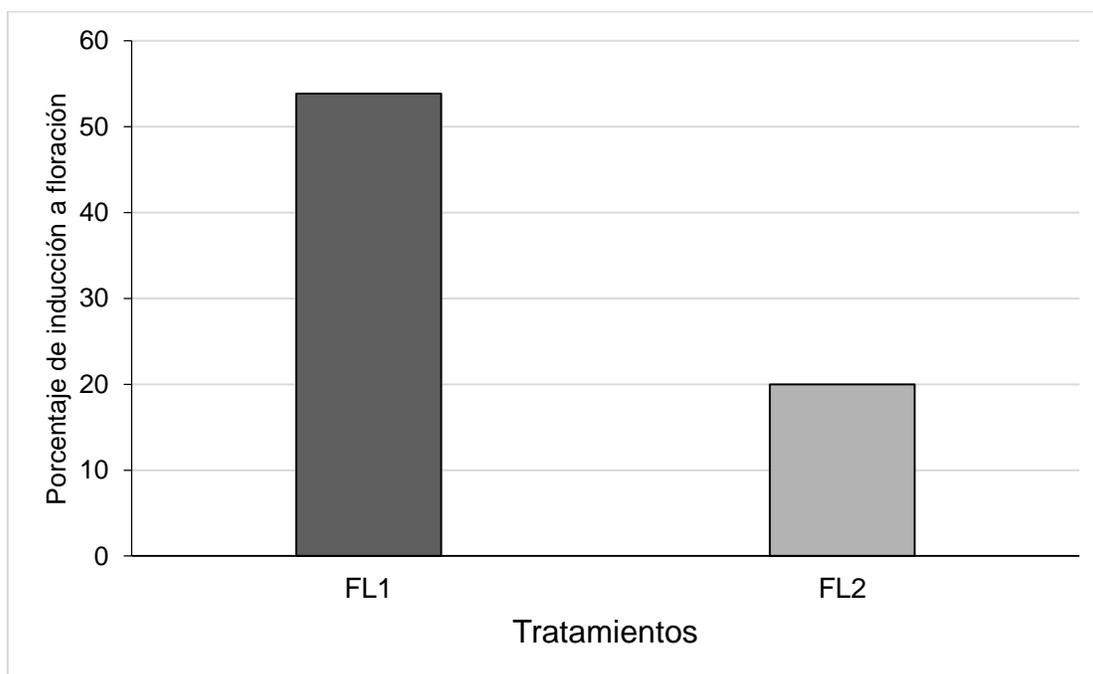


Figura 47. Porcentaje de inducción a floración de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.

FL1= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Las plantas con inducción floral en la FL2 fueron insuficientes para el análisis de las variables de floración, por lo que para éste grupo de variables sólo se presentan los promedios obtenidos en la condición FL1 (Cuadro 51).

Al comparar los datos registrados en las plantas de la Etapa 3, se observa que en esta etapa, se redujo 44% el tiempo para antesis pero también se redujo 3 días la vida de la flor y 29% la longitud del tallo floral.

Cuadro 51. Efecto de diferentes fuentes de luz en la calidad del desarrollo floral de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.

	DA	VF	NF	LSS	LPP	LLab	ALab	LTF	DTF
	(cm)								
FL1	59.00	14.75	1.75	11.53	11.33	4.50	2.14	29.98	0.39
FL2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

FL1= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2; **DA**= días a antesis; **VF**= vida de la flor; **NF**= número de flores por racimo; **LSS**= longitud de sépalo dorsal a sépalo lateral; **LPP**= longitud de pétalo derecho a pétalo izquierdo; **LLab**= largo del labelo; **ALab**= ancho del labelo; **LTF**= longitud del tallo floral; **DTF**= diámetro del tallo floral; **SI**= tratamiento sin inducción a floración.

Al analizar la correlación ($p \leq 0.05$) entre las variables de floración se encontró que LSS se correlacionó con la variable LPP; esto indica que entre mayor sea la longitud de sépalo a sépalo mayor será la de pétalo a pétalo. En tanto que LPP con LLab; es decir que entre mayor sea la longitud de pétalo a pétalo mayor será el largo del labelo (Cuadro 52).

Cuadro 52. Correlación Pearson de la calidad del desarrollo floral de *L. anceps* subesp. *anceps*, con efecto de diferentes fuentes de luz con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.

		DA	VF	NF	LSS	LPP	LLab	ALab	LTF	DTF
DA	Correlación	1.00	-0.62	-0.25	-0.93	-0.93	-0.87	-0.92	0.39	0.40
	Valor P		0.37	0.74	0.06	0.06	0.12	0.07	0.60	0.59
VF	Correlación		1.00	0.91	0.81	0.63	0.36	0.28	0.45	0.11
	Valor P			0.08	0.18	0.36	0.63	0.71	0.54	0.88
NF	Correlación			1.00	0.52	0.30	0.00	-1.25	0.76	0.35
	Valor P				0.47	0.69	1.00	0.87	0.23	0.64
LSS	Correlación				1.00	0.96	0.83	0.76	-0.07	-0.7
	Valor P					0.03*	0.16	0.23	0.92	0.92
LPP	Correlación					1.00	0.95	0.86	-0.24	-0.059
	Valor P						0.04*	0.13	0.75	0.94
LLab	Correlación						1.00	0.93	-0.48	-0.12
	Valor P							0.06	0.51	0.87
ALab	Correlación							1.00	-0.69	-0.47
	Valor P								0.30	0.52
LTF	Correlación								1.00	0.71
	Valor P									0.28
DTF	Correlación									1.00
	Valor P									

DA= días a antesis; **VF**= vida de la flor; **NF**= número de flores por racimo; **LSS**= longitud de sépalo dorsal a sépalo lateral; **LPP**= longitud de pétalo derecho a pétalo izquierdo; **LLab**= largo del labelo; **ALab**= ancho del labelo; **LTF**= longitud del tallo floral; **DTF**= diámetro del tallo floral. *Diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Los resultados anteriores indican que las fuentes de luz no afectan la inducción a floración. En esta etapa la calidad del desarrollo floral en FL1 fue diferente a la de la Etapa 3. Se encontró que entre mayor sea la longitud de sépalo a sépalo mayor será la de pétalo a pétalo; y que entre mayor sea la longitud de pétalo a pétalo mayor será el largo del labelo.

6.4.3. Análisis de concentración de reguladores de crecimiento

Ácido indol-3-acético (AIA)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

La Figura 48 muestra que se detectó AIA en todos los órganos vegetales tanto en las plantas del muestreo inicial como en las de después de la inducción floral. Cabe destacar que en las plantas del muestreo inicial la mayor concentración de este regulador se registró en la raíz. Además se encontraron diferencias entre las fuentes de luz. Bajo la FL2 la concentración de AIA en hoja y pseudobulbo fue tres y 17 veces mayor que en las plantas de la FL1, respectivamente. Mientras que en raíz la concentración del AIA fue similar en ambas fuentes de luz. Los resultados anteriores sugieren que la FL2 favorece la acumulación de AIA en hoja y pseudobulbo de la planta.

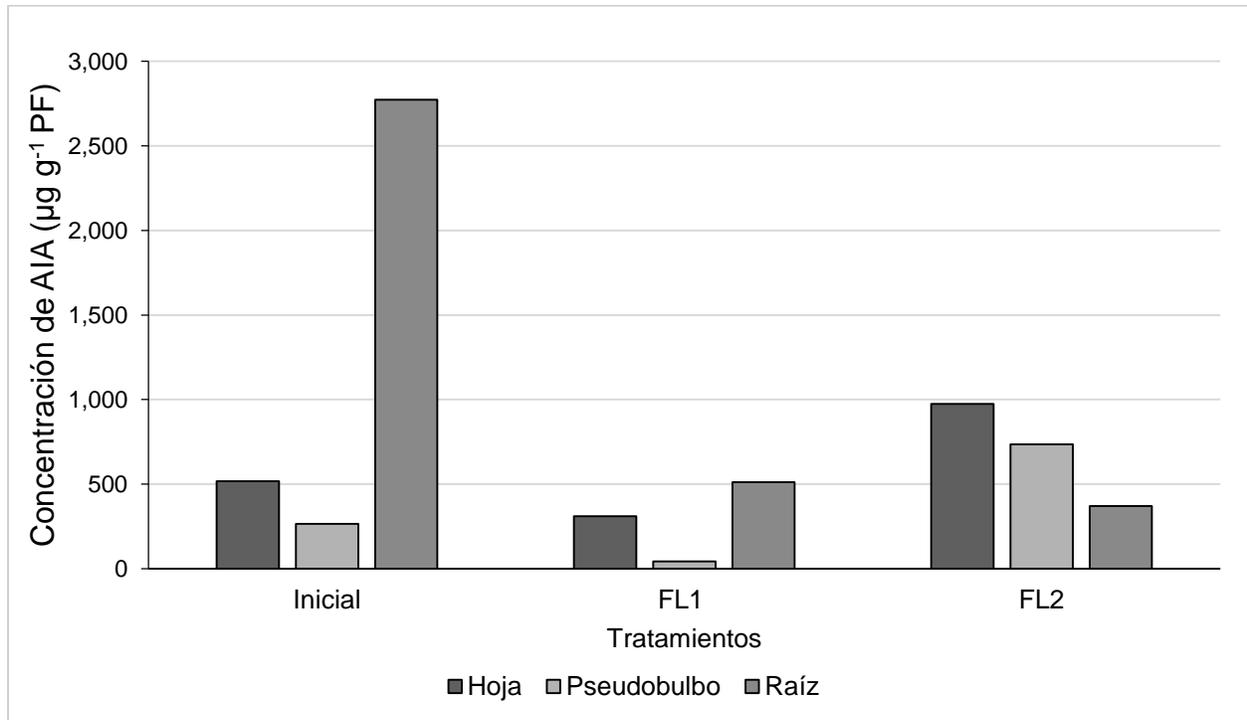


Figura 48. Concentración de ácido indol-3-acético (AIA) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

Se registró al regulador AIA en el muestreo inicial y en los de después de la inducción floral bajo las fuentes de luz empleadas. Sin embargo, se observaron diferencias entre estas fuentes; en la FL1 se registraron las mayores concentraciones de este regulador respecto a las registradas en la FL2. Mientras que en la FL2 no se detectó a este regulador en hoja, en la FL2 sí; en tanto que en la FL1 la concentración en pseudobulbo e inflorescencia fue casi el doble y más del doble que la registrada en la FL2 (Figura 49). Los anterior sugiere que la FL1 favorece la acumulación de AIA en el brote inducido a floración.

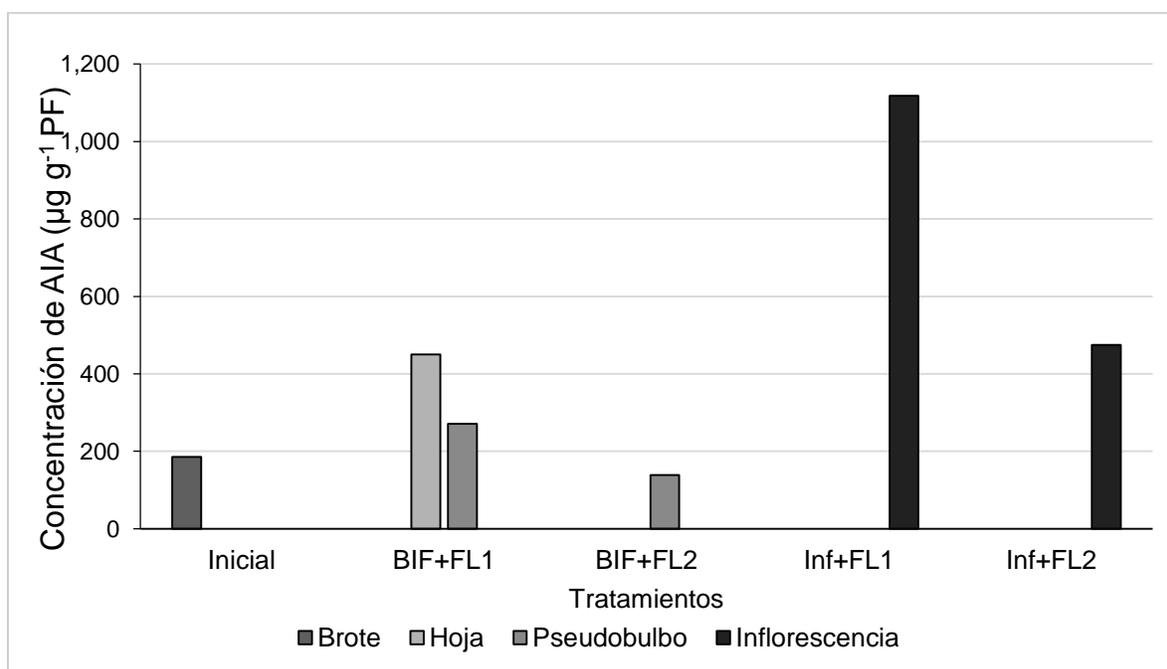


Figura 49. Concentración de ácido indol-3-acético (AIA) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **BIF**= brote con inducción floral; **Inf**= inflorescencia. **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Ácido indol-3-butírico (AIB)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

Los resultados de la Figura 50 indican que hubo diferencias en la concentración de AIB de las plantas del muestreo inicial y la registrada después de la inducción floral. En el muestreo inicial se registró AIB en todos los órganos de la planta. Mientras que en la FL1 no se registró en hoja, en la FL2 ni en hoja ni pseudobulbo. Cabe señalar que la concentración de este regulador en raíz fue similar bajo ambas fuentes de luz. Los

resultados anteriores sugieren que la FL1 tiene efecto negativo en la concentración de AIB en hoja y la FL2 en la de hoja y pseudobulbo de la planta.

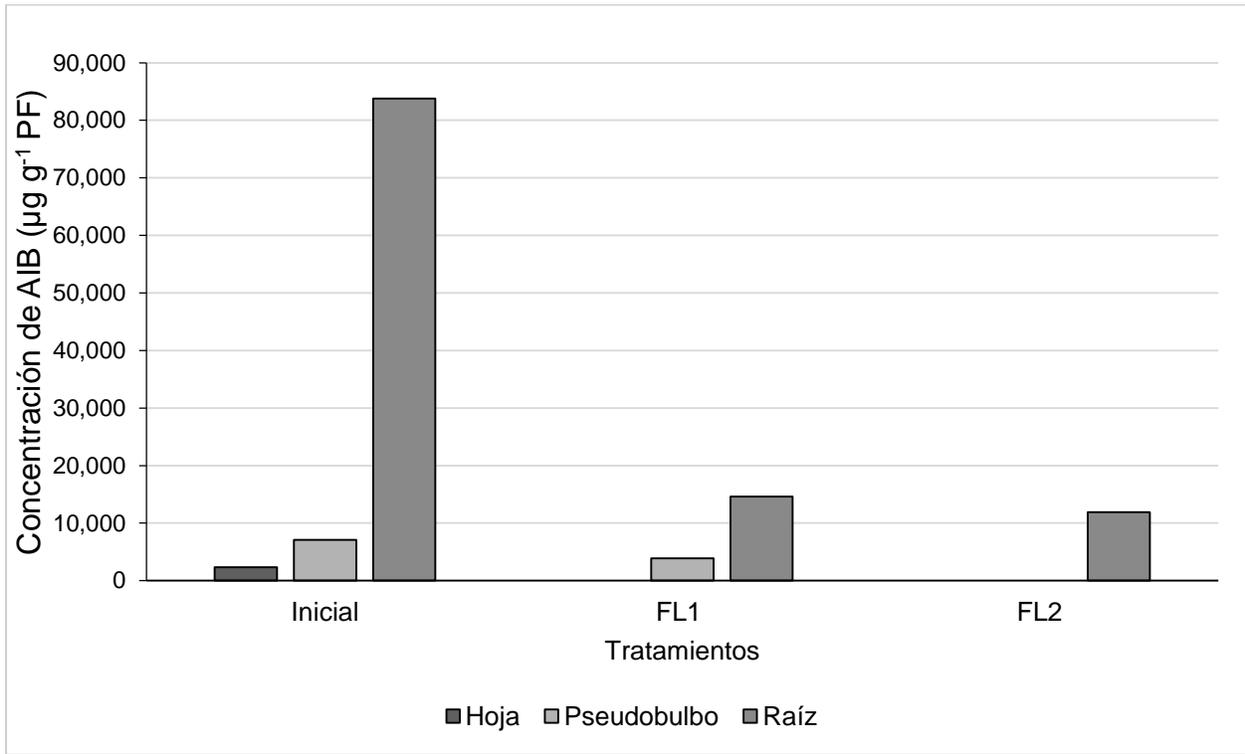


Figura 50. Concentración de ácido indol-3-butírico (AIB) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

La Figura 51 muestra diferencias en relación a la concentración del AIB en los órganos de los brotes bajo las fuentes de luz analizadas. Bajo FL2 no se detectó a este regulador ni en el pseudobulbo del brote ni en la inflorescencia. Sin embargo, en FL1 la concentración de AIB en pseudobulbo fue dos veces más que la registrada en el brote del muestreo inicial. Estos resultados sugieren que la FL2 afectó la acumulación de AIB en el pseudobulbo del brote y en la inflorescencia, mientras que la FL1 la favoreció en el pseudobulbo.

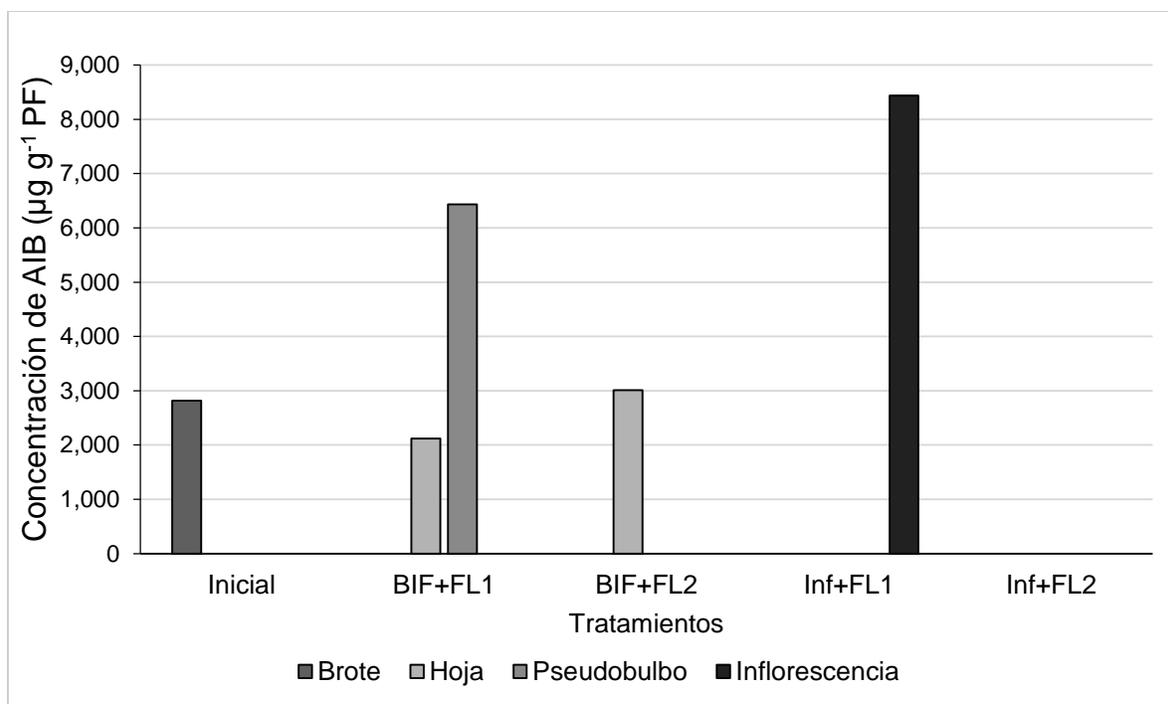


Figura 51. Concentración de ácido indol-3-butírico (AIB) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **BIF**= brote con inducción floral; **Inf**= inflorescencia **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Ácido giberélico (AG₃)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

En la Figura 52 se muestra que el AG₃ se encuentra presente en todos los órganos analizados, que la concentración es similar bajo las dos fuentes de luz después de la inducción floral. Estos resultados sugieren que las fuentes de luz no afectan la acumulación de AG₃ en la planta.

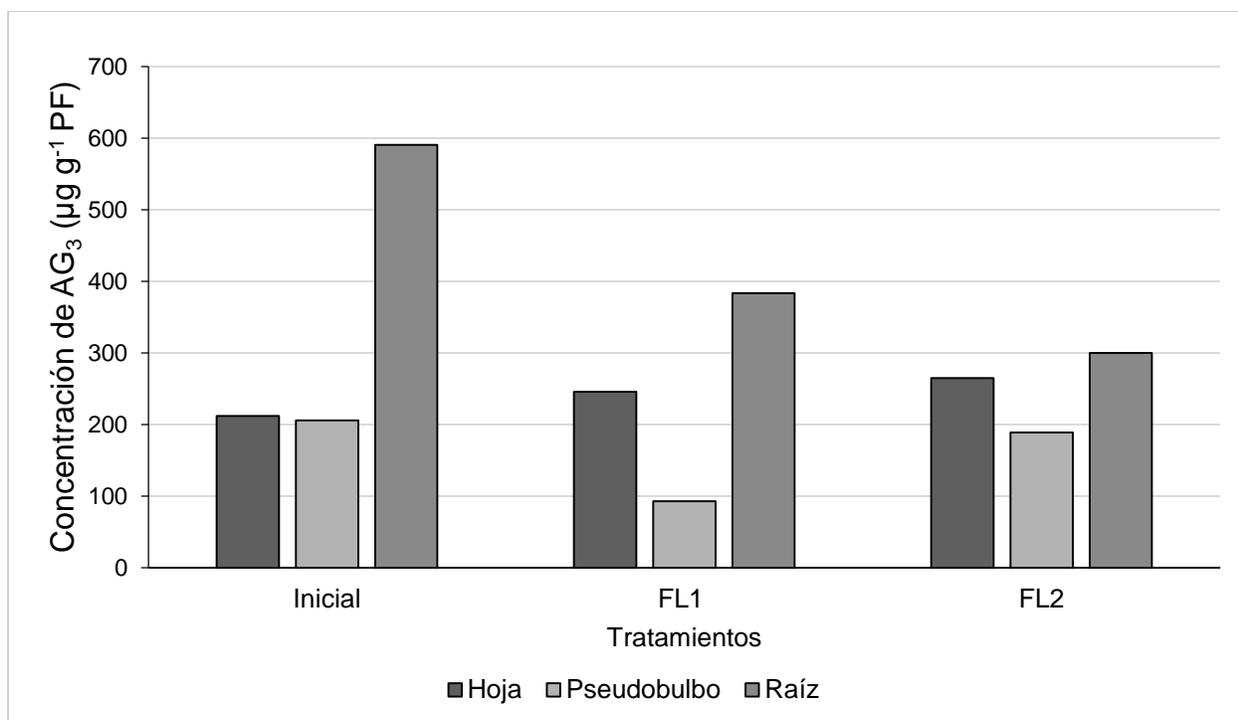


Figura 52. Concentración de ácido giberélico (AG_3) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

En la Figura 53 se muestra que el AG_3 se encuentra presente en todos los órganos analizados, que la concentración es similar bajo las dos fuentes de luz y entre los brotes del muestreo inicial y los de después de la inducción floral. Los resultados sugieren que las fuentes de luz no afectan la acumulación de AG_3 en los brotes inducidos a floración.

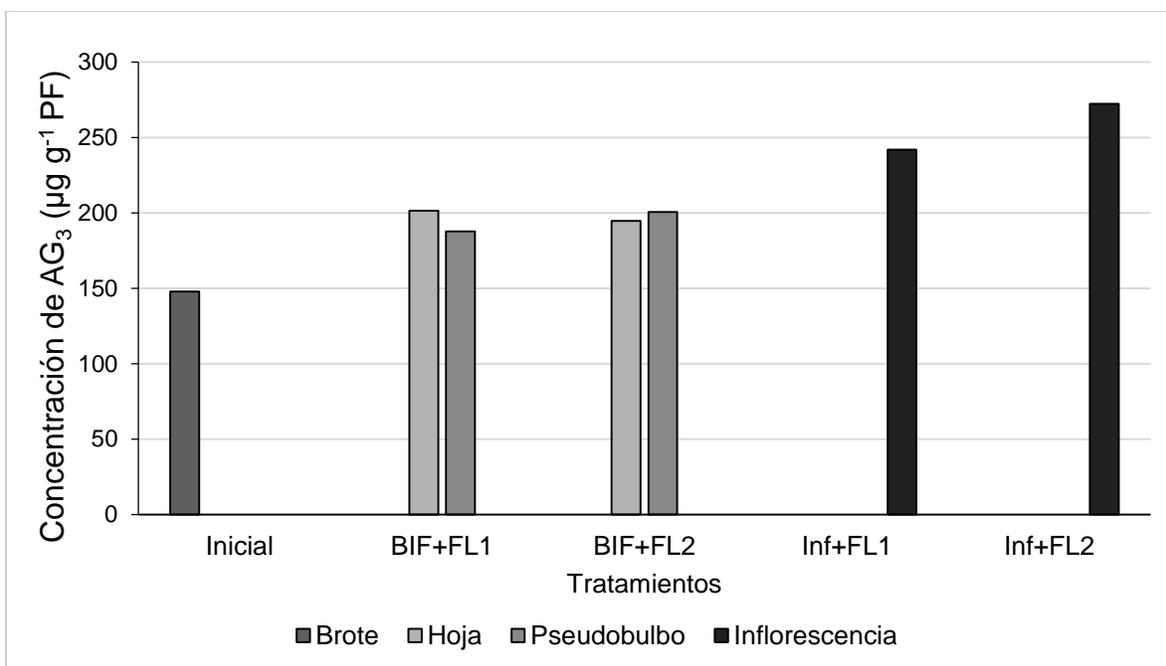


Figura 53. Concentración ácido giberélico (AG_3) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **BIF**= brote con inducción floral; **Inf**= inflorescencia **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Cinetina

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

En la Figura 54 se muestra con excepción del pseudobulbo en el muestreo inicial y bajo la FL1 la cinetina se encontró tanto en el brote de inicio como en el brote después de la inducción floral. Ni en el pseudobulbo del muestreo inicial ni en el de después de la inducción floral bajo FL1 registró cinetina. Bajo FL2 en hoja se registró un poco más de cinetina en comparación a la registrada en FL1. Lo anterior sugiere que la FL1 afecta la concentración de cinetina en el pseudobulbo de la planta. Por otra parte cabe señalar que en el brote con inducción floral no se detectó a la cinetina. Es posible que se tuviera una concentración baja de este regulador que no fue posible detectarlo con la metodología empleada (no se presentan datos).

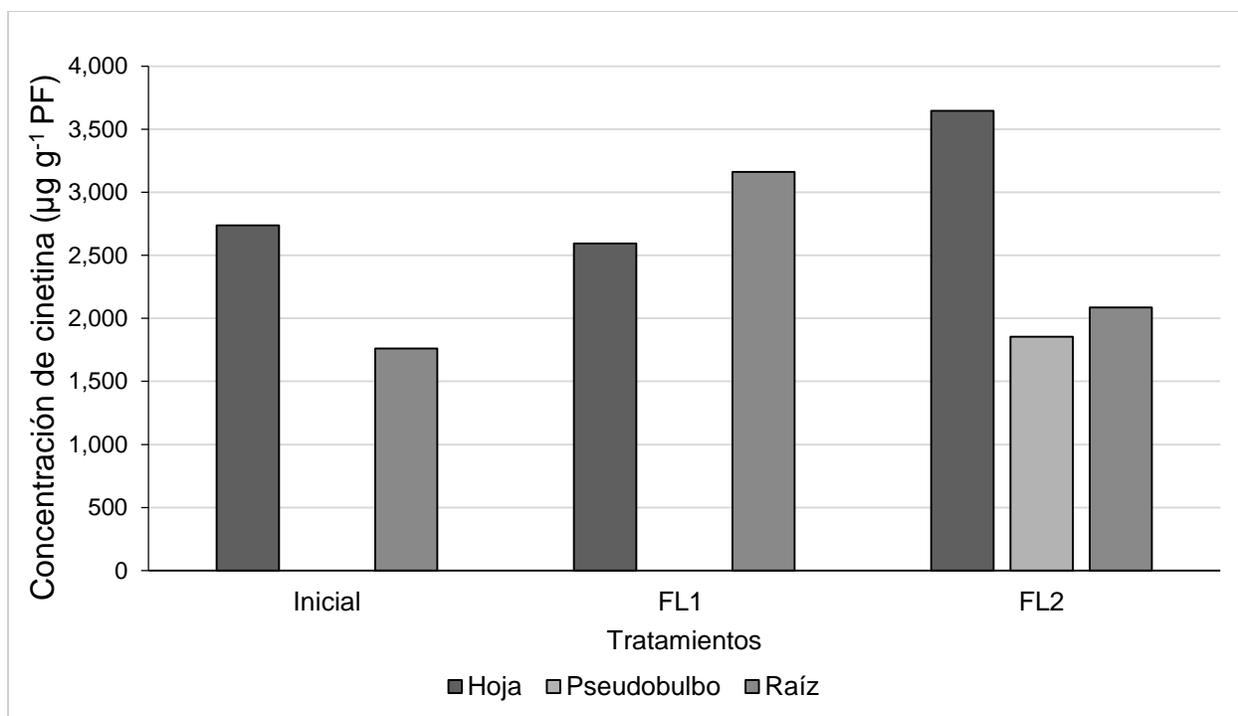


Figura 54. Concentración de cinetina en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

6-bencilaminopurina (BAP)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

En la Figura 55 se muestra que con excepción del pseudobulbo en el muestreo después de la inducción floral, se encontró BAP en todas las estructuras de la planta. En ambas fuentes de luz, en los pseudobulbos no se registró a este regulador. Sin embargo bajo la FL1 se registró una concentración ligeramente mayor de BAP en raíz. Esto sugiere que la FL1 favorece la acumulación de BAP en raíz de la planta.

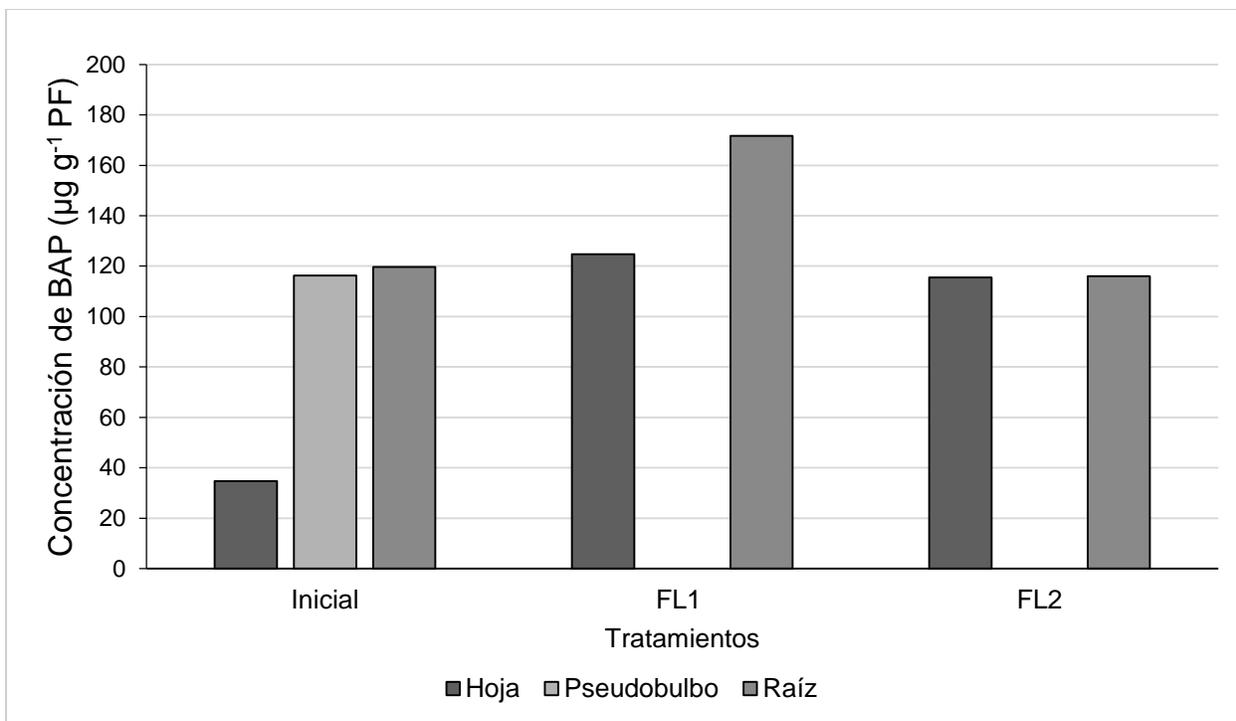


Figura 55. Concentración de 6-bencilaminopurina (BAP) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

En la Figura 56 se muestra que se detectó BAP en todas las estructuras del brote y en la inflorescencia pero se registraron diferencias. Bajo FL1 en el pseudobulbo del brote inducido se encontró mayor concentración de BAP respecto a la registrada en FL2. En contraste en FL2 se registró mayor concentración de este regulador en la inflorescencia. Lo anterior indica que FL1 y FL2 favorecen la concentración de BAP en pseudobulbo del brote e inflorescencia, respectivamente.

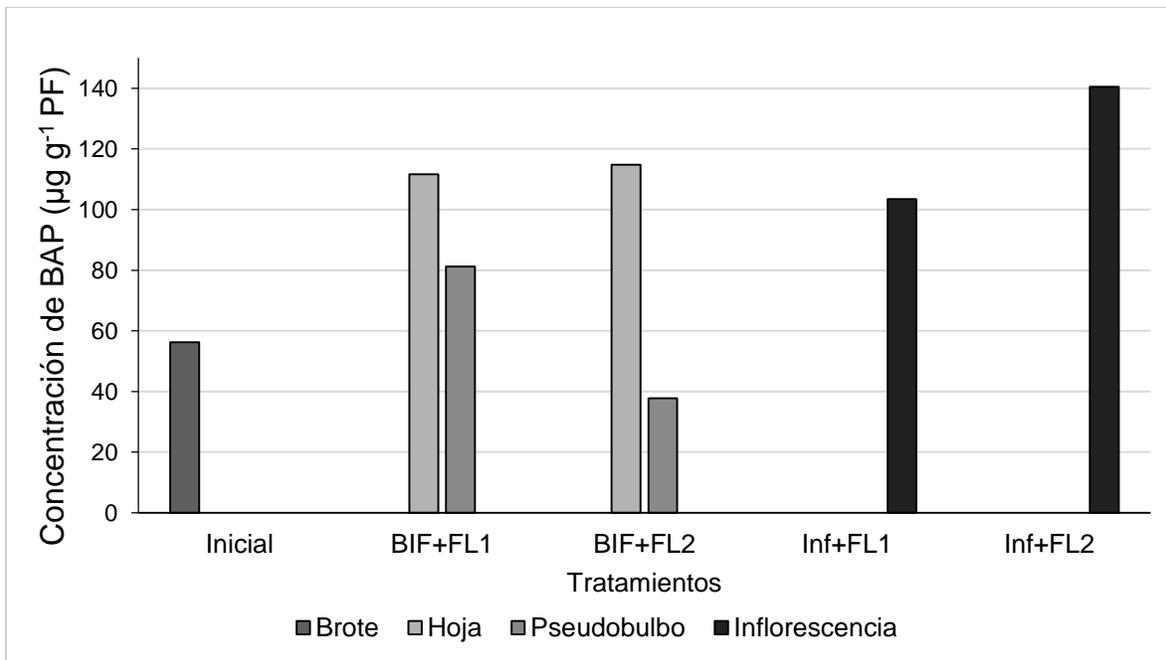


Figura 56. Concentración 6-bencilaminopurina (BAP) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **BIF**= brote con inducción floral; **Inf**= inflorescencia **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Ácido abscísico (ABA)

Estructura de crecimiento anterior al brote inducido

Aunque ABA se registró en todas las estructuras de la planta se encontraron diferencias en su concentración entre ellas (Figura 57). En pseudobulbo la concentración de ABA fue 23 veces más alta en FL2 que la registrada en FL1. Estos resultados indican que FL2 favorece la acumulación de ABA en el pseudobulbo de la planta.

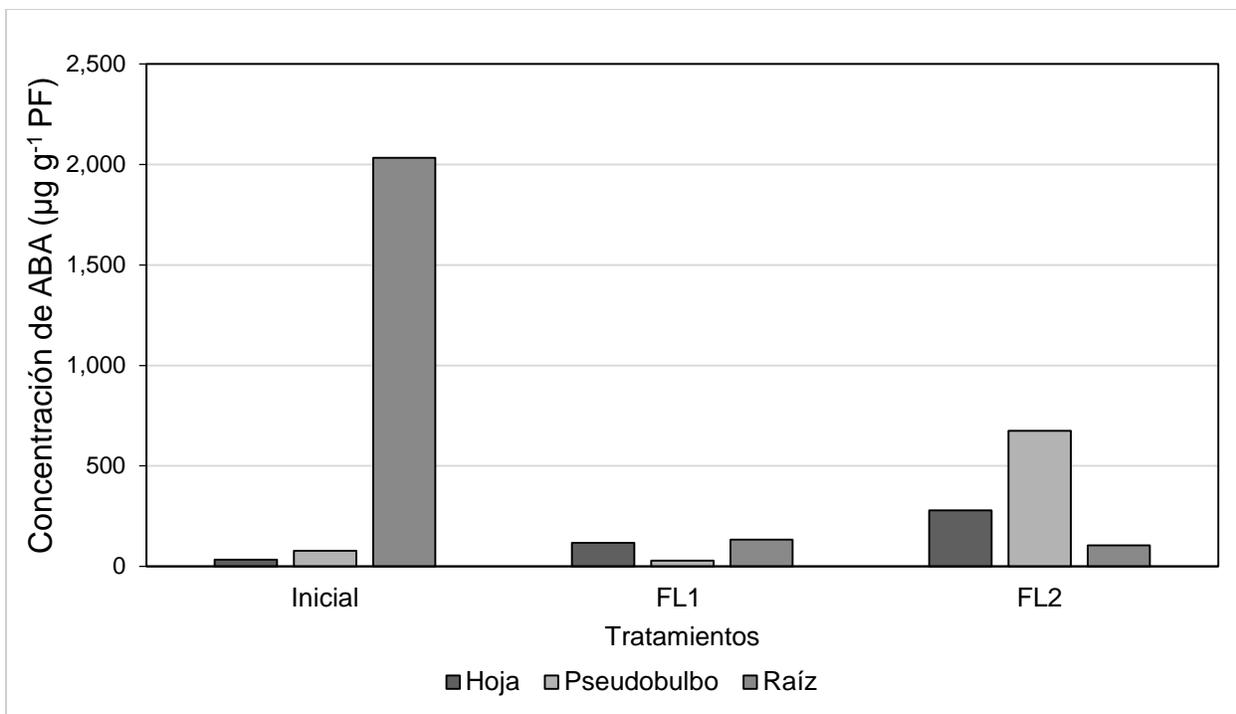


Figura 57. Concentración de ácido abscísico (ABA) en la estructura de crecimiento anterior al brote inducido, en plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

Brote inducido a floración

Similarmente ABA se registró en todas las estructuras de los brotes pero se encontraron diferencias en su concentración en la inflorescencia (Figura 58). En FL2 la concentración de ABA en inflorescencia fue casi el doble de la registrada en FL1. Estos resultados indican que FL2 favorece la acumulación de ABA en la inflorescencia del brote inducido a floración.

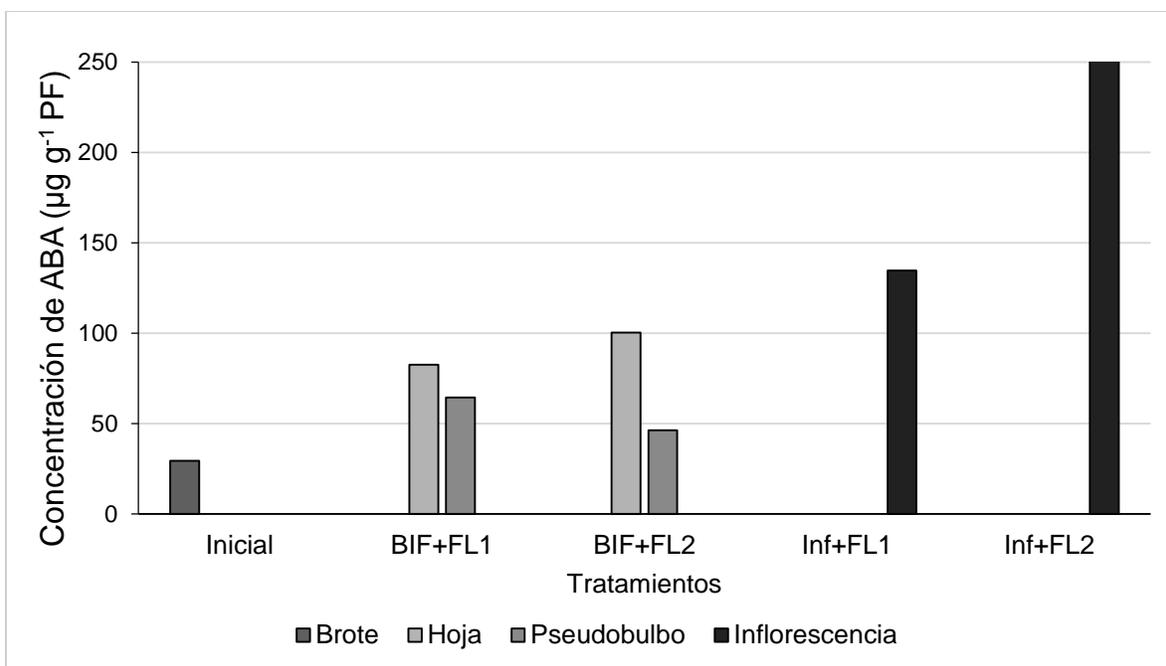


Figura 58. Concentración ácido abscísico (ABA) en brotes inducidos a floración, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con diferentes fuentes de luz, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C. **Inicial**= muestreo inicial, antes de la exposición a tratamientos; **BIF**= brote con inducción floral; **Inf**= inflorescencia; **FL1**= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2.

6.4.4. Análisis de concentración nutrimental

Los análisis para la concentración de N, P, K, Ca, Mg y S mostraron efecto significativo ($p \leq 0.05$) de la fuente de luz, efecto que fue dependiente del órgano vegetal en estudio (Cuadros 53, 54, 55) y del nutrimento.

Macronutrientes

Hoja

Los resultados indicados en el Cuadro 53 muestran que la fuente de luz tuvo efecto diferencial en la concentración de macronutrientes en hoja. Las fuentes de luz no afectaron la concentración de K, Mg y S. Con FL1, la concentración de N y P fue menor al registrado en FL2 pero la de Ca fue mayor. Estos resultados indican que FL1 afectó negativamente la concentración de N y P en la planta.

Cuadro 53. Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de macronutrientes (g kg^{-1}) en hojas de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	S
Inicio	7.93 b	0.76 ab	3.14 b	8.38 c	6.52 a	2.04 a
FL1	8.86 b	0.74 b	5.17 a	11.61 a	6.45 a	1.40 b
FL2	11.43 a	0.84 a	4.88 a	9.93 b	6.13 a	1.46 b
CV (%)	7.43	4.46	5.12	16.53	3.86	4.36

FL1= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Pseudobulbo

En pseudobulbo la fuente de luz afectó de manera diferencial ($p \leq 0.05$) la concentración de macronutrientes (Cuadro 54). La FL1 afectó la concentración de macronutrientes, en esta fuente, se redujo la concentración de N, P, K y S respecto a la registrada en la FL2. Es decir, la FL1 afecta negativamente la concentración de N, P, K y S en pseudobulbo.

Cuadro 54. Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de macronutrientes (g kg^{-1}) en pseudobulbos de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	S
Inicio	4.90 ab	0.76 b	1.96 a	5.77 a	6.51 a	2.14 a
FL1	4.20 b	0.71 b	0.56 c	6.47 a	7.21 a	2.08 a
FL2	5.60 a	0.98 a	1.28 b	6.16 a	6.72 a	1.55 b
CV (%)	8.24	3.49	5.78	7.82	4.24	5.50

FL1= fuente de luz 1; **FL2**= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Raíz

Similarmente los resultados indicados en el Cuadro 55 muestran que las fuentes de luz, con excepción del N, Ca y Mg, tuvieron efecto significativo ($p \leq 0.05$) en la concentración de macronutrientes en raíz. La concentración de N, Ca y Mg no se

afectó por las fuentes de luz, por el contrario sí las de P, K y S. En la FL1 las concentraciones de P, K y S fueron menores a las registradas en la FL2. Es decir, FL1 afecta negativamente la concentración de P, K y S en raíz.

Cuadro 55. Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de macronutrientes (g kg^{-1}) en raíz de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.

. Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	S
Inicio	9.56 a	0.83 b	0.80 b	2.44 b	2.89 b	1.41 ab
FL1	8.86 a	0.84 b	0.69 b	3.12 a	2.98 ab	1.29 b
FL2	7.93 a	1.13 a	1.18 a	3.25 a	3.40 a	1.64 a
CV (%)	20.04	5.06	5.71	5.08	6.30	8.51

FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Micronutrientes

El análisis de los resultados para micronutrientes mostró efecto significativo ($p \leq 0.05$) de la fuente de luz pero solo para la concentración de Mn en hoja y pseudobulbo (Cuadros 56, 57, 58). En FL1, en estos órganos la concentración de Mn fue casi la mitad de la registrada en FL2, pero esta fuente tuvo efecto negativo en la concentración de Mn en hoja y pseudobulbo.

Cuadro 56. Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de micronutrientes (mg kg^{-1}) en hojas de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.

Tratamiento	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Inicio	86.13 a	21.74 a	16.80 a	48.79 b	35.44 b
FL1	114.79 a	2.69 b	13.69 b	54.29 b	48.82 a
FL2	107.57 a	3.21 b	11.44 b	105.46 a	41.69 ab
CV (%)	21.06	3.44	6.68	3.84	12.08

FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Cuadro 57. Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de micronutrientos (mg kg^{-1}) en pseudobulbo de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.

Tratamiento	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Inicio	114.96 a	41.23 a	22.18 b	14.27 a	43.86 a
FL1	78.57 a	4.47 b	26.48 a	6.37 c	39.20 a
FL2	196.44 a	6.02 b	24.17 ab	10.79 b	40.10 a
CV (%)	60.48	6.10	4.41	7.70	10.01

FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Cuadro 58. Efecto de diferentes fuentes de luz en la concentración de micronutrientos (mg kg^{-1}) en raíz de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.

Tratamiento	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Inicio	212.80 a	139.89 a	29.47 a	12.80 a	39.51 a
FL1	206.02 a	12.20 b	30.17 a	13.04 a	38.06 a
FL2	193.82 a	8.85 b	33.17 a	11.71 a	43.42 a
CV (%)	17.11	6.96	8.71	4.75	7.33

FL1= fuente de luz 1; FL2= fuente de luz 2. Medias con letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Análisis de contrastes en la concentración de macro y micronutrientos

El análisis de contrastes muestra diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la concentración de macronutrientos en hoja, pseudobulbo y raíz, entre la condición inicial y la condición después de la inducción floral (Cuadro 59). En hoja se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) significativas en la concentración de N, K, Ca y S. Bajo las condiciones probadas no se registraron diferencias en la concentración de P y Mg. Mientras que en pseudobulbo con excepción de N y Ca se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) significativas en la concentración de P, K, Mg y S. En estas condiciones la concentración de N y Ca no registraron diferencias. En raíz se registraron diferencias ($p \leq 0.05$) significativas en la concentración de P, K y Ca. En estas condiciones la concentración de N, Mg y S no registraron diferencias.

Cuadro 59. Contraste de la concentración de macronutrientos (g kg^{-1}), entre el muestreo inicial y durante la inducción a floración, en hoja, pseudobulbo y raíz, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.

Órgano	N	P	K	Ca	Mg	S
Hoja	0.004*	0.37	<0.0001*	0.0001*	0.23	<0.0001*
Pseudobulbo	1.00	0.005*	<0.0001*	0.16	0.06*	0.005*
Raíz	0.38	0.003*	0.01*	0.0004*	0.06	0.51

*Diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Por otra parte, el análisis de contrastes revela que la concentración de Cu mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en hoja, pseudobulbo y raíz, entre la condición inicial y la condición después de la inducción floral (Cuadro 60). Por el contrario, este análisis no registró diferencias en la concentración de Fe en estos tres órganos: Para el resto de los micronutrientos mostró efecto diferencial dependiente del órgano.

Cuadro 60. Contraste de la concentración de micronutrientos (mg kg^{-1}), entre el muestreo inicial y durante la inducción a floración, en hoja, pseudobulbo y raíz, de *L. anceps* subesp. *anceps*, con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C.

Órgano	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Hoja	0.15	<0.0001*	0.0007*	<0.0001*	0.03*
Pseudobulbo	0.70	<0.0001*	0.006	<0.0001*	0.19
Raíz	0.62	<0.0001*	0.29	0.35	0.57

*Diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Los resultados registrados con fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 17 °C, indicaron que las fuentes de luz no afectan las variables de incremento en el crecimiento vegetativo, las del tamaño del brote no inducido a floración ni la inducción a floración. Sin embargo, ambas fuentes de luz afectaron el tamaño del brote inducido y concentración de reguladores de crecimiento. FL1 y FL2 tuvieron efecto en la concentración de los reguladores de crecimiento, efecto que fue dependiente del regulador y del órgano en estudio. Mientras que los resultados en concentración de AG_3 no mostraron diferencias, bajo estas fuentes de luz, en FL1 el pseudobulbo del

brote y la raíz de la planta acumularon mayor concentración de AIA y BAP. Ésta fuente afectó negativamente la acumulación de AIB en la hoja y la de cinetina en el pseudobulbo de la planta. En tanto que en FL2, el pseudobulbo, la hoja y la inflorescencia del brote acumularon mayor concentración de AIA, BAP y ABA. Ésta fuente afectó la concentración de cinetina en el pseudobulbo de la planta. La fuente de luz tuvo efecto diferencial en la concentración de nutrimentos en los órganos de la planta. La FL1 afectó negativamente la concentración de N, P, K y S en hoja, pseudobulbo y raíz y la de Mn en hoja y pseudobulbo; y la FL2 la concentración de Ca en hoja.

Comparando la Etapa 3 con la Etapa 4 se tiene que bajo las condiciones de fotoperíodo de 12 h y temperatura nocturna de 13 y 17 °C las variables de crecimiento vegetativo son similares bajo ambas fuentes de luz. Con FL1 y FL2, el porcentaje de inducción fue similar. Sin embargo, la concentración de macro y micronutrimentos fue diferente en los órganos de las plantas. Mientras que en la Etapa 3 la fuente de luz no afectó la concentración del N ni la del Ca, sí la de Mg en la Etapa 4. En general, la concentración de Ca fue la única de los macronutrimento que no resultó afectada en la planta por la fuente de luz.

VII. DISCUSIÓN

7.1. Análisis de variables de crecimiento vegetativo

Para el caso de la Etapa 1 se encontró que las plantas con FL1 + SFA, fueron las que incrementaron su tamaño.

Según Goh *et al.* (1982) el crecimiento vegetativo está determinado genéticamente, así como la probabilidad de floración es dependiente del tamaño de la planta (Pfeifer *et al.*, 2006). El paso de estado vegetativo a reproductivo se da solo cuando las plantas alcanzan el tamaño suficiente para mantener las demandas de energéticas de las flores (Thomas y Vince-Prue, 1997)

Es más probable que las plantas SFA hayan estado predispuestas para continuar en estado vegetativo. Las hojas, los brotes y los meristemos apicales son los órganos vegetales encargados de recibir los estímulos del ambiente, principalmente el fotoperíodo, la temperatura y calidad de la luz (Bernier y Périlleux, 2005). Es probable que el fotoperíodo, temperatura y la fuente de luz hayan contribuido incremento de las estructuras vegetativas, por lo que resultó más importante ganar tamaño para poder florecer en años posteriores.

Así mismo la FL1 favoreció el crecimiento de las plantas. Lo anterior coincide con lo encontrado por Wheeler *et al.* (1990) en el cultivo de soya, donde se evaluó el efecto de la luz proporcionada con lámparas de alta presión de sodio sola y suplementada con luz azul; obteniendo que la mayor longitud del tallo e internodos se encontró en plantas crecidas con $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y disminuyeron progresivamente conforme el suplemento de luz azul fue en aumento hasta un total aproximado de $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. De la misma manera, en plantas de *Euphorbia*, para la evaluación del efecto de luz azul en alta proporción (LED, azul 20% y 80% de color rojo), proporcionada LEDs, comparada con lámparas de alta presión de sodio (HPS; con 5% de luz azul); muestra que el tamaño de las plantas cultivadas con los LEDs fueron de 20 a 34% más pequeñas que en comparación con las plantas cultivadas con lámparas de HPS (Islama *et al.*, 2012).

El tamaño de los brotes se vio afectado únicamente en la Etapa 4, donde el mayor diámetro del pseudobulbo se obtuvo en la FL1. Aunque en el resto de las etapas con ambiente controlado, donde se presentó inducción floral, no se encontraron diferencias

significativas en esta variable, la FL1 resultó ser ligeramente superior que en la FL2. Un comportamiento parecido se reporta por Blanchard y Runkle (2008), los cuales encontraron que el cultivo de *Odontioda* a bajo FFF, de 20 a 25 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, retrasa el crecimiento e inhibe la floración. Por otra parte, en dos variedades de *Cymbidium*, se encontró que el diámetro del pseudobulbo fue mayor cuando se sometió a 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ comparada con un rango de 3 a 7 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Kim *et al.*, 2011).

En general en todas las etapas se encontró que el tamaño del pseudobulbo del brote no inducido a floración fue mayor en las plantas cultivadas en la FL1 (excepto en la Etapa 4, no se encontraron diferencias significativas).

En las orquídeas los pseudobulbos son estructuras especializadas para el almacén de agua, nutrientes y reservas (Ceja *et al.*, 2008). Godo *et al.* (2011) investigaron el efecto de diferentes tipos de luz (blanca, azul, verde, roja y naranja), emitidas por LEDs a 40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, en el crecimiento *in vitro* de la orquídea *Bletilla ochracea* Schltr., donde encontraron que la luz blanca y azul tienen un efecto positivo en el crecimiento de las hojas y el diámetro del pseudobulbo, por el contrario de la luz roja, la cual tuvo menor crecimiento en ambas estructuras. Kim *et al.* (2011) encontraron que en *Cymbidium*, el diámetro del pseudobulbo fue mayor cuando las plantas crecieron con un FFF de 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, con respecto a las que crecieron con un rango de 3 a 7 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Lo anterior sugiere que la FL1 favoreció el crecimiento de las plantas, al tener mayor FFF y por efecto de la luz blanca.

Por otra parte en etapas 1 y 3 correspondieron a la temperatura nocturna de 13 °C. El tamaño de las plantas está directamente relacionado con la cantidad de reservas acumuladas, y esto a su vez depende de la temperatura del ambiente, la irradiación, disponibilidad de agua y nutrientes, y la presencia o ausencia de otras sustancias (Bernier and Périlleux, 2005). En *Odontioda*, se encontró que la temperatura influye en el diámetro del pseudobulbo (Blanchard y Runkle, 2008), mientras que *Laelia anceps* subesp. *anceps* requiere, para su crecimiento, temperaturas nocturnas entre 10 a 12 °C y diurnas entre 18 y 24 °C (Halbinger y Soto, 1997). Lo anterior sugiere que la temperatura nocturna de 13 °C favoreció el crecimiento de las plantas.

7.2. Análisis de la calidad del desarrollo floral

7.2.1. Porcentaje de inducción floral

En la etapa 1 el mayor porcentaje de inducción floral se encontró en los tratamientos que incluyeron la condición floral previa CFA. Lo cual coincide con lo reportado por Osorio *et al.* (2014), los cuales concluyeron que en vainilla (*Vanilla planifolia*), la floración se produjo sólo después de que la planta alcanzó cierto tamaño, y la cantidad de nutrimentos y fotoasimilados fue suficiente para cubrir las demandas de la flor. Así mismo en *Himantoglossum hircinum* se encontró que después de que la planta alcanzó el umbral de tamaño (cinco hojas), la probabilidad de floración aumentó (Pfeifer *et al.*, 2006). Jacquemyn *et al.* (2010), obtuvieron que en *Orchis purpurea* la distribución de la floración es diferente entre las plantas que florecieron durante dos años consecutivos y las plantas que florecieron después de haber estado en un estado vegetativo, bajo dos condiciones de luz. Los resultados encontrados en esta investigación sugieren que la floración de *L. anceps* subesp. *anceps* está determinada, parcialmente, por el estado floral previo, el cual a su vez se relaciona con el tamaño de la planta.

En todas las etapas se encontró que la fuente de luz no influye en la inducción a floración. Resultados similares se encontraron en *Dendrobium* Love Memory 'Fizz', evaluada cultivada en fotoperíodo de 12h, vernalización previa de cuatro semanas y FFF de 0, 50, 100 y 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, donde se observó que no hubo diferencias significativas entre el porcentaje de floración obtenido en las plantas cultivadas en FFF de 50, 100 y 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Lin *et al.*, 2011).

En esta investigación, los mayores porcentajes de inducción resultaron estar en la FL1. Estos resultados son similares a los encontrados en el híbrido de *Phalaenopsis* "Premium", donde tratamientos con alto FFF (200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) durante la fase de inducción durante 60 días permitió anticipar la floración y mejoró notablemente las características de las plantas en maceta (Paradiso y de Pascale, 2014). Otro estudio realizado por Kim *et al.* (2011) en *Cymbidium* 'Red Fire' y 'Yokihhi', al probar el efecto del FFF bajo (de 3 a 7 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), y alto (120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), se descubrió que en el más alto, el porcentaje de floración fue mayor con respecto al bajo, en 20% y 40%. En *Poinsettia* se observó que las plantas que crecieron con LEDs desarrollaron menor

número de brácteas florales comparadas con las crecidas con lámparas de HPS (Islama *et al.*, 2012).

Las etapas 3 y 4, que corresponden al fotoperíodo de 12 h, tuvieron un porcentaje de inducción superior al 50 %. Las etapas 1 y 2 con fotoperíodo de 9 h, mostraron tener porcentajes de inducción floral menores a 50%. Los resultados coinciden parcialmente con lo encontrado por Powell *et al.* (1988), donde reportan que *Cymbidium* Astronaut 'Rajah', expuesta a temperaturas día/noche de 26/12 °C y un fotoperíodo de 14 h, produce en promedio 5.9 inflorescencias por planta.

En otro estudio realizado por Lopez *et al.* (2003), se obtuvo que en *Zygopetalum* Redvale Fire Kiss, del 60 al 80 % de las plantas florecieron cuando se cultivaron bajo fotoperíodos ≤ 14 h. Así mismo, plantas cultivadas en fotoperíodo de 9 h y pre-enfriamiento de 8 semanas, al ser trasladadas a condiciones de 11 y 14 °C, tuvieron los más altos porcentajes de floración y alcanzaron inflorescencia visible entre 17 y 22 días.

Los resultados obtenidos en esta investigación dan una pauta para investigaciones futuras, ya que se comprobó que la inducción a floral de *L. anceps* subesp. *anceps* es propiciada por fotoperíodos de entre 12 y 9 h.

Aunque se ha encontrado en algunos géneros de orquídeas que las fluctuaciones de temperatura diurna/nocturna tienen efecto en la diferenciación y formación de yemas florales (Xu *et al.*, 2003), la temperatura nocturna pareció no afectar la inducción a floración, ya que en las etapas 1 y 2 hubo pequeñas diferencias entre el porcentaje de inducción de acuerdo a la temperatura nocturna a la que se expusieron las plantas, donde las plantas sometidas a 13 °C tuvieron un porcentaje de inducción ligeramente superior a las plantas expuestas a 17 °C. Por otro lado en las etapas 3 y 4, los porcentajes de inducción floral fueron iguales en ambas temperaturas nocturnas probadas.

La respuesta a la temperatura que se obtuvo en este trabajo fue muy parecido a lo investigado por Powell *et al.* (1988), donde al cultivar *Cymbidium* Astronaut 'Radjah' en una relación de temperatura día/noche de 26/12 °C, o 26/18 °C (14 h de día y 10 h de noche) dio como resultado un promedio de 11.7 y 6.2 inflorescencias por planta, respectivamente.

Por otra parte la inducción a floración de *Phalaenopsis* 'Premium' se puede estimular con temperaturas de 19/17 °C en lugar de 21/19 °C, sin que afecte la floración, precocidad y calidad del corte del tallo, así mismo mejora la arquitectura de las plantas en macetas (Paradiso y de Pascale, 2014).

Los resultados encontrados en las investigaciones anteriores sugieren que variaciones hasta de 6 °C no afectan la inducción a floración en algunos géneros de orquídeas, por lo que la variación de 4 °C en la temperatura nocturna, para esta investigación pareció no tener efecto en la inducción floral de *L. anceps* subesp *anceps*.

7.2.2. Variables de floración

En esta investigación las variables de floración resultaron ser iguales entre tratamientos para todas las etapas, pero a pesar de ello, se observa un incremento en al menos 10 días en la Etapa 3, y en E1 en promedio 17 días para la antesis (independientemente de la condición floral previa), en los tratamientos que incluían la FL1 con respecto los que incluían FL2. Este resultado es de importancia, ya que en la producción de plantas con flor se busca obtener flores en menor tiempo, lo que una diferencia de 10 días es relevante.

Estos resultados coinciden con lo encontrado por Wang (1995) al tratar plantas de *Phalaenopsis* 'Joseph Hampton', con FFF de: 160, 60, 8, 0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, no encontró diferencias significativas en los días transcurridos desde la aparición de la inflorescencia a antesis. Así mismo, Lin *et al.* (2011), al investigar el efecto de la vernalización por cuatro semanas en *Dendrobium* Love Memory 'Fizz', cultivada en fotoperíodo de 12h y FFF de 0, 50, 100 y 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, se encontró que al comparar la respuesta en 50 y 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, con respecto a 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, no hubo efecto en el tiempo de floración, total de flores, ni vida de las flores.

7.2.3. Correlación Pearson entre las variables de floración

En general la correlación de las variables de floración demostró que el tamaño de la flor tiene relación con el tamaño de labelo. Las flores de las orquídeas, de manera natural, presentan simetría bilateral (Dressler, 1981; Quiroga *et al.*, 2010), es por ello que las variables de la flor se correlacionen mutuamente. Éstos resultados coinciden con lo

registrado por Vichiato *et al.* (2014), los cuales encontraron que en plantas poliploides existe una correlación entre el largo y ancho de la flor, y estos a su vez se correlacionaron con el largo y ancho del labelo.

El tamaño de la flor determina el número de flores por inflorescencia y los días a antesis. Otras variables que tuvieron correlación positiva fue la longitud del tallo floral con el diámetro del tallo floral y los días a antesis.

Estudios realizados con cereales y frutales indican que el raleo de flores permite reducir el número de semillas y frutos a la cosecha, aumentar el peso de éstos y, por tanto, puede modificar las relaciones fuente-demanda durante la etapa post-antesis (Damerow *et al.*, 2007). Siguiendo esta lógica se puede inferir que entre más número de flores por inflorescencia, la demanda de fotoasimilados será mayor, y como consecuencia una partición de las reservas de la planta para cubrir las demandas de las flores, por tanto, una disminución en el tamaño de estas.

7.1. Análisis de la concentración de reguladores de crecimiento

Los resultados mostraron cambios diferenciales en la concentración de reguladores de crecimiento, dependientes de la fuente de luz, condición floral previa y órgano en estudio, los cuales sugieren que los factores ambientales tienen efecto en el estatus de estos compuestos. Lo anterior coincide con Amzallag *et al.* (1992), los cuales indican que los factores ambientales, participan en la regulación de los procesos hormonales en la planta.

A excepción de la Etapa 4, la concentración de AIA en la planta y en el brote fue mayor en todas las etapas después de la inducción floral. En la Etapa 4, la concentración de este regulador fue menor. La concentración de AIB en las plantas fue mayor después de la inducción floral independientemente de la fuente de luz. El desarrollo de meristemas florales depende de que las auxinas comiencen a ser transportadas a partir de tejidos subapicales (Taiz y Zeiger, 2010). El encontrar mayor concentración de auxinas en la raíz y el pseudobulbo sugiere que estas estructuras suministran auxinas para llevar a cabo la floración. Las auxinas cumplen un papel importante en el desarrollo de las plantas en cuanto a la formación de órganos, organización de tejidos, estimulación de la división celular y alargamiento celular (Bidwell, 1990). Por lo que el

alto contenido de AIA en la inflorescencia pudiera deberse a que las auxinas tienen una función importante para el desarrollo de la inflorescencia y posteriormente de los botones florales.

La concentración de AG₃, tanto en la planta como en el brote fue similar al inicio y después de la inducción floral tanto en planta como en brote. Leszek (2003) indica que durante la inducción floral, las plantas cambian la composición y (o) la concentración de las giberelinas endógenas. Se ha probado que en *Miltoniopsis* las aplicaciones de AG₃ (2.5 mM) al suelo, son efectivas para promover la emergencia de inflorescencias (Matsumoto, 2006). Lo anterior sugiere que el incremento de AG₃ en los tejidos se debe a la importante función que cumplen las giberelinas para dar paso a la floración y para la formación de las estructuras reproductivas.

La concentración de cinetina en la planta fue similar al inicio y después de la inducción floral. En el caso del brote, la cinetina incrementó después de la inducción floral en la etapa 3 y 4, por el contrario en el resto de las etapas este regulador estuvo ausente. Las citocininas cumplen funciones importantes en la división y alargamiento celular, así como también permiten romper la latencia (Bidwell, 1990). Los resultados muestran que el incremento de cinetina después de la inducción floral puede deberse a la importante función que cumple este regulador en la iniciación floral.

La concentración de ABA en la planta fue mayor después de la inducción floral en todas las etapas. En el brote el comportamiento de este regulador de crecimiento fue diferente, ya que se encontró que en las etapas 1 y 2 se redujo después de la inducción floral, mientras que en el resto de las etapas fue mayor con respecto a la concentración inicial. El ABA participa en la floración en plantas que responden a fotoperíodo corto (Ondarza, 1981), lo cual explica el incremento de este compuesto después de la inducción floral.

7.2. Análisis de concentración nutrimental

Los cambios diferenciales en la concentración de nutrimentos en las plantas sometidas a diversas fuentes de luz, fotoperíodo y temperatura pueden deberse a lo que reporta Chapin (1980), el cual indica que las concentraciones de nutrientes en la solución del suelo y, por lo tanto, la absorción de nutrientes por las plantas, fluctúa

considerablemente durante el año. Así mismo Massa *et al.*, (2008) reportan que el uso de LEDs puede tener efecto, entre otros factores, en la asimilación de nutrientes. Mientras que Zotz (1999), al realizar un estudio para conocer los cambios estacionales que tienen las orquídeas en el contenido de agua, carbohidratos y nutrimentos, demostró que hay periodos cortos en los que las plantas acumulan nutrimentos como reserva para la formación de flores y frutos y que las fluctuaciones son diferentes entre los órganos vegetales.

La mayoría de las orquídeas requieren de dos tubérculos para poder dar paso a la floración, el primero debe dar origen a la estructura de crecimiento actual y los tallos florales, y la otra debe acumular recursos para generar el crecimiento del próximo año (Jacquemyn *et al.*, 2010). Posiblemente los cambios en K y Ca en las plantas que anteriormente había presentado floración, se debió a que al inicio, estas estructuras reservaron los nutrimentos para la floración actual; y al final, las reservas fueron utilizadas para la floración. Mientras que las plantas que no habían presentado floración anterior no tuvieron la necesidad de tener reservas, ya que no habían tenido desgaste nutrimental en años anteriores por efecto de la floración.

La acumulación de nutrientes en pseudobulbos constituye una importante reserva para el desarrollo de brotes nuevos y flores (Ng y Hew, 2000). Los procesos de floración y fructificación requieren de sustancias que proporcionen una gran cantidad energía (García y Di Stefano, 2005). El P interviene en todos los procesos metabólicos de transferencia de energía (Alcántar y Trejo-Téllez, 2013), mientras que el Mg, es componente de la clorofila (Parker, 2000), la cual es el pigmento responsable para la absorción de luz para llevar a cabo la fotosíntesis (Taiz y Zeiger, 2010). La posible estabilidad de la concentración de P y Mg en plantas SFA, se puede deber a que las plantas, una vez que están inducidas a floración, requerirán para el proceso de desarrollo de la inflorescencia de energía y fotoasimilados.

El Ca es un nutrimento importante en división celular y constituyente de pared celular (Alcántar y Trejo-Téllez, 2013; Parker, 2000), después de que se presentó la inducción floral, las inflorescencias continuaron su crecimiento y desarrollo, por lo que continua la división celular para la formación de botones y posteriormente flores.

Como se mencionó anteriormente las plantas que han tenido floración, tienden a acumular nutrimentos para poder asegurar las floraciones futuras, el incremento en la concentración de nutrimentos en la raíz pudiera deberse a esto. La función más importante de las raíces en las orquídeas es la absorción eficiente de agua y nutrientes (Zotz y Winkler, 2013), lo que explica que la concentración de nutrimentos después de la inducción floral se encuentre en las raíces.

Por el contrario, en plantas CFA, se tuvo una disminución en la concentración de éstos nutrimentos al haber inducción floral, lo que pudo deberse a que la planta requirió de gran parte de sus reservas para poder llevar a cabo la floración al haber tenido floraciones previamente.

El Fe y Cu cumplen con funciones importantes en la fotosíntesis y producción de clorofilas, así como el Fe está involucrado en reacciones de división celular y es componente de diversas enzimas (Ronen, 2008)

Lo anterior permite identificar la ubicación de los nutrimentos en la planta y cuáles son los flujos de éstos dentro de la planta una vez que hay inducción floral, lo cual es importante para proporcionar una nutrición adecuada a la especie. Así mismo, el ambiente tiene efecto en la fisiología de la planta, lo cual conlleva a fluctuaciones en la concentración, tanto de nutrimentos como de reguladores de crecimiento en los diferentes órganos vegetales.

VIII. CONCLUSIONES GENERALES

En este estudio las fuentes de luz, proporcionadas por lámparas fluorescentes combinadas con lámparas de aditivos metálicos y lámparas de alta presión de sodio con flujo de fotones fotosintéticos de $80 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y lámparas LEDs con flujo de fotones fotosintéticos de $64 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, no afectan significativamente la floración de plantas de *L. anceps* subesp. *anceps* crecidas con fotoperíodos de 9 y 12 h y temperatura nocturna de 13 y 17°C.

- I. Con fotoperíodo de 9 h y 13°C, la condición de floración previa afecta el porcentaje de inducción floral, y las fuentes de luz afectan diferencialmente la concentración de reguladores y nutrimentos, efecto que fue dependiente del órgano vegetal.
- II. Con fotoperíodo de 9 h y 17°C, la fuente de luz afecta el diámetro del pseudobulbo de los brotes no inducidos a floración y afecta diferencialmente la concentración de reguladores y nutrimentos.
- III. Con fotoperíodo de 12 h y 13°C la fuente de luz influye en el tamaño del brote no inducido y afecta diferencialmente la concentración de reguladores y de nutrimentos.
- IV. Con fotoperíodo de 12 h y 17 °C la fuente de luz no influye en el crecimiento vegetativo ni en el porcentaje de inducción a floración pero sí en el tamaño del brote inducido y en la concentración de reguladores y nutrimentos.
- V. Con la la fuente de luz 1 promueve mayor porcentaje de inducción floral, menor número de días para antesis, mayor acumulación de AIA, AIB y BAP en raíz, pseudobulbo de la planta e inflorescencia del brote, pero menor concentración de N, P, K, S, Mg y Mn en hoja, pseudobulbo y raíz.
- VI. Con la fuente de luz 2 produce mayor concentración de AIA y AIB en raíz, pseudobulbo del brote e inflorescencia; pero menor concentración de K y Zn en hoja y pseudobulbo y de B en pseudobulbo.
- VII. La fuente de luz como factor ambiental no tiene efecto en la inducción floral de esta especie de orquídea.

Recomendación: Debido a que fuente de luz 1 promovió el mayor porcentaje de inducción floral, es conveniente hacer un estudio económico para conocer su viabilidad en la producción comercial de *L. anceps* subesp. *anceps*.

IX. LITERATURA CITADA

- Alcántar, G., G., Trejo-Téllez. 2013. Nutrición de cultivos. Ed. Biblioteca básica de agricultura. 454 p.
- Alcántar, G., G., y M. Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación especial. No. 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México.
- Alvarado, M. A., R. Foroughbakkch, E. Jurado, y A. Rocha. 2002. El cambio climático y la fenología de las plantas. Ciencia UANL. 5(4):493-500.
- Ames, O., and D. S. Correll. 1985. Orchids of Guatemala and Belize. Dover Publications Inc., New York.
- Amzallag, G., N., H. R. Lemer, and A. Poljakoff-Mayber. 1992. Interaction between mineral nutrients, cytokinin and gibberellic acid during growth of Sorghum at high NaCl salinity. Journal of Experimental Botany 43:81-87.
- Arditti, J. 1982. Orchid: biology, reviews and perspectives. Volume II. Comstock Publishing Associates a Division of Cornell University Press. London. pp. 216-237.
- Ávila, D., I., y R. Salgado-Garciglia. 2006. Propagación y mantenimiento in vitro de orquídeas mexicanas, para colaborar en su conservación. Biológicas. 8: 138-149.
- Bandurski, R., S., J. D. Cohen, J. P. Slovin and D.M. Reinecke. 1995. Auxin biosynthesis and metabolism. In Plant Hormones: Physiology, Biochemistry, and Molecular Biology (ed. P. J. Davies), pp. 39-65.
- Bäurle, I, y Dean C. 2006. The timing of developmental transitions in plants. Cell. 125: 655-64.
- Bernier, G. and C. Périlleux. 2005. A physiological overview of the genetics of flowering time control. Plant Biotechnology Journal. 3: 3-16.
- Bernier, G., 1988, "The control of floral evocation and morphogenesis," Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 39: 175–219.

- Bichsel, R., G., T.W. Starman, and Y.T. Wang. 2008. Nitrogen, phosphorus, and potassium requirements for optimizing growth and flowering of the nobile dendrobium as a potted orchid. *HortScience* 43:328-332.
- Bidwell, R., G., S. 1990. Fisiología vegetal. Primera edición en español. A. G. T. Editor. México. pp. 599-625.
- Bik, A., R. 1976. Quality in *Anthurium andreanum* and *Aechmea fasciata* in peat substrate as affected by nitrogen and potassium nutrition. *Acta Horticulturae*. 64: 83-91.
- Blanchard, M. G., and E. S. Runkle. 2008. Temperature and pseudobulb size influence flowering of *Odontioda* Orchids. *HortScience*. 43: 1404-1409.
- Blanchard, M., G., y E. S. Runkle. 2006. Temperature during the day, but not during the night, controls flowering of *Phalaenopsis* orchids. *Journal of Experimental Botany* 57: 4043-4049.
- Bollone, R. 2006. Orquídeas: Guía del aficionado. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. pp. 354-359.
- Bustan, A, and E. E. Goldschmidt. 1998. Estimating the cost of flowering in a grapefruit tree. *Plant and Cell Environment* 21: 217-224.
- Cardoso, J. C., E. O. Ono, and J. D. Rodrigues. 2012. Gibberellic acid in vegetative and reproductive development of *Phalaenopsis* orchid hybrid genus. *Horticultura Brasileira* 30: 71-74.
- Casierra-Posada, F. P. J. Nieto, y C. Ulrichs. 2012. Crecimiento, producción y calidad de flores en calas (*Zantedeschia aethiopica* (L.) K. Spreng) expuestas a diferente calidad de luz. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*. 15: 97-105.
- Ceja, R. J., A. Espejo S., A. R. López F., J. García C., A. Mendoza R., y B. Pérez G. 2008. Las plantas epífitas, su diversidad e importancia. *Ciencias* 91: 34-41.
- Chapin, F. S. 1980. The mineral nutrition of wild plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 11: 233-260.
- Chapin, F. S., A. J. Bloom, C. B. Field, R. H. Waring. 1987. Source plant responses to multiple environmental factors. *BioScience*. 37: 49-57.
- Chase, M., W. K. M. Cameron, R. L. Barrett, and y J. V. Freudenstein. 2003. DNA data and Orchidaceae systematics: A new phylogenetic classification. In: KW Dixon, SP

- Kell, R.L. Barrett y P.J. Cribb (eds.), *Orchid Conservation*. Natural History Publications (Borneo), Kota Kinabalu, Sabah. pp. 69-89.
- Chen, J. G., S. H. Cheng, W. Cao, and X. Zhou. 1998. Involvement of endogenous plant hormones in the effect of mixed nitrogen source on growth and tillering of wheat. *Journal of Plant Nutrition*. 21: 87-97.
- Chou, C., C. W. S. Chen, K. L. Huang, H. C. Yu, and L. J. Liao. 2000. Changes in cytokinin levels of *Phalaenopsis* leaves at high temperature. *Plant Physiology Biochemistry* 38: 309-314.
- Cline, M. G. 1991. Apical Dominance. *The Botanical Review* 57:318-346.
- Colebrook, E., H. S. G. Thomas, A. L. Phillips, and P. Hedden. 2014. The role of gibberellin signalling in plant responses to abiotic stress. *Journal of Experimental Biology* 217: 67-75.
- CONABIO-CONANP-SEMARNAT. 2008. *Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal: Objetivos y Metas*. México.
- Correndo, A., A., y F. O. García. 2012. Concentración de nutrientes en planta como herramienta de diagnóstico: Cultivos extensivos. *Archivo agronómico* 14: 1-8.
- Damerow, L., A. Kunz, M. Blanke. 2007. Mechanische Fruchtbehangsregulierung. *Erwerbs-Obstbau*. 49: 1-9.
- de Castro, V.L., K.P. Goes, S.H. Chiorato. 2004. Developmental toxicity potential of paclobutrazol in the rat. *Int. J. Environ. Health Res.* 14: 371-380.
- De Kreij, C., and Th. J. M. van den Berg. 1990. Effect of electrical conductivity of the nutrient solution and fertilization regime on spike production and quality of *Cymbidium*. *Scientia Horticulturae*. 44:293-300.
- de Melo-Ferreira, W., G. Barbante K., J. E. Krausb, R. Pescadorc, R. M. Suzukid. Thidiazuron influences the endogenous levels of cytokinins and IAA during the flowering of isolated shoots of *Dendrobium*. *Journal of Plant Physiology* 163: 1126-1134.
- del Rivero-Bautista, N, J. M. Zaldivar-Cruz, M. Osorio-Miranda. 2013. Colección de orquídeas (Orchidaceae) del Campus Tabasco. *Agroproductividad* 6 (3): 50-62.

- Diario Oficial de la Federación. 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-ECOL-2010. Segunda Sección, Anexo normativo III. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. pp. 50-54.
- Dressler, R. L. 1981. The orchids. Natural history and classification. Second prind. Ed. Smithsonian Institution. United States of America. 332 p.
- Dueck, T., G. Trouwborst, S. W. Hogewoning, E. Meinen. 2015. Can a high red: Far red ratio replace temperature-induced inflorescence development in *Phalaenopsis*? Environmental and Experimental Botany 121: 139-144.
- Espinosa, M., J. A., E. A. Gaytán A., A. E. Becerril R., D. J. Contreras, y C. Trejo L. 2000. Fertilización química y biológica de *Phalaenopsis* (Orchidaceae) en condiciones de invernadero. Terra 18: 125-131.
- Ezcurra, E. 2006. Orquídeas de México. Ciencias. 82: 76-78.
- Flórez, R., V. J., y M. F. A. Pereira. 2009. El ácido abscísico acelera el desarrollo floral de solidago en días cortos. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín 62: 4835-4841.
- Flórez-Roncancio, V. J. 1997. Análisis hormonal en plantas: tendencias actuales. Agronomía Colombiana.14: 144-148.
- Folta, K. M., and K. S. Childers. 2008. Light as a Growth Regulator: Controlling Plant Biology with Narrow-bandwidth Solid-state Lighting Systems. HortScience. 43: 1957-1964.
- Forde, B. G., and H. Lorenzo. 2001. The nutritional control of root development. Plant and soil. 232:51-68.
- Fosket, D. E. 1994. Plant Growth and Development: a Molecular Approach. Academic Press, London. 580 p.
- Francisco, N., J. J., A. R. Jiménez-Aparicio, A. De Jesús-Sánchez, M. L. Arenas-Ocampo, E. Ventura-Zapata, y S. Evangelista-Lozano. 2011. Estudio de la morfología y aclimatación de plantas de *Laelia eyermaniana* RCHB. f. generadas *in vitro*. Polibotánica 32: 107-117.
- García, E. G. y J. F. Di Stefano. 2005. Fenología de árbol *Sideroxylon capiri* (Sapotaceae) en el Bosque Seco Tropical de Costa Rica. Revista Biología Tropical 53: 5-14.

- Gil, I., V., A. T. Bastida, G. E. Flores, y E. L. Navarro. 2007. Reproducción y manejo de orquídeas mexicanas. Universidad Autónoma Chapingo. México. pp. 31-42.
- Godó, T., K. Fujiwara, K. Guan, K. Miyoshi. 2011. Effects of wavelength of LED-light on in vitro asymbiotic germination and seedling growth of *Bletilla ochracea* Schltr. (Orchidaceae). *Plant Biotechnology* 28: 397–400.
- Goh, C. J., and J. Arditti. 1985. Orchidaceae. *In*: A. H. Halevy (ed.). *Handbook of flowering*. Vol. I. CRC Press, Boca Raton, Fla. P. pp. 309-336.
- Goh, C., J., M. S. Strauss, and J. Arditti. 1982. Flower induction and physiology in orchids. *In*: *Orchid biology: J. Arditti (Editor). Orchid Biology: Reviews and Perspectives II*. Cornell University Press. Ithaca, NY, pp: 213-241.
- González, H., E. 2009. Metodología para el manejo y cultivo de la colección de orquídeas del Jardín Botánico Orquideario Soroa. *Revista del Jardín Botánico Nacional Universidad Habana* 30-31: 27-28.
- Gopala, R., B., P. T. Srinivas, and M. H. Naik. 2012. Effect of shade on plant growth, spike yield, flower quality and vase life in *Dendrobium* orchid hybrid Sonia-17. *The Journal of Research ANGRAU* 40: 81-83.
- Ha, T. M. 2014. A review of plants' flowering physiology: the control of floral induction by juvenility, temperature and photoperiod in annual and ornamental crops. *Asian Journal of Agriculture and Food Science* 2: 186-195.
- Hágsater, E.; M. A. Soto-Arenas, G. A. Salazar-Chávez, R. Jiménez-Machorro, M. A. López-Rosas, y R. L. Dressler. 2005. *Las Orquídeas de México*. Instituto Chinoín. México, D. F. 304 p.
- Halbinger, F., and M. Soto. 1997. *Laelias of México*. *Revista del herbario AMO*. 15: 51-62.
- Hamrick, D. 2003. *Ball Redbook: Crop Production*. 17th ed., Vol. 2. Ball Publishing. Batavia, I11.
- Hew, C. S. 1987. Respiration in orchids. *In*: Arditti, J. (Ed.), *Orchid Biology Reviews and Perspectives*, vol. 4. Cornell University Press, Ithaca, pp. 227-259.
- Hew, C., S., and J. W. H. Yong. 2004. *The Physiology of Tropical Orchids in Relation to the Industry*. 2nd Edition. 388 pp.

- Hew, C., S., and P. E. Clifford. 1993. Plant growth regulators and the orchid cut-flower industry. *Plant Growth Regulation* 13: 231-239.
- Hinsley, A., D. Verissimo, y D. L. Roberts. 2015. Heterogeneity in consumer preferences for orchids in international trade and the potential for the use of market research methods to study demand for wildlife. *Biological Conservation* 190: 80–86.
- Hopkins, G., W. 1999. Introduction to plant physiology. Secon Edition. Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. pp. 313-331.
- INEGI. 2014. Marco Geoestadístico Nacional. Versión 6.2.
- Islam, M. A., G. Kuwar, J. L. Clarke, D.-R. Blystad, H. R. Gislerød, J. E. Olsen, S. Torre. 2012. Artificial light from light emitting diodes (LEDs) with a high portion of blue light results in shorter poinsettias compared to high pressure sodium (HPS) lamps. *Scientia Horticulturae*. 147: 136-143.
- Islama, M. A., G. Kuwara, J. L. Clarkeb, D.-R. Blystadb, H. R. Gislerøda, J. E. Olsena, S. Torrea. 2012. Artificial light from light emitting diodes (LEDs) with a high portion of blue light results in shorter poinsettias compared to high pressure sodium (HPS) lamps. *Scientia Horticulturae*. 147: 136-143.
- Jacquemyn, H., R. Brys, and E. Jongejans. 2010. Size-dependent flowering and costs of reproduction affect population dynamics in a tuberous perennial woodland orchid. *Journal of Ecology* 98: 1204-1215.
- James, H, K. 1972. Orchids and Fluorescent Lights. *American Orchid Society Bulletin*. 41: 796-800.
- Kim, Y. J., H. J. Lee, and K. S. Kim. 2011. Night interruption promotes vegetative growth and flowering of *Cymbidium*. *Scientia Horticulturae*. 130: 887–893.
- Kindlmann, P., and Z. Balounavá Z. 2001. Irregular flowering patterns in terrestrial orchids: theories vs empirical data. *Web Ecology* 2: 75-82.
- Konow, E. A., and Y. T. Wang. 2001. Irradiance levels affect in vitro and greenhouse growth, flowering, and photosynthetic behavior of a hybrid *Phalaenopsis* orchid. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 126: 531-536.
- Krizek, D. T., and R. H. Lawson. 1974. Accelerated growth of *Cattleya* and *Phalaenopsis* under controlled- environment conditions. *American Orchid Society. Bulletin No. 43*. pp. 503-510.

- Kull, T. 2002. Population dynamics of north temperate orchids. In: Kull, T. and J. Arditti, (eds), *Orchid biology: reviews and perspectives*, VIII. Kluwer Academic Publishers, pp. 139-159.
- Lang, A. 1952. Physiology of flowering. *Annual Review Plant. Physiology* 3: 265-306.
- Larson, R., A. 2004. *Introducción a la Floricultura*. 1ra ed. A. G. Editor, S. A. México. pp. 119-145.
- Lecoufle, M. 2005. *Orquídeas*. Ediciones Artemis. Losange. Barcelona. pp. 8-11.
- Leszek, S., J. 2003. *Reguladores del crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas*. vol. 1. Ediciones Mundi – Prensa. México. 487 p.
- Lin, M, T. W. Starman, Y.-T. Wang, and G. Niu. 2011. Vernalization duration and light intensity influence flowering of three hybrid nobile *Dendrobium* cultivars. *HortScience*. 46: 406-410.
- López, R., E. Runkle, Y. T. Wang, M. Blanchard and T. Hsu. 2007. Growing the best *Phalaenopsis*. In: *Orchids*. pp. 182-187. www.aos.org.
- Lopez, R., E. Runkle. 2004. The Flowering of Orchids. A Reality Check. AOS ORG. 196-203. www.aos.org.
- Lopez, R., G. E. S. Runkle, R. D. Heins, and C. M. Whitman. 2003. Temperature and Photoperiodic Effects on Growth and Flowering of *Zygopetalum* Redvale. *Fire Kiss. Orchids. Acta Horticulturae* 624: 155-162.
- Lopez, R., G., y E. S. Runkle. 2005. Environmental physiology of growth and flowering of Orchids. *HortScience*. 40: 1969-1973.
- López-Bucio, J., A. Cruz-Ramírez, y L. Herrera-Estrella. 2003. The role of nutrient availability in regulating root architecture. *Current Opinion in Plant Biology* 6: 280-287.
- Lunt, O. R. and A.M. Kofranek. 1961. Exploratory nutritional studies on cymbidiums using two textures of fir bark. *American Orchid Society Bulletin* 1961: 297-302.
- Martineau, V., M. Lefsrud, and M. T. Naznin. 2012. Comparison of Light-emitting Diode and High-pressure Sodium Light Treatments for Hydroponics Growth of Boston Lettuce. *HortScience*. 47:477-482.
- Massa, G. D., H.-H. Kim, R. M. Wheeler, and C. A. Mitchell. 2008. Plant productivity in response to LED lighting. *HortScience*. 43: 1951-1956.

- Matsumoto, T. K. 2006. Gibberellic acid and benzyladenine promote early flowering and vegetative growth of Miltoniopsis orchids hybrids. Hort Science. 41: 131-135.
- Menchaca, G. R. A., D. M. Moreno M. 2011. Micropropagación de orquídeas. Una estrategia para revalorizarlas como recurso forestal no maderable. Primera edición. CONAFOR, Fondo Sectorial Conacyt-Conafor, Universidad Veracruzana. 51 p.
- Menchaca, G., R. A., M. A. Lozano R., y L. Sánchez M. 2012. Estrategias para el aprovechamiento sustentable de las orquídeas de México. Revista mexicana de ciencias forestales 3: 9-16.
- Menchaca-García, R. A. D. Moreno M., M. A. A. Tellez V., M. E. Pedraza S., y M. Sumano G. 2011. Diagnóstico de la familia Orchidaceae en México. SAGARPA, SNICS, SINAREFI y UACH. 179 p.
- Mercier, H., G. B. Kerbauy, B. Sotta, and E. Miginiac. 1997. Effects of NO_3^- , NH_4^+ and urea nutrition on endogenous levels of IAA and four cytokinins in two epiphytic bromeliads. Plant, Cell and Environment 20:387-392
- Mills, H. A., and J. B. Jr. Jones. 1996. Plant analysis handbook II: A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. MicroMacro Publishing, Inc. Estados Unidos de América. pp. 223-224.
- Miranda, N., L. E. 2009. Las orquídeas del Estado de México. Programa Editorial Compromiso. Gobierno del Estado de México. México. 219 p.
- Monda, T., P. K. Dash, M. Ahmed, M. M. Islam, and M. H. Ali. 2014. Growth performance of orchid (*Dendrobium Sp.*) as influenced by different npk spray concentration. International Journal of Biosciences 4: 15-27.
- Mortensen, L. M. 2014. The effect of photon flux density and lighting period on growth, flowering, powdery mildew and water relations of miniature roses. American Journal of Plant Sciences 5: 1813-1818.
- Munguía-Lino, G., L. M. Vázquez-García, J. A. López-Sandoval. 2010. Plantas silvestres ornamentales comercializadas en los mercados de la flor de Tenancingo y Jamaica, México. Polibotánica 29: 281-308.
- Nagpal, P., C. M. Ellis, H. Weber, S. E. Ploense, L. S. Barkawi, T. J. Guilfoyle, G. Hagen, J. M. Alonso, J. D. Cohen, E. E. Farmer, J. R. Ecker and J. W. Reed.

2005. Auxin response factors ARF6 and ARF8 promote jasmonic acid production and flower maturation. *Development* 132: 4107-4118.
- Ng, C. K. Y., and C. S. Hew. 2000. Orchid pseudobulbs - 'false' bulbs with a genuine importance in orchid growth and survival! *Scientia Horticulturae*. 83: 165-172.
- Oliveira, C., K. y G. Barbante K. 2004. Thermoperiodic effect on flowering and endogenous hormonal status in *Dendrobium* (Orchidaceae). *Journal of Plant Physiology* 161: 1385-1387.
- Ondarza, N., R. 1981. Los reguladores de las plantas y los insectos. Tercera edición. Coordinación General de comités de Ciencias, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, D.F. pp. 13 -19.
- Öpik, H., and S. A. Rolfe. 2005. *The Physiology of Flowering Plants*. Fourth Edition. Cambridge University Press. 376 p.
- Osorio, A. I., N. W. Osorio V., M. C. Díez., y F. H. Moreno. 2014. Nutrient status and vegetative growth of *Vanilla planifolia* Jacks plants as affected by fertilization and organic substrate composition. *Acta Agronomica* 63: 326-334.
- Ouzounis, T., X. Fretté, E. Rosenqvist, and C. O. Ottosen. 2015. Effects of LEDs on chlorophyll fluorescence and secondary metabolites in *Phalaenopsis*. *Acta Horticulturae* 1078: 87-92.
- Palme, K., and F. Nagy. 2008. A new gene for auxin synthesis. *Cell*. 133: 31-32.
- Pan, X., R. Welti, and X. Wang. 2010. Quantitative analysis of major plant hormones in crude plant extracts by high-performance liquid chromatography–mass spectrometry. *Nature Protocols* 5: 986-992.
- Paradiso, R., and S. De Pascale. 2014. Effects of plant size, temperature, and light intensity on flowering of *Phalaenopsis* hybrids in Mediterranean greenhouses. *The Scientific World Journal* 2014: 1-9.
- Parker, R. 2000. *La ciencia de las plantas*. Paraninfo, S. A. Madrid, España. 628 p.
- Peres, L. E. P., N. Majerowicz E., G. B. Kerbauy. 2001. Dry mater partitioning differences between shoots and roots in two contrasting genotypes of orchids and their relationship with endogenous levels of auxins, cytokinins and abscisic acid. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 13: 185-195.

- Pfeifer, M., W. Heinrich, and G. Jetschke. 2006. Climate, size and flowering history determine flowering pattern of an orchid. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 151: 511-526.
- Phengphachanh, B, D. Naphrom, W. Bundithya. and N. Potapohn. 2012. Effects of day-length and gibberellic acid (GA₃) on flowering and endogenous hormone levels in *Rhynchostylis gigantea* (Lindl.) Ridl. *Journal of Agricultural Science* 4: 217-222.
- Powell, C. L., K. I. Caldwell, R. A. Littler, and I. Warrington. 1988. Effect of temperatura regime and nitrogen fertilizer level on vegetative and reproductive bud development in *Cymbidium* orchids. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 113: 552-556.
- Powles, S. B. 1984. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. *Annual Review of Plant Physiology* 4:15-44.
- Qin, Q., Q. Kaas, C. Zhang, L. Zhou, X. Luo, M. Zhou, X. Sun, L. Zhang, K.-Y. Paek, and Y. Cui. 2012. The cold awakening of *Doritaenopsis* 'Tinny Tender' orchid flowers: the role of leaves in cold-induced bud dormancy reléase. *Journal of Plant Growth Regulation* 31: 139-155.
- Quiroga, D., M. Martínez, y D. M. Larrea-Alcázar. 2010. Sistemas de polinización de cinco especies de orquídeas creciendo bajo condiciones de invernadero. *Ecología en Bolivia* 45: 131-137.
- Reinhardt, D., E.-R. Pesce, P. Stieger, T. Mandel, K. Baltensperger, M. Bennett, J. Traas, J. Friml, and C. Kuhlemeier. 2003. Regulation of phyllotaxis by polar auxin transport. *Nature*. 426: 255-260.
- Rittershausen, B., W. Rittershausen. 2000. *The practical encyclopedia of Orchids. A complete guide to orchids and their cultivation*. Ed. Lorenz Books. Londres. 256 p.
- Ronen, E. I. 2008. Microelementos en la agricultura. Red Hidroponía. Boletín 38. Lima-Perú.
- Rotor, G., B., Jr. 1952. Daylength and temperature in relation to growth and flowering of orchids. *Cornell University Agricultural Experimental Station Bulletin* 885.
- Runkle, E.S. 2008. Principles of light. *Orchids*. 350-353.

- Runkle, E.S. 2010. Environmental and Hormonal Regulation of Flowering in *Phalaenopsis*. In: 1st Int'l Orchid Symposium. M.G. Blanchard et al. (eds.). *Acta Horticulturae* 878: 263-268.
- SAS. 2009. Statical Analysis Sistem. Institute INC SAS. Versión 9. North Caroline. USA.
- Schmidt, W., J. Tittel, and A. Schikora. 2000. Role of hormones in the induction of iron deficiency responses in *Arabidopsis* roots. *Plant Physiology* 122: 1109–1118.
- Scott, T., K. 1984. Encyclopedia of plant physiology hormonal regulation of development II; The functions of hormones from the level of the cell to the whole plant. Volume 10. Ed. Springer – Verlag. Berlín, Germany. pp. 31- 195.
- SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.] 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación 2ª Sección, 30 de diciembre del 2010.
- Sheehan, T., J. 1960. Effects of nutrition and potting media on growth and flowering of certain epiphytic orchids. *American Orchid Society Bulletin* 30:289-292.
- Shefferson, R. P. 2006. Survival costs of adult dormancy and the confounding influence of size in lady's slipper orchids, genus *Cypripedium*. *Oikos* 115: 253-262.
- Shefferson, R. P., J. Proper, S. R. Beissinger, and E. L. Simms. 2003. Life history tradeoffs in a rare orchid: the costs of flowering, dormancy, and sprouting. *Ecology* 84: 1199-1206.
- Shefferson, R. P., T. Kull, and K. Tali. 2005. Adult whole-plant dormancy induced by stress in long-lived orchids. *Ecology* 86: 3099-3104.
- Simon, R, M. I. Igeno, G. Coupland. 1996. Activation of floral meristem identity genes in *Arabidopsis*. *Nature* 384: 59-62.
- Singer, R. B. 2009. Morfología floral y polinización de orquídeas: el segundo libro de Charles Darwin. *Acta Biologica Colombiana* 14: 337-350.
- Sørensen, M.T., V. Danielsen. 2006. Effects of the plant growth regulator, chlormequat, on mammalian fertility. *Int. J. Androl.* 29: 129-133.
- Soto-Arenas, M. A. 1993. Clasificación infraespecífica de *Laelia anceps*. *Orquídea* (Méx.). 13: 125-144.

- Spano, D., C. Cesaraccio, P. Duce, R. L. Snyder. 1999. Phenological stages of natural species and their use as climate indicators. *International Journal of Biometeorology* 42: 124-133.
- Stack, P., A., and F. A. Drummond. 1995. Effect of Blue Light on Flowering in *Dendranthema grandiflora* and Diapause Induction in *Orius insidiosus*. *Abstracts 92nd Annual Meeting of the American Society for Horticultural Science and 40th Annual Congress of the Canadian Society for Horticultural Science* 30:829.
- Stancato, G. C., P. Mazzafera, and M. S. Buckeridge. 2002. Effects of light stress on the growth of the epiphytic orchid *Cattleya forbesii* Lindl. X *Laelia tenebrosa* Rolfe. *Revista Brasileira de Botanica* 25: 229-235.
- Taiz, L., and Zeiger. 2010. *Plant Physiology*. 5th ed. Ed. Sinauer Associates Inc., Publishers. U.S.A. 782 p.
- Teixeira da S., J. A. 2013. Orchids: Advances in tissue culture, genetics, phytochemistry and transgenic biotechnology. *Floriculture Ornamental Biotechnology* 7: 1-52.
- Tejeda-Sartorius, O., M. A. Téllez-Velasco, E. J. Guzmán-Hernández. 2013. Las orquídeas de Tepexilotla, Chocamán, Veracruz. *Agroproductividad* 6: 21-27.
- Téllez-Velazco M. A. A., R. A. Menchaca G., D. Moreno M., M. E. Pedraza S., y A. Laguna C. 2011. Análisis del diagnóstico de la familia Orchidaceae en México. SAGARPA, SNICS, SINAREFI y UACH. 169 p.
- Thomas, B., y Vince-Prue, D., 1997. *Photoperiodism in Plants*, 2nd ed. Academic Press, London, UK.
- Tiza, A., G. 2010. "Propagación *in vitro* de las orquídeas *Dendrobium*, *Laelia anceps*, *Phalaenopsis* y *Sobralia xantholeuca*". Universidad veracruzana. Tesis. Orizaba, Veracruz. pp.
- Tofiño, A. H. M. Romero, D. Cabal. 2013. Aspectos moleculares de la inducción y el desarrollo floral. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 22 p.
- Vadalié, H. 2001. *Producción de flores y plantas ornamentales*. Tercera Edición. Mundi-Prensa. México. pp. 176-180.
- Vaz, A., P. A. R. C. L. Figueiredo-Ribeiro, and G. B. Kerbauy. 2004. Photoperiod and temperature effects on *in vitro* growth and flowering of *P. pusilla*, an epiphytic orchid. *Plant Physiology, Biochemistry* 42: 411-415.

- Velázquez, V., R. 2001. Nutrición foliar en plantas de *Cattleya aurantiaca* Batem. Ex. Lindl. y *Laelia speciosa* (H.B.K) Schltr., bajo condiciones de invernadero. Tesis de maestro en ciencias. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 97 p.
- Vichiato, M. R. M., M. Vichiato, M. Pasqual, F. Almendagna R., and D. Melo de C. 2014. Morphological effects of induced polyploidy in *Dendrobium nobile* Lindl. (Orchidaceae) *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 14: 154-159.
- Vogt-Schilb, H., P. Geniez, R. Pradel, F. Richard, and B. Schatz. 2013. Inter-annual variability in flowering of orchids: lessons learned from 8 years of monitoring in a mediterranean region of France. *European Journal of Environmental Sciences* 3: 129-137.
- Wang, W. Y., W. S Chen, W. H. Chen, L. S. Hung, and P. S. Chang. 2002. Influence of abscisic acid on flowering in *Phalaenopsis hybrida*. *Plant Physiology Biochemistry* 40(1): 97-100.
- Wang, Y. T. 1996. Effects of six fertilizers on vegetative growth and flowering of *Phalaenopsis* orchids. *Scientia Horticulturae* 65: 191-197.
- Wang, Y. T. and L. L. Gregg. 1994. Medium and fertilizer affect the performance of *Phalaenopsis* orchids during two flowering cycles. *HortScience* 29(4): 269-271.
- Wang, Y., T. 1995. *Phalaenopsis* orchid light requirement during the induction of spiking. *HortScience* 30: 59-61.
- Wang, Y., T. 2007. Potassium Nutrition Affects *Phalaenopsis* Growth and Flowering. *HortScience* 42(7):1563-1567.
- Wang, Y., T. and T. Y. Hsu. 1994. Flowering and growth of *Phalaenopsis* Orchids following growth retardant applications. *HortScience* 29: 285-288.
- Weaver, R. J. 1976. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Trillas. México. pp. 205-232.
- Wheeler, R. M., C. L. Mackowiak, and J. C. Sager. 1990. Soybean stem growth under high-pressure sodium with supplemental blue lighting. *Agronomy Journal*. 83: 903-906.
- Whiting, D., M. Roll, L. Vickerman. 2014. Plant growth factors: light. Colorado State University USDA. pp 142-146.
- Woolley, D. J., and P. F. Wareing. 1972. The interaction between growth promoters in apical dominance. *New Phytologist* 71: 781-793.

- Xu, Z. H., X. Y Weng, W. G. Yu, y Y. H Chen. 2003. Flower forcing experiment on *Cymbidium hookerianum*. Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology 23: 23-25.
- Yin-Tung, W. 2000. Medium, Nutrition, and flower induction in potted blooming orchids. Horttechnology 10: 433-434.
- Zhao, Y. 2010. Auxin biosynthesis and its role in plant development. Annual Review of Plant. Biology 61: 49-64.
- Zheng, Y. P., W. Jiang, F. L. Liao, and H. F. Lu. 2012. Optimization of light quality for production of alkaloid and polysaccharide in *Dendrobium candidum* Wall. ex Lindl. Journal of Medicinal Plants Research 6: 560-565.
- Zotz, G. 1999. What are backshoots good for? seasonal changes in mineral, carbohydrate and water content of different organs of the epiphytic orchid, *dimerandra emarginata*. Annals of Botany 84: 791-798.
- Zotz, G. y U. Winkler. 2013. Aerial roots of epiphytic orchids: the velamen radicum and its role in water and nutrient uptake. Oecologia 171: 733-741.