



UNIVERSIDAD MICHUACANA DE  
SAN NICOLÁS DE HIDALGO

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRÍA EN  
CIENCIAS BIOLÓGICAS

AREA TEMÁTICA DE FISIOLOGÍA Y GENÉTICA VEGETAL

**RELACIÓN  $K^+/Ca^{2+}$ , PERIODOS DE FERTILIZACIÓN Y RIEGO  
EN EL DESARROLLO DE *Cymbidium* sp.**

**AGUSTIN URIBE TREVIÑO**

TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**ASESORA:**

DOCTORA EN CIENCIAS EN FISIOLOGÍA VEGETAL  
MARTHA E. PEDRAZA SANTOS

Uruapan, Michoacán, México. Agosto de 2014.



## CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN GENERAL	1
GENERAL ABSTRACT	2
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	3
I. INTRODUCCIÓN	3
1.1 Objetivo general	6
1.2 Objetivos específicos	6
1.3. Hipótesis	7
II. REVISIÓN DE LITERATURA	8
2.1 Importancia económica de las orquídeas	8
2.2 El género <i>Cymbidium</i>	10
2.3 Nutrición mineral de orquídeas	13
2.4 El uso del SPAD 502 para estimar la concentración de nitrógeno y clorofila	17
2.5 Solución nutritiva Steiner	18
2.5.1 Conductividad eléctrica	20
2.5.2 Relación $K^+/Ca^{2+}$	22
2.6 Estrés hídrico	24
2.7 La suspensión de la fertilización y su efecto en la producción de flores	25
III. LITERATURA CITADA	27
CAPÍTULO II. EFECTO DE LA RELACIÓN $K^+/Ca^{2+}$ , PERIODOS DE FERTILIZACIÓN Y RIEGO SOBRE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE <i>Cymbidium</i> sp.	40
RESUMEN	40
ABSTRACT	41
I. INTRODUCCIÓN	42

II. MATERIALES Y MÉTODOS	45
2.1 Ubicación del área experimental	45
2.2 Material vegetal	45
2.3 Soluciones nutritivas	46
2.4 Tratamientos y diseño experimental	47
2.5 Variables evaluadas	48
2.6 Análisis de datos	51
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
3.1 Pseudobulbos	54
3.2 Brotes	57
3.3 Número de hojas	60
3.4 Grosor de hoja	64
3.5 Variables asociadas a la floración	69
3.5.1 Número de escapos	71
3.5.2 Diámetro de escapo	73
3.6 Comparación de las variables florales en los dos ciclos de producción	74
IV. CONCLUSIONES	76
V. LITERATURA CITADA	77
CAPÍTULO III. CONCENTRACIÓN NUTRIMENTAL Y CONTENIDO DE CLOROFILA EN HOJAS DE <i>Cymbidium</i> sp. POR EFECTO DE LA RELACIÓN $K^+/Ca^{2+}$ , PERIODOS DE FERTILIZACIÓN Y ESTRÉS HÍDRICO.	82
RESUMEN	82
ABSTRACT	83
I. INTRODUCCIÓN	84

II. MATERIALES Y MÉTODOS	86
2.1 Ubicación del área experimental	86
2.2 Material vegetal	86
2.3 Soluciones nutritivas	87
2.4 Tratamientos y diseño experimental	88
2.5 Variables evaluadas	89
2.6 Análisis de datos	90
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	92
3.1 Lecturas SPAD	92
3.2 Concentración nutrimental	98
3.2.1 Efecto de la suspensión de la fertilización	102
3.2.2 Efecto del estrés hídrico	106
3.2.3 Relación de K y Ca	109
3.2.4 Interacción estrés hídrico * relación $K^+/Ca^{2+}$	110
IV. CONCLUSIONES	113
V. LITERATURA CITADA	114
CAPÍTULO IV. USO DEL SPAD COMO UNA TÉCNICA RÁPIDA PARA LA DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO Y CLOROFILA EN <i>Cymbidium</i> sp.	117
RESUMEN	117
ABSTRACT	118
I. INTRODUCCIÓN	119
II. MATERIALES Y MÉTODOS	121
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	124
IV. CONCLUSIONES	128
V. LITERATURA CITADA	129

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN GENERAL	132
I. DISCUSIÓN GENERAL	132
1.1 Suspensión de la fertilización	132
1.2 Estrés hídrico	134
1.3 Relación $K^+/Ca^{2+}$	135
1.4 Uso del SPAD para estimar clorofila y N	136
II. CONCLUSIONES GENERALES	138
III. LITERATURA CITADA	139

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
<b>CAPÍTULO II</b>		
1	Solución nutritiva Steiner, modificada para tener diferentes relaciones $K^+/Ca^{2+}$ y un potencial osmótico de -0.036 y -0.028 MPa en dos ciclos de producción de <i>Cymbidium</i> sp.	47
2	Tratamientos para evaluar el efecto de la relación $K^+/Ca^{2+}$ , estrés hídrico y la fertilización sobre el desarrollo de <i>Cymbidium</i> sp.	50
3	Cuadros medios del análisis de varianza para el efecto de la fertilización, estrés hídrico y relación $K^+/Ca^{2+}$ de la solución nutritiva sobre las variables vegetativas en <i>Cymbidium</i> sp. en el primero (marzo 2012 – febrero 2013 ) y segundo ciclo de evaluación (marzo 2013 – febrero 2014).	53
4	Efecto de la interacción de los factores estrés hídrico * relación $K^+/Ca^{2+}$ de la solución nutritiva sobre las variables total de hojas en pseudobulbos y número de hojas por pseudobulbo en plantas de <i>Cymbidium</i> sp.	63
5	Cuadros medios del análisis de varianza para el efecto de la fertilización, estrés hídrico y relación $K^+/Ca^{2+}$ de la solución nutritiva sobre las variables grosor en la base, parte media y ápice de la hoja y resistencia a la penetración del pseudobulbo en <i>Cymbidium</i> sp en el ciclo 1 (marzo 2012 – febrero 2013) y ciclo 2 (marzo 2013 – febrero 2014) de evaluación	65

6	Cuadrados medios del análisis de varianza para el efecto del periodo de fertilización, estrés hídrico y relación $K^+/Ca^{2+}$ de la solución nutritiva sobre el número de escapos por planta de <i>Cymbidium</i> sp. en el segundo ciclo de producción (marzo de 2013 a febrero de 2014).	70
7	Análisis de varianza para el diámetro de escapo en plantas de <i>Cymbidium</i> sp. en el ciclo 2 evaluación (marzo de 2013 a febrero de 2014).	71
8	Comparación entre las variables florales en el ciclo 1 (marzo de 2012 a febrero de 2013) y ciclo 2 (marzo de 2013 a febrero de 2014) en plantas de <i>Cymbidium</i> sp.	75

### CAPÍTULO III

1	Solución nutritiva Steiner, modificada para tener diferentes relaciones $K^+/Ca^{2+}$ y un potencial osmótico de -0.036 y -0.028 MPa en el primero y segundo ciclo de producción.	88
2	Tratamientos para evaluar el efecto de la relación $K^+/Ca^{2+}$ , estrés hídrico y la fertilización sobre el desarrollo de <i>Cymbidium</i> sp.	91
3	Cuadrados medios del análisis de varianza para el efecto del periodo de fertilización, estrés hídrico y relación $K^+/Ca^{2+}$ de la solución nutritiva sobre lecturas SPAD en hojas de <i>Cymbidium</i> sp.	94

4	Cuadrados medios del análisis de varianza para el efecto de la fertilización, estrés hídrico y relación $K^+/Ca^{2+}$ de la solución nutritiva sobre la concentración nutrimental en el tercio basal de las hojas de <i>Cymbidium</i> sp. en el primer ciclo de evaluación (marzo de 2012 a febrero de 2013).	99
5	Cuadrados medios del análisis de varianza para el efecto de la fertilización, estrés hídrico y relación $K^+/Ca^{2+}$ de la solución nutritiva sobre la concentración nutrimental en hojas de <i>Cymbidium</i> sp. en el segundo ciclo de evaluación (marzo de 2013 a febrero de 2014).	100

#### **CAPÍTULO IV**

1	Coeficiente de regresión de lecturas SPAD aplicado a clorofila a, clorofila b, clorofila total y nitrógeno total en hojas de <i>Cymbidium</i> sp.	124
---	---	-----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
<b>CAPÍTULO II</b>		
1	Variables evaluadas relacionadas con la floración. Apertura de primera y última flor, largo y ancho de flor y labelo, número de escapos, longitud, diámetro y distancia entre nudos en escapos y número de flores por escapo.	49
2	Efecto de la fertilización sobre el número de pseudobulbos en el primero (de marzo de 2012 a febrero de 2013) y segundo (de marzo de 2013 a febrero de 2014) ciclo de producción en plantas de <i>Cymbidium</i> sp.	55
3	Efecto de la fertilización sobre la longitud de pseudobulbos en plantas de <i>Cymbidium</i> sp. cultivadas en el segundo ciclo de marzo de 2013 a febrero de 2014.	56
4	Efecto del periodo de estrés hídrico sobre el diámetro de los pseudobulbos en plantas de <i>Cymbidium</i> sp. cultivadas en el segundo ciclo de marzo de 2013 a febrero de 2014.	57
5	Efecto de la relación $K^+/Ca^{2+}$ y estrés hídrico sobre número de brotes en <i>Cymbidium</i> sp. en el primer ciclo de marzo de 2012 a febrero de 2013.	58
6	Efecto de la fertilización sobre el número de brotes en el segundo ciclo de producción de marzo de 2013 a febrero de 2014 en plantas de <i>Cymbidium</i> sp.	59

7	Efecto de la fertilización sobre la longitud de brotes en el primero (de marzo de 2012 a febrero de 2013) y segundo (de marzo de 2013 a febrero de 2014) ciclo de producción en plantas de <i>Cymbidium</i> sp.	60
8	Efecto de la fertilización sobre el total de hojas en el ciclo 1 (marzo de 2012 a febrero de 2013) y ciclo 2 (marzo de 2013 a febrero de 2014) y número de hojas en brotes en el ciclo 2 en plantas de <i>Cymbidium</i> sp.	62
9	Síntomas causados por <i>Fusarium</i> en hojas de <i>Cymbidium</i> sp.	64
10	Grosor basal de la hoja en plantas de <i>Cymbidium</i> sp. por efecto de la relación $K^+/Ca^{2+}$ de la solución nutritiva y el periodo de fertilización y por efecto de la relación $K^+/Ca^{2+}$ de la solución nutritiva y estrés hídrico cultivadas de marzo de 2012 a febrero de 2013.	67
11	Efecto de la fertilización sobre el grosor apical en hojas de <i>Cymbidium</i> sp. cultivadas en el segundo ciclo de marzo de 2013 a febrero de 2014.	68
12	Grosor de hojas en la parte basal, media y apical en <i>Cymbidium</i> sp. en el ciclo 1 (marzo de 2012 a febrero de 2013) y 2 (marzo de 2013 a febrero de 2014).	69
13	Efecto de la relación $K^+/Ca^{2+}$ de la solución nutritiva sobre el número de escapos en plantas de <i>Cymbidium</i> sp. en el segundo ciclo de evaluación (marzo de 2013 a febrero de 2014).	72
14	Temperatura mínima, media y máxima en el invernadero de marzo de 2012 a marzo de 2014.	73

15	Diámetro de escapo registrado en el segundo ciclo de evaluación (marzo de 2013 a febrero de 2014) en plantas de <i>Cymbidium</i> sp.	74
----	--	----

### CAPÍTULO III

1	Efecto de la relación $K^+/Ca^{2+}$ sobre las lecturas SPAD un mes antes (134 dde) y un mes después (198 dde) de la aparición de los brotes florales en <i>Cymbidium</i> sp. en el primer ciclo de producción (marzo de 2012 a febrero de 2013).	92
2	Efecto del periodo de fertilización y estrés hídrico sobre lecturas SPAD 288 dde en <i>Cymbidium</i> sp.	95
3	Efecto de la suspensión de la fertilización sobre las lecturas SPAD en hojas de <i>Cymbidium</i> sp.	96
4	Efecto del estrés hídrico sobre lecturas SPAD a los 457 y 487 dde en hojas de <i>Cymbidium</i> sp.	98
5	Efecto de la fertilización sobre la concentración de P, K, Ca y Mg en el tercio basal en hojas de <i>Cymbidium</i> sp. en el primer ciclo de evaluación (marzo de 2012 a febrero de 2013).	102
6	Efecto de la fertilización sobre la concentración foliar de macro y micronutrientes en <i>Cymbidium</i> sp. en el segundo ciclo de evaluación (marzo de 2013 a febrero de 2014).	103
7	Efecto del estrés hídrico sobre la concentración foliar de K, Ca, Mg, S y B en hojas de <i>Cymbidium</i> sp. en el segundo ciclo de evaluación.	107

8	Concentración de K y Ca en hojas de <i>Cymbidium</i> sp. por efecto de la relación $K^+/Ca^{2+}$ de la solución nutritiva.	108
9	Efecto de la relación $K^+/Ca^{2+}$ de la solución nutritiva y estrés hídrico sobre la concentración de Ca y B en el primer ciclo de evaluación (marzo de 2012 a febrero de 2013) y Mn en el segundo ciclo de evaluación (marzo de 2013 a febrero de 2014) en hojas de <i>Cymbidium</i> sp.	111

#### **CAPÍTULO IV**

1	Plantas de <i>Cymbidium</i> sp.	120
2	Lecturas SPAD y determinación de clorofila y N en <i>Cymbidium</i> sp. SPAD 502, extracción de clorofila en N,N-dimetilformamida, lectura de la absorbancia en el espectrofotómetro, digestión con $H_2SO_4$ y $H_2O_2$ , curva de calibración y determinación de N con el colorímetro.	122
3	Correlación entre la concentración de clorofila a, clorofila b clorofila total, nitrógeno y lecturas SPAD en hojas de <i>Cymbidium</i> sp.	125

# RELACIÓN $K^+/Ca^{2+}$ , PERIODOS DE FERTILIZACIÓN Y RIEGO EN EL DESARROLLO DE *Cymbidium* sp.

## RESUMEN GENERAL

La producción comercial de *Cymbidium* requiere de investigaciones que permitan un mejor manejo de la nutrición y técnicas de diagnóstico nutrimental. Por lo anterior, se realizaron dos experimentos. En el primero se evaluó durante dos ciclos de producción el efecto de cinco relaciones  $K^+/Ca^{2+}$  (5/11, 6/10, 7/9, 8/8, y 9/7) en la solución nutritiva, tres periodos de estrés hídrico (0, 7 y 14 d sin regar) y la suspensión de la fertilización sobre el desarrollo, concentración nutrimental y producción de flores de *Cymbidium* sp. El diseño de tratamientos fue factorial 5 X 3 X 2 con un diseño experimental completamente al azar, con esto se generaron 30 tratamientos y el testigo regado con agua de la llave. En el segundo experimento se evaluó la concentración de clorofila y nitrógeno en hojas de *Cymbidium* con el medidor de clorofila SPAD 502. El número de hojas, así como el número y longitud de pseudobulbos y brotes, se incrementó con la fertilización continua en 26.8, 16.2, 7.9, 40.2 y 21.9 %, respectivamente, así como la concentración foliar de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe y Mn y las lecturas SPAD, en comparación con las plantas a las que se suspendió la fertilización. El periodo de estrés hídrico de 14 días disminuyó el diámetro de los pseudobulbos en 7.4 % y las lecturas SPAD. El grosor basal de las hojas se incrementó bajo condiciones de estrés nutrimental e hídrico. El número de escapos por planta fue mayor con la relación  $K^+/Ca^{2+}$  igual a 7/9, aunque la temperatura y humedad relativa del invernadero no promovieron una floración uniforme en todas las plantas. La calidad y tamaño de las flores fueron mejores en el segundo ciclo de evaluación. La concentración de K en la hojas fue mayor con la relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 9/7 y menor con la relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 5/11. La relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 9/7 disminuyó la concentración de Ca en las hojas y se incrementó con la relación  $K^+/Ca^{2+}$  igual a 5/11. Esto demuestra que el incremento en la concentración de alguno de estos cationes interfiere en la absorción del otro. Los coeficientes de correlación de las lecturas SPAD con la concentración de clorofila a ( $r = 0.88$ ,  $p < 0.001$ ), clorofila b ( $r = 0.84$ ,  $p < 0.001$ ), clorofila total ( $r = 0.87$ ,  $p < 0.001$ ) y nitrógeno total ( $r = 0.94$ ,  $p < 0.001$ ) resultaron altamente significativos. Los análisis de regresión lineal simple indicaron altos coeficientes de determinación para clorofila a ( $r^2 = 0.89$ ), clorofila b ( $r^2 = 0.88$ ), clorofila total ( $r^2 = 0.89$ ) y nitrógeno total ( $r^2 = 0.89$ ). Por lo anterior, el uso del SPAD 502 es una opción para la estimación de clorofila y nitrógeno en *Cymbidium* sp.

**Palabras clave:** nutrición de orquídeas, relación de cationes, solución nutritiva Steiner, diagnóstico nutrimental, SPAD 502.

# **K<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> RATIO, FERTILIZATION PERIODS AND WATERING ON *Cymbidium***

**sp.**

## **GENERAL ABSTRACT**

The commercial production of *Cymbidium* requires research to better management of nutrition and development of diagnostic techniques. Two experiments were performed. First, during two production cycles the effect of five K<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> ratios (5/11, 6/10, 7/9, 8/8, y 9/7) in the nutrient solution, three periods of water stress (0, 7 and 14 d without watering) and the suspension of fertilization was evaluated on the development, nutrient concentration and production of flowers *Cymbidium* sp. The treatment design was factorial 5 x 3 x 2 with a completely randomized experimental design, with 30 treatments and this witness watered with tap water were generated. In the second experiment the concentration of chlorophyll and nitrogen in leaves of *Cymbidium* was assessed with the SPAD 502. Number of leaves and number and length of pseudobulbs and buds increased with continuous fertilization in 26.8, 16.2, 7.9, 40.2 and 21.9%, respectively, and the foliar concentration of N, P, K, Ca, mg, S, B, Fe and Mn and SPAD readings, compared with plants that the fertilizer was suspended. Water stress (14 d period) decreased diameter pseudobulbos and SPAD readings. Basal leaf thickness increased under conditions of nutrient and water stress. Spikes number per plant was higher with the ratio K<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> of 9/7, although temperature and relative humidity greenhouse did not promote uniform flowering. Quality and size of the flowers was better in the second evaluation cycle. Leaves K concentration was higher with ratio K<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> of 9/7 and was lower with the relationship K<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> of 5/11. Ratio K<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> of 9/7 decreased Ca concentration in leaves and increased with the K<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> ratio 5/11. Increase in the concentration of any of these cations interferes with the absorption of other. Correlation coefficients were highly significant between SPAD readings and chlorophyll a (r = 0.88, p <0.001), chlorophyll b (r = 0.84, p <0.001), total chlorophyll (r = 0.87, p <0.001) and total nitrogen (r = 0.94, p <0.001). Regression analyzes showed a high coefficient of determination for chlorophyll a (r<sup>2</sup> = 0.89), chlorophyll b (r<sup>2</sup> = 0.88), and total chlorophyll (r<sup>2</sup> = 0.89) and total nitrogen (r<sup>2</sup> = 0.89). Results show that use of the SPAD 502 is an option for estimation of chlorophyll and nitrogen *Cymbidium* sp.

**Keywords:** Orchids nutrition, cations ratio, Steiner nutritional solution, nutrimental diagnostic, SPAD 502.

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL**

### **I. INTRODUCCIÓN**

Las orquídeas son comercializadas en todo el mundo como flor de corte para arreglos y ramos, plantas en maceta y plantas aéreas de ornato en regiones tropicales (López y Runkle, 2005). En 1995 la demanda mundial de orquídeas cultivadas fue de 1.3 billones de plantas (Hew y Yong, 1997). El consumo mundial de orquídeas (planta en maceta) fue valuado en más de 500 millones de dólares en 2000 (Wang, 2004). Los países que producen orquídeas a gran escala incluyen a China, Alemania, Japón, Países Bajos, Taiwan, Tailandia y Estados Unidos (Griesbach, 2000), en este último son el segundo cultivo en valor entre las flores cultivadas en maceta (Griesbach, 2002; Nash, 2003). La República Dominicana, Costa Rica e India recientemente han iniciado la producción de orquídeas para exportación (Laws, 2004).

Entre los problemas más frecuentes e importantes en el cultivo de orquídeas en invernadero destacan los aspectos nutrimentales, debido al desconocimiento del uso y suministro eficiente de los fertilizantes para acelerar el crecimiento vegetativo de las plántulas, adelantar la floración y prolongar la vida postcosecha (Smith, 1988).

El suministro óptimo de nitrógeno (N) es indispensable para un mayor rendimiento en plantas de *Cymbidium*. Datos recientes demuestran que existe una relación significativa entre el contenido de N y clorofila, fisiológicamente lo explica el hecho de que parte del N en la hoja se encuentra en las moléculas de clorofila (Porro *et al.*, 2001).

La determinación cuantitativa de N y clorofila es costosa, requiere de mucho tiempo y además es destructiva, por lo que no puede ser aplicada en todos los casos. Existen métodos más rápidos y no destructivos para estimar la concentración de clorofila y N *in vivo* en la hoja (Uddiling *et al.*, 2007). Las lecturas del SPAD 502 Minolta están asociadas a la concentración de N y clorofila (Duru, 2002), por lo tanto este equipo portátil permite estimar, de forma indirecta, su contenido en las hojas (Porro *et al.*, 2001).

Por otro lado, una de las soluciones nutritivas que se utiliza con frecuencia en hidroponía, es la llamada solución Universal Steiner, que consiste básicamente en mantener una relación mutua entre aniones  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  y cationes  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , indispensables para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Además la concentración total de la solución final es fisiológicamente óptima para las plantas (Rivera, 2009). Los cationes que se encuentran en mayores concentraciones en la solución nutritiva Steiner (1961) son el  $\text{Ca}^{2+}$  y el  $\text{K}^+$  por lo que es importante determinar la relación  $\text{K}^+/\text{Ca}^{2+}$  óptima para el cultivo de las orquídeas como *Cymbidium*.

La mayor concentración de nutrientes para promover el crecimiento vegetativo en las orquídeas, se requiere durante la primavera y verano. Una reducción de la fertilización a inicios de otoño puede ser necesaria con el fin de evitar daños a la raíz debido al poco crecimiento vegetativo y baja absorción de nutrientes durante épocas frías del año (Wang, 2000).

El déficit de riego es un sistema de manejo de agua para someter a periodos de estrés hídrico que pueden resultar en algunos beneficios económicos (Behboudian y Mills, 1997). Esta estrategia tiene como objetivo aumentar la productividad y hacer más eficiente el uso del agua (Mithell y Chalmers, 1982). Los efectos de estas prácticas en orquídeas deben ser determinados de modo que la calidad de la planta no se afecte (Wang, 2000).

Por lo anterior expuesto, ésta investigación contribuyó al estudio de la nutrición de *Cymbidium* sp. y al efecto de la suspensión de la fertilización y el estrés hídrico sobre su desarrollo y crecimiento, para ello el presente documento fue estructurado en cinco capítulos. En el primero se aborda el estado de conocimiento que se tiene acerca de las orquídeas y los factores evaluados en el estudio. En el segundo capítulo se analiza el crecimiento y desarrollo de *Cymbidium* sp. por efecto de la relación  $K^+/Ca^{2+}$ , suspensión de la fertilización y el estrés hídrico. El objetivo del tercer capítulo fue conocer el efecto de los tres factores de estudio sobre el estado nutrimental en plantas de *Cymbidium* sp. En el cuarto capítulo se evaluó el uso del SPAD como un método para estimar en forma

indirecta la concentración de N y clorofila en hojas de esta especie. Por último, el capítulo cinco concentra la discusión y conclusiones generales de esta investigación.

### **1.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de la relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva, el periodo de riego y suspensión de la fertilización sobre el crecimiento, producción de flores y acumulación de nutrientes en plantas de *Cymbidium* sp.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto de la relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva, la suspensión de la fertilización y el estrés hídrico sobre el crecimiento y floración de plantas de *Cymbidium* sp.
- Estudiar la absorción y acumulación de nutrientes en hojas de *Cymbidium* sp. por efecto de la relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva, la suspensión de la fertilización y el estrés hídrico.
- Estimar la ecuación de regresión para calcular la concentración de N y clorofila a partir de las lecturas SPAD en hojas de *Cymbidium* sp.

### 1.3 Hipótesis

- La relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva, la suspensión de la fertilización y el estrés hídrico afectan el desarrollo, crecimiento y floración de *Cymbidium* sp.
- La concentración nutrimental en las hojas de *Cymbidium* sp. es afectada por la relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva, la suspensión de la fertilización y el estrés hídrico.
- Existe una relación lineal directa entre las lecturas del medidor portátil de clorofila SPAD 502 y la concentración de N y clorofila en hojas de *Cymbidium* sp.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 1. Importancia económica de las orquídeas

La familia Orchidaceae es una de las más grandes entre las angiospermas con más de 25 000 especies descritas entre 859 géneros (Cribb y Govaerts, 2005). Las orquídeas están distribuidas en todas las regiones del mundo excepto la Antártida y se han encontrado en diferentes hábitats y altitud. (Pridgeon, 2000). A pesar de la diversidad de las orquídeas en la naturaleza, sólo un pequeño número de géneros son cultivados en grandes cantidades como cultivos ornamentales entre ellos *Cymbidium*, *Dendrobium*, *Oncidium* y *Phalaenopsis* (Blanchard y Runkle, 2006).

El consumo mundial de orquídeas (planta en maceta) fue valuado en más de 500 millones de dólares en 2000 (Wang, 2004). En Estados Unidos, país en el que las orquídeas son el segundo cultivo en valor entre las flores cultivadas en maceta (Griesbach, 2002; Nash, 2003), la producción de orquídeas se incrementó de 1996 a 2004 en 170 %, con un valor de las ventas estimado en 128 millones de dólares para 2004 (USDA, 2005). Los países que producen orquídeas a gran escala incluyen a China, Alemania, Japón, Países Bajos, Taiwan, Tailandia y Estados Unidos (Griesbach, 2000). La República Dominicana, Costa Rica e India recientemente han comenzado a producir flores para exportación (Laws, 2004). De 1983 a 2003, el número de orquídeas en maceta vendidas en el mercado

holandés paso de 50,000 a 18 millones (Barendse, 2002; Laws, 2004; Wang, 2004). En Japón, los géneros más vendidos, de 1993 a 2002 fueron *Phalaenopsis* (30 %) *Dendrobium* (20 %), *Oncidium* (20 %), *Cymbidium* (15 %) y *Cattleya* (10 %) (Hew y Yong, 1997; Laws, 2004).

Con el incremento de la producción de orquídeas alrededor del mundo, se requiere de investigaciones para determinar las condiciones óptimas de cultivo y los requerimientos ambientales para inducir la floración (López y Runkle, 2005).

Las publicaciones de investigaciones hechas sobre la fisiología de floración en ambientes controlados para la mayoría de los géneros de orquídeas son limitadas, excepto para algunos géneros (*Phalaenopsis* y *Cattleya* por ejemplo) La hibridación de las orquídeas es común, existen miles de cultivares registrados. Por lo tanto, debido a la variabilidad genética entre géneros e híbridos, estos pueden responder diferente a los factores ambientales que determinan su crecimiento y desarrollo (López y Runkle, 2005).

Debido a su diversidad de climas, México tiene un gran potencial para la producción de orquídeas, cuando se producen en maceta representa para los productores en invernadero una prometedora alternativa sobre otros cultivos. Además, la proximidad de México con Estados Unidos y Canadá, es una puerta abierta a la exportación por la alta demanda de plantas ornamentales, lo que da al país una ventaja competitiva (Juárez *et al.*, 2012).

## 2.2 El género *Cymbidium*

*Cymbidium* es un género de aproximadamente 44 especies nativas desde el Himalaya hasta regiones tropicales del sureste asiático y Australia (Pridgeon, 2000). Las especies de *Cymbidium* son usualmente autótrofas, terrestres, epifitas o litófitas. Sus raíces son gruesas con más de 8 mm de diámetro, las cuales están cubierta por un velamen blanco o grisáceo que es grueso y esponjoso con tejido vascular en su núcleo. Únicamente el ápice radicular carece de velamen y es usualmente verde ya que tiene clorofila. Los tallos son generalmente hinchados en forma de prominentes pseudobulbos, los cuales son ligeramente aplanados. Su hábito de crecimiento es simpodial y los nuevos pseudobulbos emergen anualmente de un pequeño rizoma. Las hojas son también gruesas (3 mm o más), flexibles y de textura fina con una apariencia acanalada, tienen una cutícula gruesa y una gran cantidad de mesofilo esponjoso. La inflorescencia, no ramificada, puede ser erecta, arqueada o péndula. El pedúnculo (escapo) está cubierto por alrededor de ocho capas. El número de flores varia de una en *C. goeringii* y *C. eburneum* a alrededor de 50 en *C. canaliculatum* y *C. suavissimum* (Du y Cribb, 2007).

Actualmente las orquídeas del género *Cymbidium*, son las más cultivadas en el mundo, debido principalmente a la calidad de sus flores y al gran número de híbridos en los que se contemplan un amplio abanico de colores. La floración de esta planta es muy peculiar ya que si no se corta de la planta, la flor puede durar

hasta diez semanas. Una vez cortadas, también pueden durar mucho más que otros tipos de flor de corte (InfoFlor.es, 2011).

*Cymbidium* es cultivada comercialmente en los Estados Unidos y Europa, principalmente para la pascua y Navidad (Bose *et al.*, 1999). En la India, es la segunda orquídea cultivada después de *Dendrobium*. La mayor área de cultivo se ubica entre los 1500 a 2000 msnm (Munsi *et al.*, 2004). En Italia es una de las orquídeas más populares (De Pascale *et al.*, 2001). De acuerdo con la Asociación Holandesa de Venta de Flores (VBN), en 2007, Holanda importó 3.54 billones de flores de corte y exportó 3.37 billones, de este volumen destacan seis especies, entre ellas *Cymbidium* (Juárez *et al.*, 2012).

Debido a la amplia distribución de *Cymbidium*, es frecuentemente dividida en tres grupos con base en la tolerancia que muestran a la temperatura: frías, intermedias y calientes (Pridgeon, 2000). En general, todas las especies (terrestres, epifitas, litofitas y semiepifitas) requieren de días largos y temperaturas día/noche de 30/25 °C para tener un rápido crecimiento y alcanzar la maduración del pseudobulbo (Ichihashi, 1997; Pridgeon, 2000).

Durante el calor del verano, en Japón, las plantas de *Cymbidium* son comúnmente transportadas de las áreas de producción en partes bajas a lugares con mayor elevación sobre el nivel del mar. Esto ayuda a prevenir estrés por altas temperaturas durante el crecimiento vegetativo y expone a la planta a

temperaturas 10 y 16 °C y más luz para la iniciación floral. Los requerimientos de temperatura acumulada para la diferenciación de yemas florales es de 34,000 °C-horas (calculadas a partir del producto de las horas de exposición a temperaturas entre 10 a 16 °C por la temperatura) (Ichihashi, 1997). La mayoría de las especies de *Cymbidium* de flor grande desde el Himalaya hasta China es inducida a florecer por medio de un pronunciado periodo de frío en el cual la temperatura nocturna se mantiene entre los 10 y 14 °C (Pridgeon, 2000; Rotor, 1952; Went, 1957). En California los productores proporcionan a sus plantas una intensidad de luz relativamente alta (hasta luz total en invierno) y temperaturas nocturnas de 10 a 13 °C para la iniciación de yemas florales (Goh y Aarditti, 1985).

Se ha reportado que muchos híbridos de *Cymbidium* de clima templado originados del “Cinturón Asiático de *Cymbidium*” responden a días calientes y noches frías para la floración, con fluctuaciones de temperatura nocturna de 10 a 14 °C (López y Runkle, 2005). Powell *et al.* (1988) reportan que plantas de *Cymbidium* ‘Astronaut Rajah’ expuestas a temperaturas de 26/12 °C día/noche y 14 horas de fotoperiodo produjeron un promedio de 5.9 inflorescencias por planta. A 20/12 °C o 26/18 °C, únicamente se desarrollaron 0.8 y 1.7 inflorescencias por planta, respectivamente. Temperaturas arriba de los 25 °C pueden causar aborto de la floración en etapas tempranas de desarrollo en muchas *Cymbidium* intermedias y miniaturizadas como *C. pumilum* y *C. Sazanami* ‘Haru-no-umi’ (Ichihashi, 1997; Ohno, 1991). El desarrollo del pseudobulbo y la formación de flores en *Cymbidium ensiflorum* var. *misercors* fue acelerado con temperaturas

día/noche cálidas, las plantas con pseudobulos maduros de 1 a 2 años produjeron 2.3, 1.6 y 1.1 inflorescencias, con temperaturas día/noche de 30/25, 25/20 y 20/15 °C, respectivamente. Las orquídeas del género *Cymbidium* originarias de regiones cálidas como Taiwán y el sur de China normalmente florecen en verano (Lee y Lee, 1993).

### **2.3 Nutrición mineral de orquídeas**

Se ha encontrado que los factores que afectan la nutrición de las orquídeas incluyen a las especies, sustratos y condiciones ambientales de crecimiento (Poole and Sheehnan, 1980; Soon, 1980). Esto incluye la calidad del agua y frecuencia del riego; intensidad, calidad y duración de la luz; y la temperatura (Poole y Seehnan, 1980).

Tradicionalmente, se han recomendado fertilizantes con alto contenido de N para el cultivo de orquídeas en corteza (Northen, 1990). Esto puede deberse a que los microorganismos presentes en el medio usan una gran cantidad del N adicionado para sus propios procesos fisiológicos, para *Phalaenopsis* la adición de 200 mg L<sup>-1</sup> de N, 160 mg L<sup>-1</sup> de K y 22 mg L<sup>-1</sup> de P son adecuados para un excelente crecimiento vegetativo. La necesidad de aplicar fertilizantes con un alto contenido de N cuando se cultiva esta orquídea en corteza puede deberse a la baja retención de nutrientes de este material (Wang y Konow, 2002).

En investigaciones hechas en mini-*Cymbidium* el N promovió el crecimiento de brotes vegetativos, pero redujo el número de escapos por brote (Bik y Van den Berg, 1984).

Cuando la urea es la fuente de más del 25 % del N aplicado, la mayoría de los cultivos en invernadero tienen un crecimiento más notorio y se incrementa la longitud de los entrenudos. En un híbrido de *Phalaenopsis sp.* se observó un mayor incremento en el número de hojas (6.7) y mayor área foliar (666 cm<sup>2</sup>) cuando se fertilizó con urea en un sustrato con corteza y peat moss (7:3) comparado con otras fuentes de fertilizantes que no contenían urea (5.3 y 464 cm<sup>2</sup>) (Wang y Konow, 2002).

Existen especies que prefieren exclusivamente NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y plantas que prefieren exclusivamente NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Sin embargo, las plantas se benefician de una mezcla de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, aunque la relación óptima y la concentración de N varía dependiendo de la especie, edad de la planta y pH del medio de crecimiento (Miller y Cramer, 2004). El efecto del NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a pH constantes fue evaluado en embriones de orquídeas, ambos iones fueron usados por estos, el NO<sub>3</sub><sup>-</sup> fue superior para *Cymbidium*, significativamente mejor para *Cattleya* e inferior para *Vanda* (Curtis *et al*, 1949). El contenido de N en hojas maduras de *Cymbidium* fue mayor en plantas fertilizadas con (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> comparada con las que recibieron Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, pero no hubo diferencia en el crecimiento (Lunt y Kolfrank, 1961).

El nitrógeno orgánico soluble, que incluye a proteínas y aminoácidos libres, es en muchos casos de gran importancia para la nutrición nitrogenada de plantas en diversos ambientes, (Schmidt y Stewart, 1999). La orquídea *C. fimbriatum* parece tolerar pH bajos y concentraciones relativamente altas de  $\text{NH}_4^+$  en su rizosferas, esta tolerancia puede explicar porque las plantas epifitas normalmente crecen en hábitats ácidos, los iones de  $\text{NH}_4^+$  representan una importante fuente de N para estas plantas. Los resultados de experimentos hechos con esta orquídea cultivada *in vitro* en medio con diferentes fuentes de N ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  y glutamina) sugieren que el N orgánico y el  $\text{NH}_4^+$  son las principales fuentes de N para *C. fimbriatum*. La transferencia de N-amino desde la glutamina a ácidos cetónicos o aminoácidos requiere que haya disponibilidad de esqueletos de C y energía. Por lo tanto, las plantas cultivadas en glutamina pueden necesitar un mayor consumo de carbohidratos (Majerowicz *et al.*, 2000).

Plantas de *Cattleya* que fueron fertilizadas semanalmente con  $\text{NH}_4^+$ , presentaron mayor peso fresco y área foliar de nuevos brotes, así como mayor peso de materia seca de raíz que las plantas fertilizadas con  $\text{NO}_3^-$ . Plantas fertilizadas de manera similar, a intervalos de dos o tres semanas no mostraron diferencias en el crecimiento entre las dos fuentes de N. Sin embargo, las plantas que recibieron  $\text{NH}_4^+$  a intervalos de tres semanas mostraron mayor clorosis en hojas después de 10 meses de cultivo que las plantas que fueron fertilizadas con  $\text{NO}_3^-$ . Esta clorosis se debe, probablemente, a que el  $\text{NH}_4^+$  provocó una deficiencia

de  $K^+$ , como resultado de un antagonismo entre los dos iones y una fertilización menos frecuente (Poole, 1971).

En un experimento realizado en tres variedades de *Cymbidium* 'Traceredway', 'Floripink' y 'Pendragon Irene', cultivadas en sustrato (48 % urea-formaldehído, 48 % poliuretano y 4 % poliestireno) se encontró una baja concentración de P en las flores ( $0.7 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de materia seca), mientras que el contenido de  $K^+$  fue mayor en tallos y flores ( $0.11$  y  $1.77 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de materia seca) (De Pascale *et al.*, 2001). Estos resultados coinciden con los reportes de que estas especies requieren altos niveles de potasio para una óptima producción (Liang y Pan, 1994; Pan *et al.*, 1997).

En *Phalaenopsis*, cuando se aplicaron  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de K, se eliminaron por completo los síntomas por deficiencia de este nutrimento y resultó en un buen crecimiento y floración y para obtener plantas de *Phalaenopsis* con una mayor longitud de hojas, inflorescencias más largas, mayor número de flores y más grandes se recomienda una aplicación de  $300 \text{ mg L}^{-1}$  de K sin importar el sustrato en que se cultive. El incremento en la disponibilidad de N puede incrementar la demandad de K (más N, plantas más grandes y por lo tanto más demanda de K) (Wang, 2007).

## 2.4 El uso del SPAD 502 para estimar la concentración de nitrógeno y clorofila.

El SPAD 502 es un equipo manual desarrollado por Minolta en los 80's para medir clorofila. El contenido de N en las hojas también está asociado a las lecturas SPAD (Chapman y Barreto, 1997; Di Salvo *et al.*, 1999; Duru, 2002). El SPAD 502 mide la transmitancia de la luz roja (650 nm) e infrarroja (940 nm) a través de la hoja y calcula un valor relativo que debería corresponder a la cantidad de clorofila (Minolta, 1989).

Algunos estudios han confirmado una fuerte relación entre el contenido de clorofila total (a + b) y lecturas SPAD (adimensionales) obtenidas de los medidores portátiles de clorofila SPAD 501 y 502 (Marquard and Lipton, 1987). También se confirmó una fuerte relación entre lecturas SPAD y el contenido de N (o proteína cruda) (Nielsen *et al.*, 1995; Li *et al.*, 1998). Durante la década pasada, el uso del medidor de clorofila SPAD se ha incrementado exponencialmente en la agricultura y la investigación y actualmente hay más de 200 estudios científicos publicados relacionados con el uso de este equipo (Uddiling *et al.*, 2007).

El SPAD 502 fue evaluado en tres especies de arbustos ornamentales, *Viburnum tinus* L., *Pittosporum tobira* Thumb. y *Arbutus unedo* L. Se midió en diferentes épocas de muestreo, dos sustratos, cinco concentraciones de N total (1, 3, 5 y 7 mmol L<sup>-1</sup>) en la solución nutritiva y cinco relaciones de nitrato/amonio

(70/30, 50/50, 40/60 y 30/70 %). Se establecieron ecuaciones de regresión entre la concentración de N en las hojas y los valores SPAD registrados. Los coeficientes de regresión entre el N en las hojas y las lecturas SPAD fueron altamente significativos ( $P < 0.05$ ) para prácticamente todas las épocas de muestreo, sin embargo, las ecuaciones de regresión lineal fueron diferentes entre todos los tratamientos en todas las fechas muestreadas. En algunos casos, los coeficientes de determinación ( $R^2$ ), mostraron que el uso del SPAD no es un buen indicador para de la concentración de N en hojas en *Viburnum tinus* L. y *Pittosporum tobira* Thumb. No obstante, el SPAD 502, podría ser usado exitosamente para fines de comparación relativa y manejo de la nutrición en campo. Por otro lado, el SPAD 502, es una herramienta relativamente buena para estimar la concentración de N en las hojas y hacer un diagnóstico nutrimental en *Arbutus unedo* L. con un rango de lecturas de 38-66 (Martin et al., 2007). En contraste con este experimento, en papa, trigo y abedul se encontró una relación no lineal entre la concentración de clorofila y las lecturas SPAD (Uddiling et al., 2007). Esto demuestra que el SPAD 502 no puede ser utilizado eficazmente en todas las especies y su uso debe ser evaluado en cada caso.

## **2.5 Solución nutritiva Steiner**

La solución nutritiva Steiner, también conocida como universal, se expresa en  $\text{meq L}^{-1}$  y sus elementos son:  $\text{NO}_3^-$ , 12;  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , 1;  $\text{SO}_4^{2-}$ , 7;  $\text{K}^+$ , 7;  $\text{Ca}^{2+}$ , 9; y  $\text{Mg}^{2+}$ , 4, cuando el potencial osmótico es  $-0.072$  MPa y el pH es 6.5 (Steiner,

1984). Sin embargo, las necesidades nutrimentales de los vegetales dependen de factores como: especie, variedad, etapa fenológica (Steiner, 1973, 1984, Carpena *et al.*, 1987) y ambiente físico en que se desarrolla la planta, el cual afecta la tasa de absorción y la distribución de nutrimentos dentro de la misma, además de la tasa de crecimiento (Adams, 1999).

El funcionamiento normal del organismo vegetal ocurre con una determinada relación de cationes y aniones en la solución nutritiva; el crecimiento de los órganos aéreos de las plantas y el desarrollo del sistema radical dependen del equilibrio fisiológico de la solución nutritiva (Yágodin, 1986). En este sentido, las características de la solución nutritiva que más influencia tienen en el crecimiento, rendimiento y en la calidad de los productos vegetales de interés antropogénico son: la relación mutua de cationes ( $K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$ ) la relación mutua de aniones ( $NO_3^- + H_2PO_4^- + SO_4^{2-}$ ), la concentración total de iones y el pH (Steiner, 1961).

Steiner (1961) indicó que cuando se aplica la solución nutritiva en forma continua, las plantas pueden absorber iones a muy bajas concentraciones. Sin embargo, es probable que a una concentración demasiado baja, la demanda mínima de determinados nutrientes no sea cubierta. En el otro extremo de concentración, el consumo excesivo puede conducir a efectos tóxicos. El punto de discusión es la existencia de concentraciones óptimas de determinados nutrientes en solución para un cierto cultivo, bajo particulares condiciones ambientales, o si

sus proporciones relativas y no sus concentraciones absolutas son los factores determinantes (Juárez *et al.*, 2006).

### **2.5.1 Conductividad eléctrica**

Las raíces de las orquídeas no están adaptadas al agua con un alto contenido de sales ya que en sus hábitats naturales crecen en troncos o ramas de árboles, bajo doseles espesos, sus raíces están expuestas y dependen de la lluvia y el rocío para abastecerse de agua. Debido a esto, las orquídeas pueden ser menos tolerantes a la salinidad que otras especies (Miles, 1982).

Algunos reportes mencionan un amplio rango de CE para el cultivo de *Phalaenopsis*, entre 0.63 y 3.8 dS.m<sup>-1</sup> (Wang, 1996; Wang y Gregg, 1994). Aunque se ha reportado que al aumentar la CE en la solución nutritiva se causa daño a la raíz de *Phalaenopsis* (Wang, 1998).

En *Cymbidium*, una CE de 1.4 dS m<sup>-1</sup> en la solución nutritiva disminuyó el número de escapos por brote (1.9) y produjo escapos más cortos (54.3 cm), mientras que con 0.6 dS m<sup>-1</sup> el número de escapos por brote se incrementó (2.2) y los escapos fueron más largos (58.2 cm). Por el contrario la mayor producción de escapos (27.1) y flores (521) por m<sup>2</sup> se encontró con 1.4 dS m<sup>-1</sup>, comparado con 22.7 escapos y 430 flores por m<sup>2</sup> con CE de 0.6 dS m<sup>-1</sup>. El número de brotes por m<sup>2</sup> aumentó 41 % conforme se incrementó la salinidad de 0.6 a 1.4 dS m<sup>-1</sup> (De Kreij y van der Berg, 1990). Estos resultados pueden ser función del incremento

de los fertilizantes lo que se refleja en el aumento en la CE (Wang, 1998). La CE de la solución nutritiva afectó la producción de brotes y escapos en *Cymbidium* por efecto del N, ya que una CE de 0.6, 1.0 y 1.4 dS m<sup>-1</sup>, están asociadas con concentraciones de 2.9, 4.9 y 6.9 mM de este nutrimento, respectivamente, lo que resulta en contenidos de N en el material vegetal de 879, 938 y 1065 mmol kg<sup>-1</sup> para el cultivar 'Red Beauty Carmen' y 1020, 1142 y 1210 mmol kg<sup>-1</sup> de materia seca para el cultivar Mary Princhess 'Del Rey'. El efecto del N se reflejó en una correlación positiva (P<0.05) (93 %) entre la formación de brotes vegetativos en *Cymbidium* con el contenido de N en hojas jóvenes. Mientras que la correlación fue negativa entre la producción de escapos florales por brotes vegetativos y el contenido de N en las hojas jóvenes (70 %) (P<0.05) (De Kreij y van der Berg, 1990).

Una CE de 1.4 dS m<sup>-1</sup> en *Cymbidium* produce más escapos por m<sup>2</sup> pero menos escapos por brote. Estos resultados pueden usarse para su producción comercial; cuando las plantas viejas son divididas y plantadas, se requiere crecimiento vegetativo y una gran producción de escapos por m<sup>2</sup> de invernadero. Cuando las plantas se hacen viejas y tienen muchos pseudobulbos, no es deseable un gran crecimiento vegetativo, en este momento las plantas deben ser espaciadas o divididas. En este estado, retardar el crecimiento vegetativo junto con una alta producción de escapos por brote, dará un mayor rendimiento. Esto puede lograrse con una baja CE (De Kreij y van der Berg, 1990).

En *Phalaenopsis*, las flores disminuyeron en 6 % su diámetro conforme se incrementó la concentración de sales en el agua de 0.05 (agua obtenida por osmosis inversa) a 1.4 dS m<sup>-1</sup> (agua de la llave). Las plantas produjeron 33 % más flores con el aumento de la CE de 0.05 a 1.1 dS m<sup>-1</sup> cuando se cultivaron en corteza comparadas con plantas en corteza y turba que no se vieron afectadas por el aumento de la CE en el número total de flores. En ambos medios la CE no afectó la producción de hojas, pero las raíces de las plantas sufrieron muerte regresiva al ser regadas con agua con una CE de 1.4 dS.m<sup>-1</sup>. El efecto adverso encontrado por incrementar la salinidad fue el daño a la raíz, conforme la salinidad incrementó el daño aumentó hasta llegar a matarla completamente. A pesar de la salinidad, las plantas cultivadas en la mezcla con corteza y turba crecieron vigorosas y más rápido (Wang, 1998).

La formación progresiva de flores más pequeñas con el incremento de la salinidad no parece tener un efecto comercial significativo (Wang, 1998). La disminución de la producción de *Dendrobium* asperjada con altas dosis de fertilizantes fue atribuida al incremento de los niveles de sales en la zona de la raíz (Imamura *et al.*, 1986).

### **2.5.2 Relación K<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>**

Steiner (1961) señaló, en relación a la concentración de cualquier ión, que lo más importante es la relación que se establece con respecto a los demás iones

de su misma carga eléctrica, lo que se denomina relación mutua aniónica, si se trata de iones con carga negativa y relación mutua catiónica, al referirse a iones con carga positiva.

En frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se reportó que la absorción de calcio y magnesio se relacionan de manera positiva con la relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva (Peñalosa *et al.*, 1995). Existe una influencia de  $K^+$  en la absorción de  $Ca^{2+}$ , pero existen escasas investigaciones acerca de las óptimas concentraciones  $K^+/Ca^{2+}$  para el cultivo hidropónico (Ramírez *et al.*, 2010). Dentro de estas destaca la investigación realizada con tulipán (*Tulipa gesneriana* L.) cv. 'Ile de France' en donde se evaluó el efecto de nueve relaciones  $K^+/Ca^{2+}$  (5.5/7.5, 5.5/9.0, 5.5/10.5, 7.0/7.5, 7.0/9.0, 7.0/10.5, 8.5/7.5, 8.5/9.0 y 8.5/9.0 meq L<sup>-1</sup>) de la solución nutritiva preparada mediante el método propuesto por Steiner, sobre indicadores de crecimiento y calidad postcosecha. Este cultivar mostró respuestas diferenciales a la relación  $K^+/Ca^{2+}$  en la solución nutritiva. La mejor respuesta correspondió a la relación  $K^+/Ca^{2+}$  8.5/9.0, donde se registró la mayor altura de tallos florales, firmeza de tallos, contenido de clorofilas al final de la vida de florero, azúcares totales y vida de florero. En plantas con la relación 8.5/9.0 se encontró la menor relación de acumulación de  $Ca^{2+}$  bulbo/vástago y tallo/hoja, lo que implica mayor acumulación de  $Ca^{2+}$  en vástago que en bulbo y en hojas que en tallo, lo cual se refleja en una mejor respuesta de crecimiento y de calidad postcosecha (Ramírez *et al.*, 2010).

Por el contrario, la materia seca y área foliar en plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) no se vieron afectadas por la concentración de  $\text{Ca}^{2+}$  (30, 45 y 60 %) en la solución Steiner. Al considerar los órganos de la planta por separado se encontró que sólo la raíz tuvo cambios significativos ( $P \leq 0.05$ ) con 60 % de  $\text{Ca}^{2+}$  en la solución nutritiva, la producción de materia seca de este órgano se incrementó 41.3 % (62.9 mg plántula<sup>-1</sup>) con respecto de la producida por las plántulas nutridas con 45 %. La concentración "ideal" de calcio en la solución nutritiva para la producción de tomate y la mayoría de las especies hortícolas es de 45 % cuando el potencial osmótico es de -0.072 MPa (Steiner, 1984); sin embargo, en el híbrido Gabriela podría utilizarse 30 %, debido a que el efecto de las concentraciones de calcio evaluadas no fue estadísticamente diferente ( $P \leq 0.05$ ) (Villegas *et al.*, 2005).

## **2.6 Estrés hídrico**

El déficit de riego es un sistema de manejo del agua para someter a periodos de estrés hídrico a los cultivos, lo que puede resultar en algunos beneficios económicos (Behboudian y Mills, 1997). Esta estrategia tiene como objetivo aumentar la productividad y hacer más eficiente el uso del agua, con su restricción durante el periodo de crecimiento más activo o algunas etapas fenológicas específicas (Mithell y Chalmers, 1982). Diferentes experimentos han sugerido que la misma respuesta de la planta puede ser alcanzada por la combinación de diferentes periodos en duración e intensidad de estrés hídrico

(Fernández *et. al*, 2010). En níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.) se ha logrado adelantar la floración tres semanas, con la reducción de 66 % del agua necesaria en este cultivo, en un periodo de mediados de mayo a agosto; sin embargo, el tamaño de la flor disminuyó 28.2 % debido al largo periodo de estrés hídrico (Hueso y Cuevas, 2008). En diferentes especies de cítricos, el estrés por falta de agua durante el verano, indujo una segunda floración y una cosecha con un mayor valor (Bender, 1986).

El estrés hídrico como estrategia para inducir una mayor producción de escapos durante la diferenciación floral no ha sido documentada, por lo que es importante estudiar y evaluar el efecto que este factor puede tener en las plantas de *Cymbidium* sp.

## **2.7 La suspensión de la fertilización y su efecto en la producción de flores**

Una combinación de nivel alto de N durante el desarrollo vegetativo de *Cymbidium* y la suspensión de la fertilización durante el desarrollo de los brotes florales deberían dar un mayor rendimiento de flores (Lunt y Kofranek, 1961; Arnold Bik y Van den Berg, 1983). Otra ventaja de omitir la fertilización en la etapa de emergencia de los brotes florales, comparada con la fertilización continua, es una floración y cosecha adelantada (Arnold Bik y Van den Berg, 1984; Van Os y Van der Wurff, 1988), lo cual es interesante comercialmente ya que al inicio del periodo de cosecha, durante los meses de diciembre y enero, los precios son más

altos (De Kreij y Van den Berg, 1990). En Holanda un régimen similar de fertilización es usado en *Cymbidium*, en el que se fertiliza poco de Abril a Julio, con una solución nutritiva de  $0.4 \text{ dS m}^{-1}$ , y el resto del año con una solución nutritiva con CE de  $1.0 \text{ dS m}^{-1}$  (De Kerij y Van Den Berg, 1990).

Contrario a lo reportado en *Cymbidium* la suspensión de la fertilización en diferentes fechas (1 y 29 de septiembre, 27 de octubre y 24 de noviembre) en *Phalaenopsis*, con la aparición de los brotes florales entre el 30 de septiembre y 3 de octubre, comparado con fertilización continua (100, 44 y 83  $\text{mg L}^{-1}$  de N, P y K, respectivamente en el riego) disminuyeron el número de flores producidas, menos de 19 contra 24 producidas por las plantas con fertilización continua, además el tamaño de la flor no se vio afectado por los tratamientos (Wang, 2000).

*Cymbidium* es un cultivo de lento crecimiento, con reserva de nutrientes en los pseudobulbos, además de esto, las flores no son cosechadas sino hasta 9 a 15 meses después de la emergencia de brotes vegetativos. Por lo tanto, toma tiempo observar en los escapos el efecto de la fertilización (De Kreij y Van den Berg, 1990). Se requieren de al menos 5 años desde la siembra al desarrollo de flores, lo que incluye de 3 a 4 años de estado juvenil (Kim *et al.*, 2011).

Existen pocas investigaciones enfocadas al estudio de la fotosíntesis, relaciones hídricas, nutrición mineral, crecimiento y desarrollo de esta orquídea (Powell *et al.*, 1988; Zheng *et al.*, 1992; Pan *et al.*, 1994; Zhang *et al.*, 1994). En

años recientes, ha habido un renovado interés por el cultivo de *Cymbidium*, debido a su importancia comercial. La optimización del crecimiento y desarrollo de esta orquídea será posible únicamente cuando se tenga un mejor entendimiento de su fisiología (Pan *et al.*, 1997).

### III. LITERATURA CITADA

**Adams P (1999)** Plant nutrition desmystified. Acta Hort. 481:341-344.

**Alexander A, M Schroeder (1987)** Modern trends in foliar fertilization. Journal of Plant Nutrition 10:1391-1395.

**Arnold Bik R, van den Berg Th J M (1983)** N-gift afstemmen op bloemtak/scheutver-houding. Vakbl. Bloemisterij 38(36):42-43.

**Arnold Bik R, Van den Berg Th J M (1984)** Effect of substrate and nitrogen on yield and quality of mini-cymbidium. Acta Horticulturae 150:289-295.

**Barendense M (2002)** De sierteelt-toppers van 2001. Vakblad voor de Bloemisterij 2:24-27.

**Behboudian M H, T H Mills (1997)** Deficit irrigation in deciduous orchards. Hortic Rev 21:105–131.

**Bender G S (1986)** Effects of water stress on lemon summer bloom: the “forzatura” technique in the Sicilian citrus industry. *Acta Horti* 171: 391-396.

**Arnold Bik R, Van den Berg Th J M (1984)** Effect of substrate and nitrogen on yield and quality of mini-cymbidium. *Acta Horticulturae* 150:289-295.

**Blanchard MG, Runkle ES (2006)** Temperature during the day, but not during the night, controls flowering of *Phalaenopsis* orchids. *Journal of Experimental Botany* 57(15):4043-4049.

**Bose T K, Bhattacharje S K, Das P, Basak U C (1999)** Orchids of India. Naya Prokash, Calcutta. p. 175.

**Carpenta A O, A Masaguer R, M J Sarro C (1987)** Evaluación de los contenidos minerales de raíz, tallo y hoja de plantas de tomate como índices de nutrición. *Ann. Edafología Agrobiol.* 46:117-127.

**Chapman S C, J H Barreto (1997)** Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. *Agron. J.* 89:557-562.

**Cribb P, Govaerts R (2005)** Just how many orchids are there? *In*: Raynal-Roques A, Roguenant A, Prat D (eds.) Proceedings of the 18th World Orchid Conference. Dijon, France. pp: 161–172.

**Curtis H R, C Cernuda, A J Loustalot (1949)** Studies on the nitrogen nutrition of orchid embryos II. Comparative utilization of nitrate and ammonium nitrogen. American Orchid Society Bulletin. 17:111-114.

**De Kreij C, T J M van den Berg (1990)** Effect of electrical conductivity of the nutrient solution fertilization regime on spike production and quality of *Cymbidium*. Scientia Horticulturae 44:293-300.

**De Pascale S, T Maturi, R Paradiso, G Barbieri (2001)** Comparison of water and nutrients use of three cultivars of *Cymbidium* a soilless culture system *In*: Proc. 5th IS Protect Cult. Mild Winter Clim. Fernández, Martínez y Castilla (eds). Acta Hort. 559.

**Di Salvo M, F Lattanzi, H Echeverría (1999)** Relación entre el índice de verdor y la concentración de nitrógeno en *Festuca arundinacea*. Schreb. Rev. Arg. Prod. Anim. 19:291-299.

**Du P D, Cribb P (2007)** The Genus *Cymbidium*. Royal Botanic Gardens, Kew. UK. pp: 37-40.

**Duru M (2002)** Evaluation of chlorophyll meter to assess nitrogen nutrition status of cocksfoot sward. *J. Plant Nutr.* 25:275-286.

**Fernández M D, J J Hueso, J Cuevas (2010)** Water stress integral for successful modification of flowering dates in 'Algerie' loquat. *Irrig. Sci.* 28:127-134.

**Goh C J, J Arditti (1985)** Orchidaceae. *In: Handbook of Flowering.* A. H. Halevy (ed.). Vol. I. CRC Press. Boca Raton Florida. pp: 309-336.

**Griesbach R J (2000)** Potted *Phalaenopsis* orchid production: history, present status and challenges for the future. *Hort Technology* 10:429.

**Griesbach R J (2002)** Development of *Phalaenopsis* orchids for the mass-market. *In: Trends in New Crops and New Uses.* J Janick, A Whipkey (eds). ASHS Press. Alexandria, Va. pp:458-465.

**Hew C S, J W H Yong (1997)** The physiology of tropical orchids in relation to the industry. World Scientific, Singapore.

**Hueso J J, J Cuevas (2008)** Loquat as a crop model for successful deficit irrigation. *Irrigation Sci* 26: 269–276.

**Ichihashi S (1997)** Orchid production and research in Japan. *In: Orchid Biology: Reviews and Perspectives*. J Arditti, A M Pridgeon (eds). Vol. 7 Kluwer Academic Publ Dordrecht, The Netherlands. pp: 171-212.

**Imamura J S, T Higaki, J Kunisaki (1986)** Interactions of culture, medium, and fertilizer on *Dendrobium* Jaquelyn Thomas. College of tropical Agricultura an Human Resources. Ser 050. Universidad of Hawaii.

**infoFlor.es** *Cymbidium* la orquídea más cultivada del mundo  
<http://www.infoflor.es/?p=5>. Consultada el 02 de noviembre de 2011.

**Juárez M J, J Sahagún, M T B Colinas L, G A Baca, L A Aceves, J L Tirado, P Sánchez G (2012)** Effect of modiefed Steiner nutrient solution on macronutrient in asiatic hybrid *Lilium* 'Brunel'. *In: Proc. II on Soilless Culture and Hydroponics* (eds). F C Gómez M *et al.* Acta Hort., ISHS 2012.

**Juárez H M J, G Baca C, L A Aceves N, P Sánchez G, J L Tirado T, J Sahagún C, M T Colinas L (2006)** Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. *Interciencia* 31(004):245-253.

**Kim Y J, H J Lee, K S Kim (2011)** Night interruption promotes vegetative growth and flowering of *Cymbidium*. *Scientia Horticulturae* 130:887-893.

**Laws N (2004)** The world's fascination with potted orchids. *Floracult. Intl.* 14(12):26-27.

**Lee N, C Z Lee (1993)** Growth and flowering of *Cymbidium ensifolium* var. *misericors* as influenced by temperature. *Acta Hort.* 337:123-130.

**Li Y C, Alva A K, Calvert D V, Zhang M (1998)** A rapid nondestructive technique to predict leaf nitrogen status of grapefruit tree with various nitrogen fertilization practices. *Hort. Technol.* 8:81-86.

**Liang X Y, R C Pan (1994)** Absorption and distribution of phosphorus in *Cymbidium sinense* following phosphorus starvation. *Journal of Tropical and Subtropical Botany.* 2(2):108-110.

**López R G, E S Runkle (2005)** Flowering of the orchid *Miltoniopsis* Augres 'Trinity' is influenced by photoperiod and temperature. *Acta Hort.* 683:175-179.

**Lunt O R, A M Kofranek (1961)** Exploratory nutritional studies on *Cymbidium* using two textures of fir bark. *American Orchid Society Bulletin.* 30:297-302.

**Majerowicz N, G B Kerbauy, C C Nievola, R M Suzuki (2000)** Growth and nitrogen metabolism of *Catasetum fimbriatum* (orchidaceae) grown with

different nitrogen sources. Environmental and Experimental Botany 44:196-206.

**Marquard R D, Lipton J L (1987)** Relationship between extractable chlorophyll and an *in situ* method to estimate leaf greenness. HortScience 22:1327.

**Martin I, N. Alonso, M C López, M Prieto, C Cadahía, E Eymar (2007)** Estimation of Leaf, Root, and Sap Nitrogen Status using the SPAD-502 Chlorophyll Meter for Ornamental Shrubs. Communications in Soil Science and Plant Analysis 38:13-14.

**Miller A J, M D Cramer (2004)** Root nitrogen acquisition and assimilation. Plant and Soil 274:1-36.

**Miles K (1982)** Growing equitant Oncidiums. American Orchid Society Bulletin. 51:155-169.

**Minolta (1989)** Chlorophyll meter SPAD-502. Instruction Manual. Minolta Co., Ltd., Radiometric Instruments Operations, Osaka, Japan. 23 p.

**Mitchell P D, D J Chalmers (1982)** The effect of reduced water supply on peach tree growth and yields. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 107:853-856.

**Munsi P S, T Mandal, N Roychowdhury (2004)** Performances of different *Cymbidium* spp. And hybrids under polyhouse in Darjeelin hills. *In: Proc. VII IS Prot. Cult. Mild Winter Climates.* D J Cantliffe, P J Stoffella, N Shaw (eds).Acta Hort. 659:483-490.

**Nash N (2003)** *Phalaenopsis* primer: A beginner's guide to growing moth orchids. American Orchid Society Bulletin 72:908-912.

**Neilsen D, Hogue E J, Neilsen G H, Paromchuk P (1995)** Using SPAD 502 values to asses the nitrogen status of apple trees. HortScience 30:508-512.

**Northen R T (1990)** Home orchid growing. Simon and Schuster, New York.

**Ohno H (1991)** Microsporogenesis and flower bud blasting as affected by high temperature and gibberelic acid in *Cymbidium* (Orchidaceae). J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 60:149-257.

**Pan R C, Q S Ye, C S Hew (1997)** Physiology of *Cymbidium sinense*: a review. Scientia Horticulturae. 70:123-129.

**Pan R C, X N Zheng, Z Q Wen (1994)** Changes of water physiology of *Cymbidium sinense* during soil drought period. Acta Botanica Yunnanica. 16(4):379-384.

**Peñalosa J M, M C Cáceres, M J Sarro (1995)** Nutrition of bean plants in sand culture: Influence of calcium/potassium ratio in the nutrient solution. *J. Plant Nutr.* 18:2023-2032.

**Poole H A (1971)** Effects of nutrition and media growth and chemical composition of mericloned plants of *Cattleya*. Master's Thesis. University of Florida, Gainesville.

**Poole H A, T J Sheehnan (1980)** Mineral nutrition of orchids. *In: J Arditti (ed). Orchid Biology: Reviews and Perspectives II (1982).* pp 197-211.

**Porro D, C Dorigatti, M Stefanini, A Ceschini (2001)** Use of SPAD meter in diagnosis of nutritional status in apple and grapevine. *Acta Hort.* 564:243-252.

**Powell C L, K I Caldwell, R A Litter, I Warrington (1988)** Effect of temperature regime and nitrogen fertilizer level on vegetative and reproductive bud development in *Cymbidium* orchids. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113:552-556.

**Pridgeon A (2000)** The illustrated encyclopedia of orchids. Timber Press, Portland, Ore. 304 p.

**Ramírez M M, L I Trejo T, F C Gómez M, P Sánchez G (2010)** La relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva afecta el crecimiento y calidad postcosecha del tulipán. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 33:2:149-156.

**Rivera, E. E. A. (2009)** Fertilización con nitrato y amonio en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con raíces separadas. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados Montecillo, México. 118 p.

**Rotor G B (1952)** Daylength and temperature in relation to growth and flowering of orchids. *Cornell Univ. Agr. Expt. Sta. Bul.* 885:3-47.

**Schmidt S, G R Stewart (1999)** Glycine metabolism by plant roots and its occurrence in Australian plant communities. *Austr. J. Plant. Sci.* 26:253-264.

**Smith F W (1988)** Interpretation of Plant Analysis *In: Plant Analysis. An Interpretation Manual*. Innate Press. Melbourne. Sydney, Australia. pp: 1-12.

**Soon T E (1980)** Orchids of Asia. Times Books International. Singapore. p. 174.

**Steiner A A (1961)** A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil* 15:134-154.

**Steiner A A (1973)** The selective capacity of tomato plants for ions in a nutrient solution. *In: Proceedings of Third International Congress on Soilless Culture*. Wageningen, The Netherlands. pp:43-53.

**Steiner A A (1984)** The universal nutrient solution. *In: Proceedings of Sixth International Congress on Soilless Culture*. Lunteren, The Netherlands. pp. 633-649.

**Uddiling J, J Gelang A, K Piikki, H Pleijel (2007)** Evaluating the relationship between chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. *Photosynth Res.* 91:37-46.

**United States Department of Agriculture (2005)** Floriculture crops 2004 summary. Agr. Stat. Board, Washington D.C.

**Van Os P C, Van der Wurff A A M (1988)** Produktiviteit Cymbidium afhankelijk van bloemtak/scheutverhouding. *Vakbl. Bloemisterij* 43(30):50-51.

**Villegas T O G, P Sánchez G, G A Baca C ; M N Rodríguez M, C Trejo, M Sandoval V, E Cárdenas S (2005)** Crecimiento y estado nutrimental de plántulas de tomate en soluciones nutritivas con diferente concentración de calcio y potencial osmótico. *Terra Latinoamericana* 3(1):49-56.

**Wang Y T (2007)** Potassium nutrition affects *Phalaenopsis* growth and flowering. Hort Science 42(7):1563-1567.

**Wang Y T (2004)** Flourishing market for potted orchids. FlowerTech 7:14-17.

**Wang Y T (2000)** Impact of a high phosphorous fertilizer and timing of termination of fertilization on flowering of a hybrid moth orchid. HortScience 35(1): 60-62.

**Wang Y T (1998)** Impact of salinity and media on growth and flowering of a hybrid *Phalaenopsis* orchid. HortScience 33:247-250.

**Wang Y T (1996)** Effects of six fertilizers on vegetative growth and flowering of *Phalaenopsis* orchids. Scientia Horticulturae 65:191-197.

**Wang Y T, E A Konow (2002)** Fertilizer source and medium composition affect vegetative growth and mineral nutrition of a hybrid moth orchid. Journal of American Society for Horticultural Science 127(3):442-447.

**Wang Y T, L L Gregg (1994)** Medium and fertilizer affect the performance of *Phalaenopsis* orchids during two flowering cycles. HortScience 29:269-271.

**Went F W (1957)** The experimental control of plant growth. Chron. Bot. 17:148-152.

**Yágodin B A (1986)** Agroquímica. Traducido al español por Rincón Z R, F Vargas S. Tomo I. Mir. Moscú. Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas.

**Zhang M G, R C Pan, Q S Ye (1994)** Influence of moisture on leaf growth and photosynthetic rate of *Cymbidium sinense*. Journal of the South China Normal University (Natural Science Edition). 2:71-75.

**Zheng X N, Z Q Wen, R C Pan, C S Hew (1992)** Response of *Cymbidium sinense* to drought stress. Journal of Horticultural Science. 67(3):295-299.

**CAPÍTULO II. EFECTO DE LA RELACIÓN  $K^+/Ca^{2+}$ , PERIODOS DE FERTILIZACIÓN Y RIEGO SOBRE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE *Cymbidium* sp.**

**RESUMEN**

Durante dos ciclos de producción (de marzo de 2012 a febrero de 2013 y de marzo de 2013 a febrero de 2014) se evaluó el efecto de cinco relaciones  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva (5/11, 6/10, 7/9, 8/8, y 9/7), tres periodos de estrés hídrico (0, 7 y 14 d sin regar) y la suspensión de la fertilización en *Cymbidium* sp. Los factores y sus niveles se combinaron en un arreglo factorial que originó 30 tratamientos a los que se adicionó un testigo. El número de hojas, número y longitud de pseudobulbos y brotes se incrementaron con la fertilización continua 26.8, 16.2, 7.9, 40.2 y 21.9 %, respectivamente. Regar cada 14 d disminuyó el diámetro de pseudobulbos 7.4 %. El grosor basal de las hojas se incrementó en condiciones de estrés nutricional e hídrico. La cantidad de escapos por planta fue mayor con la relación  $K^+/Ca^{2+}$  7/9, aunque no hubo una floración uniforme en todas las plantas. La fertilización durante los dos ciclos de cultivo incrementó el diámetro y longitud de escapo en 22.1 y 45.8 %, respectivamente, así como la distancia entre nudos que fue 21.2 % mayor con 2.2 más flores por escapo. El largo y ancho promedio de flores y labelo fue mayor 11.7, 18.3, 28.6 y 96.1 %.

**Palabras clave:** nutrición de orquídeas, solución Steiner, relación de cationes.

## CHAPTER II. $K^+/Ca^{2+}$ RATIO EFFECT, FERTILIZATION PERIODS AND WATERING ON GROWTH AND DEVELOPMENT *Cymbidium* sp.

### ABSTRACT

During two production cycles (march 2012 to february 2013 and march 2013 to february 2014) effect of five  $K^+/Ca^{2+}$  ratios (5/11, 6/10, 7/9, 8/8, y 9/7) in the nutrient solution, three periods of water stress (0, 7 and 14 d without watering) and the suspension of fertilization was evaluated on *Cymbidium* sp. development. From the combination of these factors was obtained 30 treatments, together with a control watered with tap water. The number and length of pseudobulbs and buds and leaf number increased with continuous fertilization 16.2, 7.9, 40.2, 21.9 and 26.8%, respectively, compared with plants which fertilization was discontinued. Watering every 14 d decreased the diameter of pseudobulbs 7.4%. Basal leaf thickness increased under conditions of nutrient and water stress. Spikes number per plant was greater with the ratio  $K^+/Ca^{2+}$  7/9, although there was no uniform flowering. Fertilization during the two cropping increased the diameter and length of spike at 22.1 and 45.8 %, respectively. The distance between nodes was 21.2% higher with 2.2 more flowers per spike produced. The average length and width of flowers and labellum was higher 11.7, 18.3, 28.6 and 96.1%, respectively.

**Keywords:** Orchid Nutrition, Steiner Solution, Cations Relationship/Ratio

## I. INTRODUCCIÓN

Las especies de la familia Orchidaceae se comercializan en todo el mundo debido a la belleza de sus flores, variedad de formas, colores y perfumes (Ginderdeuren, 2009; López y Runkle, 2005). Es por esto que su producción se ha incrementado exponencialmente en el último cuarto de siglo (Ichihashi, 1997).

*Cymbidium* es uno de los géneros más cultivados (Blanchard y Runkle, 2006), sus híbridos tienen un alto valor ornamental ya que son muy populares en la industria florícola en la que se venden como flor de corte y plantas en maceta (Dong *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2011).

Algunos estudios han demostrado que las orquídeas reaccionan muy bien a la fertilización con solución nutritiva y aceleran el crecimiento de algunas como es el caso de *Phalaenopsis*, *Dendrobium*, *Cymbidium* y el híbrido *Laeliocattleya*, en función del sustrato utilizado (Wang, 1996; Jiménez, 2008).

Una de las características de la solución nutritiva que más influencia tienen en el crecimiento, rendimiento y la calidad de las plantas es la relación mutua de cationes ( $K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$ ) (Steiner, 1961). Por ello debe determinarse la relación de cationes óptima en la solución nutritiva que promueva una absorción suficiente de estos nutrimentos y un mejor desarrollo para cada especie y variedad.

Por otro lado, el déficit de riego es un sistema de manejo de agua para someter a periodos de estrés hídrico a los cultivos (Behboudian y Mills, 1997). Esta estrategia tiene como objetivo aumentar la productividad y hacer más eficiente el uso del agua, con su restricción durante el periodo de crecimiento más activo o algunas etapas fenológicas específicas (Mithell y Chalmers, 1982). Plantas de rosas (*Rosa x hybrida* 'Baroness') sometidas a estrés hídrico durante la formación del primordio foliar, retrasaron su ciclo de producción (8.8 d más respecto al testigo) sin ningún efecto negativo en la calidad del botón floral. Por el contrario, la disminución del riego, previo a la formación de los estambres en la flor, redujo la producción en más de 70 % y disminuyó la calidad de los brotes florales y botones (Chimonidou, 1996).

Algunos estudios hechos en *Cymbidium* sugieren que suspender la fertilización retrasa el desarrollo vegetativo y favorece la formación de flores (Lunt y Kofranek, 1961; Arnold Bik y Van den Berg, 1983). Van Os y Van der Wurff (1988) reportaron una producción en promedio de 0.85 escapos por brote vegetativo cuando se omitió la fertilización por un periodo de cuatro meses. La producción de escapos por brote fue de 0.74 cuando la fertilización fue constante con solución nutritiva con una conductividad eléctrica de 2.5 dS m<sup>-1</sup>. En *Dendrobium nobile*, los productores recomiendan reducir o suspender totalmente la aplicación de nutrientes minerales, previo a la formación de escapos florales a fin de evitar que los brotes florales potenciales se vuelvan brotes vegetativos (Yamamoto Dendrobiums, 2014). Wood (2006) recomienda dejar de aplicar N en

*D. nobile* y en los híbridos después del 01 de agosto en el hemisferio norte, antes de la floración. Baker y Baker (1996) sugieren reducir el riego después de que los brotes nuevos maduran en otoño y suspender la fertilización hasta la siguiente primavera.

Suspender la fertilización y someter a periodos de estrés hídrico a las plantas son estrategias que podrían tener un efecto positivo en la calidad y producción de flores en *Cymbidium* sp. Sin embargo, ninguna de estas recomendaciones ha sido soportada con investigaciones sólidas o ha sido explicado con poco detalle la causa y efecto (Yen *et al.*, 2008).

Con base en lo anterior, este experimento tuvo como objetivo evaluar el efecto de la relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva, la suspensión de la fertilización y el estrés hídrico sobre el crecimiento y desarrollo en plantas de *Cymbidium* sp.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Ubicación del área experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en Uruapan, Michoacán, México a 19°23'40.89" de latitud norte y 102°03'32.41" de longitud oeste en la Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez" de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en un invernadero tipo cenital con cubierta plástica y estructura de acero galvanizado, ventilación lateral con malla anti-afidos, con cuatro ventiladores y malla con 80 % de sombra. Los registros ambientales promedio durante el experimento fueron: temperatura y humedad relativa diurnas de 26 °C y 47 %, respectivamente y temperatura y humedad relativa nocturnas de 15 °C y 80 %, respectivamente.

### 2.2 Material vegetal

Se utilizaron 96 plantas de *Cymbidium* sp. de dos años de edad con un promedio de 6.2 pseudobulbos y cultivadas en macetas de 11 L con sustrato inerte conocido como tezontle (grava de origen volcánico de 0.5 cm de diámetro de tamaño de partículas). Los tratamientos se iniciaron (01 de junio de 2012) dos meses después de la última floración y se evaluaron dos ciclos de producción: marzo de 2012 a febrero de 2013 y marzo de 2013 a febrero de 2014.

### 2.3 Soluciones nutritivas

Las soluciones nutritivas utilizadas en el experimento, se elaboraron con base en la Solución Universal Steiner (1984), misma que se modificó de acuerdo a los tratamientos con diferentes relaciones  $K^+/Ca^{2+}$  (Cuadro 1). La solución Steiner tiene la siguiente concentración y relación de aniones y cationes expresada en  $meq L^{-1}$ ,  $12 NO_3^- : 1 H_2PO_4^- : 7 SO_4^{2-}$  y  $7 K^+ : 9 Ca^{2+} : 4 Mg^{2+}$ . Las soluciones se prepararon con fertilizantes comerciales solubles, para ello se tomó en cuenta el contenido de sales en el agua ( $NO_3^-$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $K^+$  y  $Mg^{2+}$ , 0.09, 0.02, 0.46, 0.70 y 0.56  $meq L^{-1}$ , en el estiaje y 0.06, 0.02, 0.16, 0.50 y 0.0  $meq L^{-1}$ , en el periodo de lluvias, respectivamente). Se adicionaron 20  $mg L^{-1}$  de Kelatex<sup>®</sup> a la solución como fuente de micronutrientes. El pH se ajustó a 5.6-5.7 y el potencial osmótico a -0.036 y -0.028 MPa, en el primero y segundo ciclo de evaluación, respectivamente, con el método propuesto por Juárez *et al.* (2006) (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Solución nutritiva Steiner, modificada para tener diferentes relaciones  $K^+/Ca^{2+}$  y un potencial osmótico de -0.036 y -0.028 MPa en dos ciclos de producción de *Cymbidium* sp.

Relaciones $K^+/Ca^{2+}$	Iones y concentración en meq L <sup>-1</sup>					
	$NO_3^-$	$H_2PO_4^-$	$SO_4^{2-}$	$K^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$
Ciclo 1 (marzo 2012 a febrero de 2013)						
-0.036 MPa						
<b>5/11</b>	6.21	0.52	3.62	2.59	5.69	2.07
<b>6/10</b>	6.10	0.51	3.56	3.05	5.08	2.03
<b>7/9</b>	6.00	0.50	3.50	3.50	4.50	2.00
<b>8/8</b>	5.90	0.49	3.44	3.93	3.93	1.97
<b>9/7</b>	5.81	0.48	3.39	4.35	3.39	1.94
Ciclo 2 (marzo 2013 a febrero de 2014)						
-0.028 MPa						
<b>5/11</b>	4.97	0.41	2.90	2.07	4.55	1.66
<b>6/10</b>	4.88	0.41	2.85	2.44	4.07	1.63
<b>7/9</b>	4.80	0.40	2.80	2.80	3.60	1.60
<b>8/8</b>	4.72	0.39	2.75	3.15	3.15	1.57
<b>9/7</b>	4.65	0.39	2.71	3.48	2.71	1.55

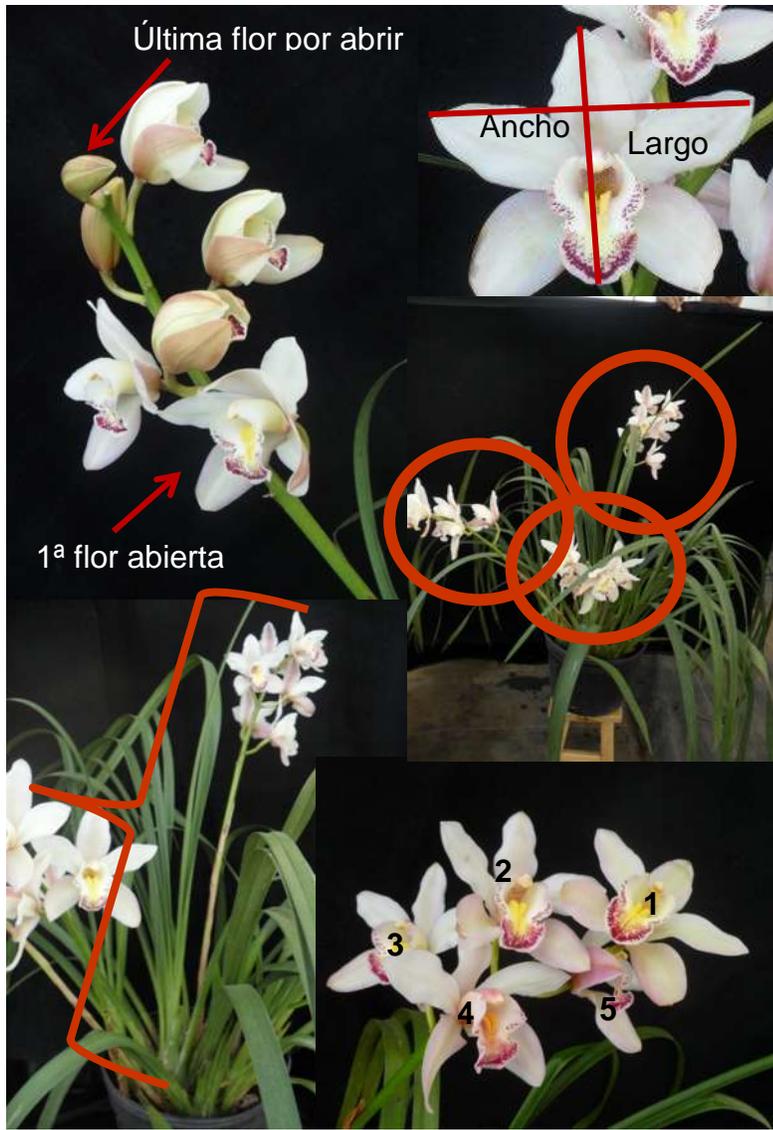
## 2.4 Tratamientos y diseño experimental

Se establecieron 31 tratamientos; 30 originados por el diseño factorial 5 X 3 X 2, [cinco relaciones de  $K^+/Ca^{2+}$  (5/11, 6/10, 7/9, 8/8, y 9/7) de la solución nutritiva; tres periodos de estrés hídrico (0, 7 y 14 d sin regar) y dos modalidades de fertilización (continua y con suspensión de ésta a la aparición de los brotes florales)], más un testigo irrigado sólo con agua de la llave (Cuadro 2). En el primer ciclo de evaluación se realizó un riego diario por goteo con 100 mL de agua y en el segundo ciclo se realizaron dos riegos diarios por goteo con 100 mL de agua cada

uno. Se fertirrigó de forma manual dos veces por semana con solución nutritiva (250 mL). El diseño experimental usado fue el completamente al azar con tres repeticiones, excepto en el caso del tratamiento testigo (seis repeticiones). La unidad experimental consistió en una planta.

## **2.5 Variables evaluadas**

Para estudiar el crecimiento vegetativo se registraron el número de pseudobulbos (incluidos jóvenes, maduros y senescentes), número de hojas por pseudobulbo, número total de hojas en pseudobulbos, diámetro y largo de pseudobulbo (medidos con un vernier digital), número de brotes (emergiendo, jóvenes, maduros), número de hojas por brote, total de hojas en brotes, longitud de brotes y número de hojas por planta. Con el uso de un vernier digital se midió el grosor de las hojas en su parte basal, media y apical y resistencia a la penetración del pseudobulbo medida con un penetrómetro. Durante la floración se registraron el número de escapos, días a la aparición del primer escapo, diámetro, longitud y distancia de entrenudos en los escapos, número de flores por escapo y fecha de apertura de primera y última flor, largo y ancho de flor y labelo (Figura 1), vida de florero y consumo de agua en florero.



**Figura 1.** Variables evaluadas relacionadas con la floración. Apertura de primera y última flor (A), largo y ancho de flor y labelo (B), número de escapos (C), longitud, diámetro y distancia entre nudos en escapos (D) y número de flores por escapo (E).

**Cuadro 2.** Tratamientos para evaluar el efecto de la relación  $K^+/Ca^{2+}$ , estrés hídrico y la fertilización sobre el desarrollo de *Cymbidium* sp.

Tratamiento	Fertilización <sup>1</sup>	Periodos de estrés hídrico <sup>2</sup> (días)	Relaciones $K^+/Ca^{2+}$
1	Continua	0	5/11
2			6/10
3			7/9
4			8/8
5			9/7
6		7	5/11
7			6/10
8			7/9
9			8/8
10			9/7
11		14	5/11
12			6/10
13			7/9
14			8/8
15			9/7
16	Suspensión	0	5/11
17			6/10
18			7/9
19			8/8
20			9/7
21		7	5/11
22			6/10
23			7/9
24			8/8
25			9/7
26		14	5/11
27			6/10
28			7/9
29			8/8
30			9/7
31	Sin fertilización	0	Agua de la llave

<sup>1</sup> En el primer ciclo de evaluación la fertilización se suspendió el 15 de diciembre de 2012 (197 dde) y se reanudo el 25 de marzo de 2013 (297 dde). En el segundo ciclo de evaluación la fertilización se suspendió el 03 de agosto de 2013 (428 dde).

<sup>2</sup> En el primer ciclo el periodo de estrés hídrico comprendió del 15 de diciembre de 2012 al 25 de marzo de 2013 (197 a 297 dde) y en el segundo ciclo del 03 de agosto al 26 de octubre de 2013 (428 a 512 dde).

## 2.6 Análisis de datos

Se realizó un análisis de varianza y las pruebas de comparación de medias correspondientes, de acuerdo con la significancia observada respecto a los factores y sus combinaciones Tukey ( $\alpha \leq 0.5$ ) con el programa Statistical Analysis System 9.0. En el primer ciclo de producción, se utilizó la prueba de Duncan para la comparación de medias de las variables número de brotes, número de hojas total en pseudobulbos y grosor basal de las hojas. El testigo se comparó con los tratamientos sólo cuando se presentó efecto significativo, en el análisis de varianza, por la interacción de los factores.

Para las variables relacionadas con la floración, el análisis de varianza se realizó únicamente con los tratamientos, con al menos dos plantas con escapos, sin considerar el arreglo factorial.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La suspensión de la fertilización tuvo influencia sobre el número de pseudobulbos, número total de hojas en pseudobulbos, total de hojas y longitud de brotes en ambos ciclos, además del número de brotes, total de hojas en brotes y longitud de pseudobulbos en el segundo ciclo de producción. El periodo de estrés hídrico afectó el diámetro de los pseudobulbos en el segundo ciclo. La interacción entre el estrés hídrico y la relación  $K^+/Ca^{2+}$  (EH\*RC) influyó significativamente en el total de hojas en pseudobulbos en los dos ciclos de evaluación, en el número de brotes y promedio de hojas por pseudobulbo en el primero y segundo ciclo de evaluación, respectivamente (Cuadro 3).

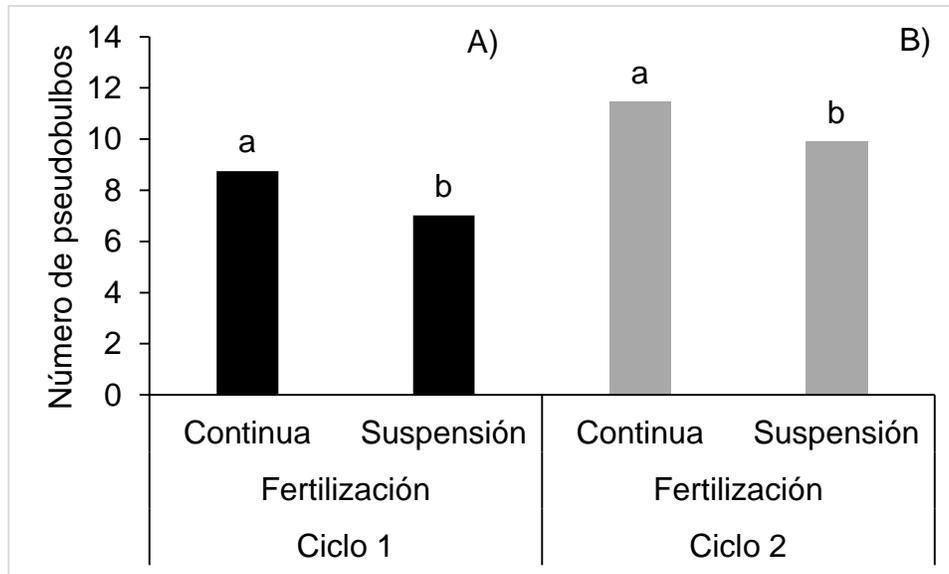
**Cuadro 3.** Cuadrados medios del análisis de varianza para el efecto de la fertilización, estrés hídrico y relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva sobre las variables vegetativas en *Cymbidium* sp. en el primero (marzo 2012 – febrero 2013 ) y segundo ciclo de evaluación (marzo 2013 – febrero 2014).

Factor de variación	Grados de Libertad	Ciclo	Número de pseudobulbos	Diámetro de pseudobulbo	Longitud de pseudobulbo	Número de brotes	Longitud de brote	Total de hojas en pseudobulbos	Promedio de hojas por pseudobulbo	Total de hojas en brotes	Promedio de hojas por brote	Total de hojas
Fertilización (F)	1	Ciclo 1	<b>67.6*</b>	0.6 <sup>NS</sup>	0.1 <sup>NS</sup>	2.8 <sup>NS</sup>	<b>2586.7*</b>	<b>1786.7**</b>	1.2 <sup>NS</sup>	49.8 <sup>NS</sup>	13.7 <sup>NS</sup>	<b>1239.5*</b>
		Ciclo 2	<b>54.4*</b>	0.45 <sup>NS</sup>	<b>6.0**</b>	<b>12.1**</b>	<b>6352.5*</b>	<b>2711.5**</b>	1.3 <sup>NS</sup>	<b>270.4*</b>	1.0 <sup>NS</sup>	<b>5290.0*</b>
Estrés hídrico (EH)	2	Ciclo 1	13.3 <sup>NS</sup>	0.3 <sup>NS</sup>	3.5 <sup>NS</sup>	0.1 <sup>NS</sup>	920.6 <sup>NS</sup>	449.5 <sup>NS</sup>	0.2 <sup>NS</sup>	25.2 <sup>NS</sup>	1.7 <sup>NS</sup>	576.8 <sup>NS</sup>
		Ciclo 2	14.6 <sup>NS</sup>	<b>1.4*</b>	1.1 <sup>NS</sup>	2.4 <sup>NS</sup>	1031.2 <sup>NS</sup>	193.4 <sup>NS</sup>	0.6 <sup>NS</sup>	49.8 <sup>NS</sup>	5.8 <sup>NS</sup>	270.1 <sup>NS</sup>
Relación $K^+/Ca^{2+}$ (RC)	4	Ciclo 1	0.6 <sup>NS</sup>	0.5 <sup>NS</sup>	1.4 <sup>NS</sup>	0.7 <sup>NS</sup>	1173.4 <sup>NS</sup>	135.9 <sup>NS</sup>	1.3 <sup>NS</sup>	26.5 <sup>NS</sup>	3.8 <sup>NS</sup>	104.2 <sup>NS</sup>
		Ciclo 2	4.7 <sup>NS</sup>	0.08 <sup>NS</sup>	0.2 <sup>NS</sup>	0.7 <sup>NS</sup>	1633.5 <sup>NS</sup>	313.7 <sup>NS</sup>	1.0 <sup>NS</sup>	16.7 <sup>NS</sup>	2.1 <sup>NS</sup>	341.3 <sup>NS</sup>
F*EH	2	Ciclo 1	4.8 <sup>NS</sup>	0.7 <sup>NS</sup>	2.2 <sup>NS</sup>	1.6 <sup>NS</sup>	66.2 <sup>NS</sup>	346.1 <sup>NS</sup>	0.9 <sup>NS</sup>	31.2 <sup>NS</sup>	5.7 <sup>NS</sup>	240.8 <sup>NS</sup>
		Ciclo 2	6.1 <sup>NS</sup>	0.02 <sup>NS</sup>	2.2 <sup>NS</sup>	1.9 <sup>NS</sup>	962.3 <sup>NS</sup>	294.2 <sup>NS</sup>	0.3 <sup>NS</sup>	19.3 <sup>NS</sup>	4.3 <sup>NS</sup>	519.2 <sup>NS</sup>
F* RC	4	Ciclo 1	1.1 <sup>NS</sup>	0.2 <sup>NS</sup>	1.0 <sup>NS</sup>	1.9 <sup>NS</sup>	1267.7 <sup>NS</sup>	79.7 <sup>NS</sup>	1.7 <sup>NS</sup>	13.9 <sup>NS</sup>	6.0 <sup>NS</sup>	140.4 <sup>NS</sup>
		Ciclo 2	0.5 <sup>NS</sup>	0.29 <sup>NS</sup>	1.0 <sup>NS</sup>	0.8 <sup>NS</sup>	470.8 <sup>NS</sup>	29.5 <sup>NS</sup>	0.5 <sup>NS</sup>	29.5 <sup>NS</sup>	4.1 <sup>NS</sup>	160.0 <sup>NS</sup>
EH*RC	8	Ciclo 1	6.5 <sup>NS</sup>	0.5 <sup>NS</sup>	1.0 <sup>NS</sup>	<b>2.6*</b>	257.4 <sup>NS</sup>	<b>403.1*</b>	0.7 <sup>NS</sup>	66.6 <sup>NS</sup>	6.0 <sup>NS</sup>	481.2 <sup>NS</sup>
		Ciclo 2	10.2 <sup>NS</sup>	0.39 <sup>NS</sup>	0.6 <sup>NS</sup>	1.6 <sup>NS</sup>	1149.7 <sup>NS</sup>	<b>645.1*</b>	<b>1.1*</b>	42.6 <sup>NS</sup>	5.9 <sup>NS</sup>	761.8 <sup>NS</sup>
F*EH*RC	8	Ciclo 1	2.2 <sup>NS</sup>	0.3 <sup>NS</sup>	0.8 <sup>NS</sup>	0.5 <sup>NS</sup>	500.4 <sup>NS</sup>	196.3 <sup>NS</sup>	1.3 <sup>NS</sup>	92.7 <sup>NS</sup>	6.4 <sup>NS</sup>	247.3 <sup>NS</sup>
		Ciclo 2	4.0 <sup>NS</sup>	0.21 <sup>NS</sup>	0.5 <sup>NS</sup>	0.7 <sup>NS</sup>	673.6 <sup>NS</sup>	180.6 <sup>NS</sup>	0.3 <sup>NS</sup>	33.5 <sup>NS</sup>	8.4 <sup>NS</sup>	188.0 <sup>NS</sup>

(NS) no significativa, (\*)  $P \leq 0.05$  y (\*\*)  $P \leq 0.01$

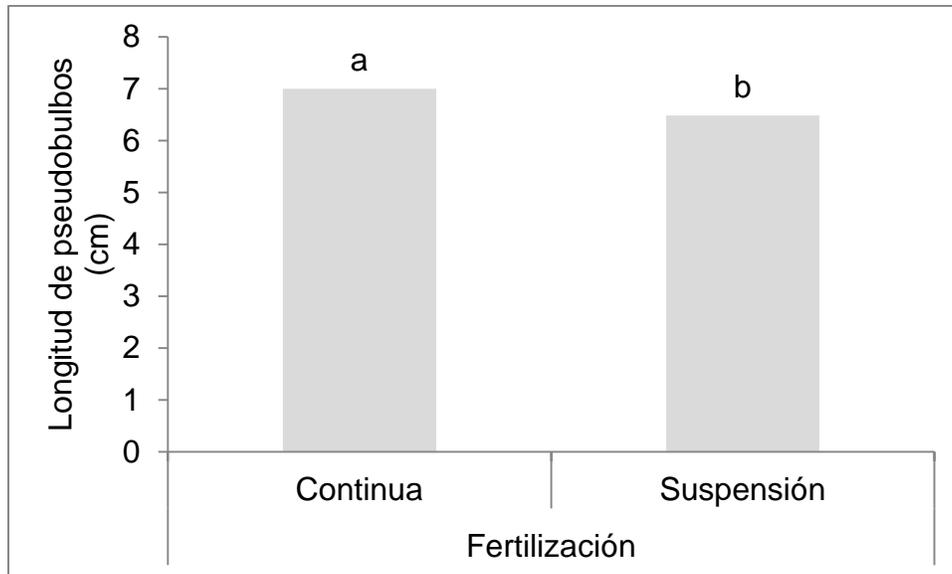
### 3.1 Pseudobulbos

En el primer ciclo se registraron en promedio 8.7 pseudobulbos por planta cuando éstas se fertilizaron continuamente, 24.6 % más que los registrados en las plantas a las que se suspendió la fertilización (Figura 2A). Un efecto similar se observó en el segundo ciclo de producción, en el cual, con fertilización continua, se contaron 11.5 pseudobulbos por planta, lo que representa 16.2 % más que cuando se suspendió la fertilización (Figura 2B). Los resultados obtenidos por De Kreij y Van den Berg (1990) en *Cymbidium* sugieren que el efecto claro de un nuevo régimen de fertilización se puede observar hasta un segundo ciclo de producción, sin embargo, en este experimento el efecto del tipo de fertilización sobre el número de pseudobulbos se observó desde el primer ciclo de evaluación. En contraste, en un experimento hecho con *Laelia anceps*, en donde se probaron tres diferentes fuentes de fertilizantes (orgánicas e inorgánicas) para obtener una misma solución nutritiva y un testigo (sin fertilización), cultivada en sustrato con corteza de pino y perlita, no se encontró diferencia estadística significativa para el número de pseudobulbos, que en promedio fue de 4.6 pseudobulbos, 34 % más respecto a los contados al inicio del experimento (Tejeda *et al.*, 2013), esto puede deberse a que el periodo de aplicación de los tratamiento de un año fue corto para observar diferencias en el número de pseudobulbos en esta especie.



**Figura 2.** Efecto de la fertilización sobre el número de pseudobulbos en el primero (de marzo de 2012 a febrero de 2013) (A) y segundo (de marzo de 2013 a febrero de 2014) (B) ciclo de producción en plantas de *Cymbidium* sp. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

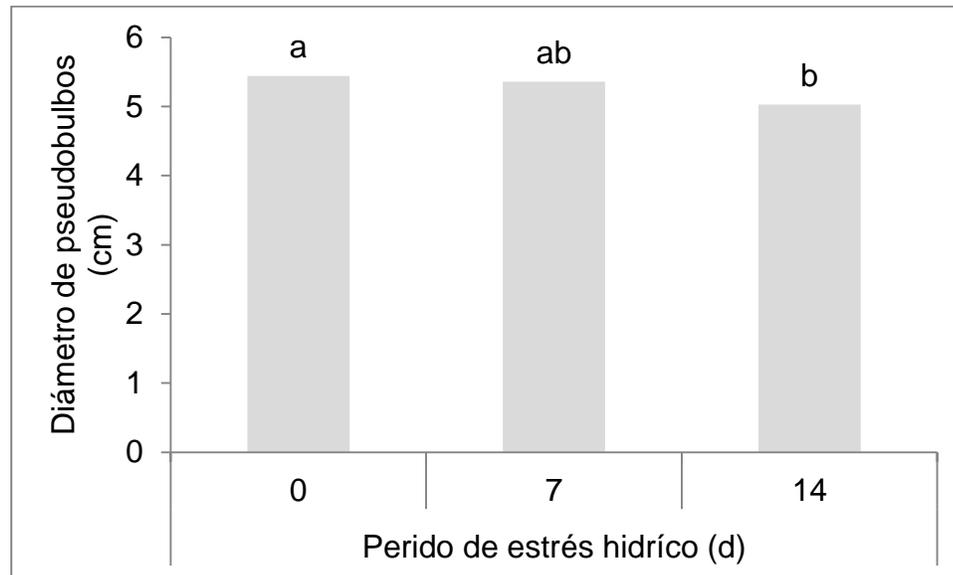
En el segundo año de evaluación se registró la mayor longitud de pseudobulbos (7 cm) en las plantas fertilizadas continuamente, esto es 7.9 % más largos que los producidos en las plantas a las que se les suspendió la fertilización (Figura 3). El alargamiento de los pseudobulbos en las plantas fertilizadas continuamente se debe a una mayor disposición y absorción de nutrientes ya que estos órganos son una importante fuente de reserva para el siguiente ciclo de desarrollo de inflorescencias y nuevos brotes (Ng y Hew, 2000).



**Figura 3.** Efecto de la fertilización sobre la longitud de pseudobulbos en plantas de *Cymbidium* sp. cultivadas en el segundo ciclo de marzo de 2013 a febrero de 2014. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

El diámetro de los pseudobulbos, disminuyó en el segundo ciclo de evaluación cuando las plantas fueron sometidas a periodos de estrés hídrico de 14 d (5 cm), esto representa una disminución del diámetro de estos órganos de 7.4 % respecto a las plantas regadas continuamente (5.4 cm) (Figura 4). Esta disminución del diámetro posiblemente se originó porque el agua almacenada en estos órganos es movilizad a otras partes de la planta cuando ésta es sometida a periodos de estrés hídrico, tal como sucedió en este experimento en las plantas regadas cada 14 d. Los estudios hechos en *Stanhopea* y *Pleione* han mostrado que los pseudobulbos están compuestos de un gran número de células especializadas en el almacenamiento de agua. Además, la mayoría de los pseudobulbos de las orquídeas poseen una cutícula gruesa que es totalmente

impermeable al agua y gases (Ng y Hew, 2000), lo que sugiere que el agua es removida de los pseudobulbos a las hojas de donde se pierde por transpiración.

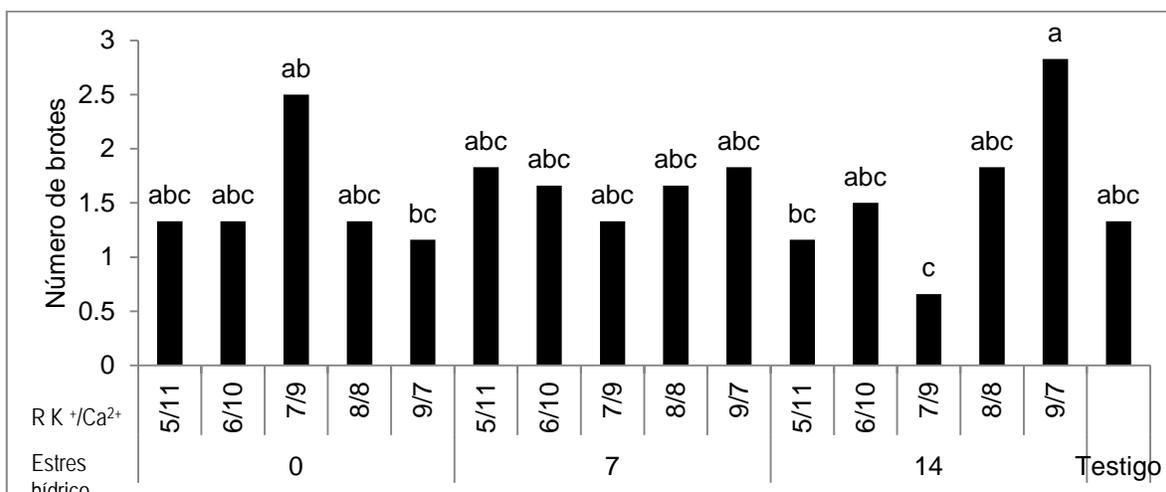


**Figura 4.** Efecto del periodo de estrés hídrico sobre el diámetro de los pseudobulbos en plantas de *Cymbidium* sp. cultivadas en el segundo ciclo de marzo de 2013 a febrero de 2014. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

### 3.2 Brotes

El número de brotes (2.83) se incrementó en las plantas regadas cada 14 d con solución nutritiva con la relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 9/7 durante el primer ciclo de producción. Con este mismo periodo de estrés hídrico y con relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 7/9 el número de brotes disminuyó en 76.7 % (Figura 5). Esta última relación  $K^+/Ca^{2+}$  corresponde a la propuesta por Steiner (1961) como óptima para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Sin embargo al incrementar el  $K^+$  se

promueve la translocación de los nutrientes de los órganos fuente (pseudobulbos) a los órganos demanda (brotes) (Kilmer *et al.*, 1968).

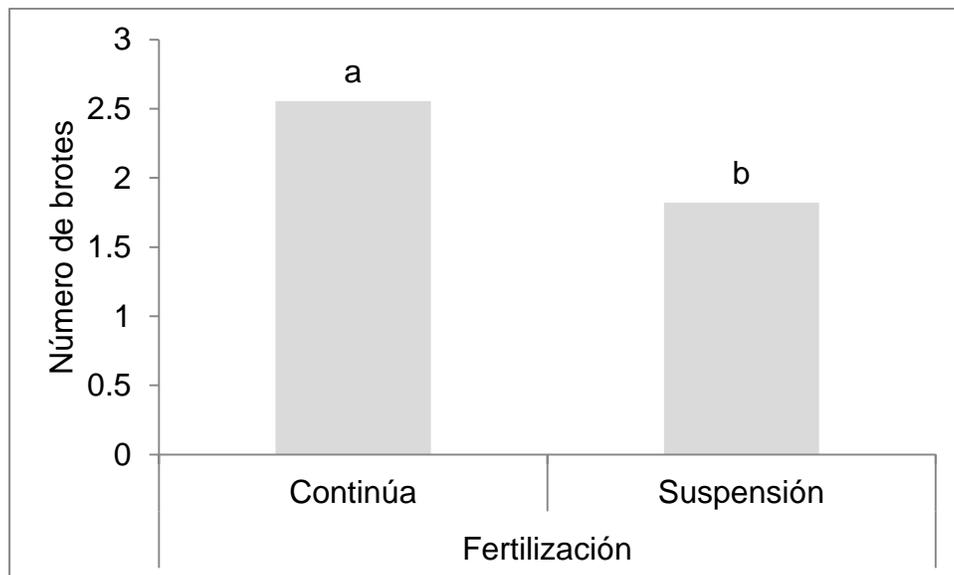


**Figura 5.** Efecto de la relación  $K^+/Ca^{2+}$  y estrés hídrico sobre número de brotes en *Cymbidium* sp. en el primer ciclo de marzo de 2012 a febrero de 2013. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan, 0.05).

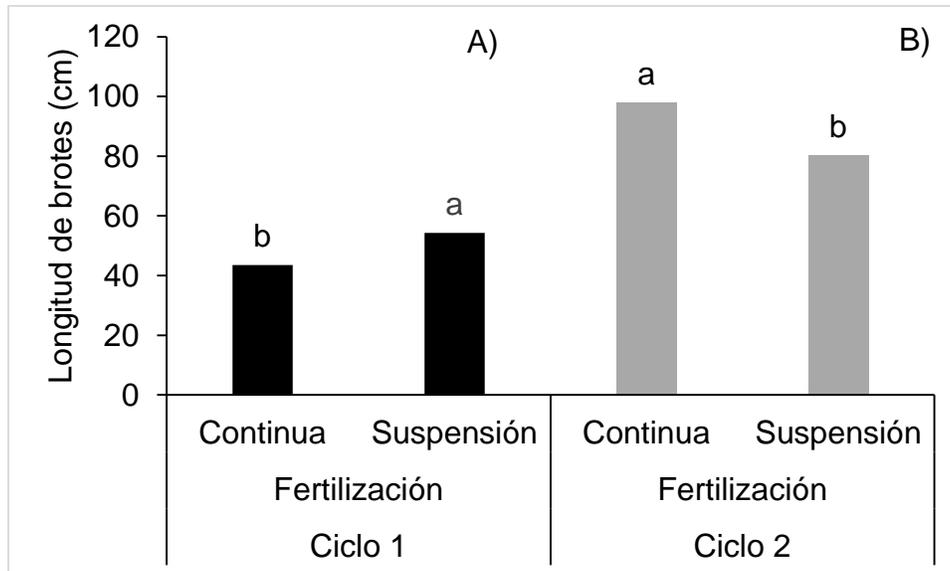
En el segundo ciclo el número y longitud de brotes se incrementó 40.2 % y 21.9 %, respectivamente con fertilización continua en comparación con las plantas que se dejaron de fertilizar, en las cuales se registraron 1.8 brotes por planta (Figura 6) con una longitud promedio de 97.8 cm (Figura 7A). Esto sugiere que la producción de nuevos brotes requiere de una gran cantidad de nutrimentos. En un experimento hecho con plantas de *Paphiopedilum insigne* y *Laelia autumnalis* el uso de las soluciones nutritivas de Wynd, Hoagland-Arnold y Steiner incrementaron el número de hojas y pseudobulbos en comparación con las plantas que fueron regadas solo con agua de la llave (Jiménez, 2013), esto demuestra que la

fertilización continua con solución nutritiva favorece el desarrollo vegetativo en estas orquídeas.

En el primer ciclo de producción la longitud de los brotes se incrementó 24.8 % con la suspensión de la fertilización (Figura 7B). La formación y crecimiento de nuevos brotes depende en parte de los nutrientes movilizados de los pseudobulbos, los cuales se produjeron de la fertilización previa al experimento, en el primer año de evaluación, es por esto que el efecto claro de la fertilización sobre la longitud de brotes se observó hasta el segundo ciclo.



**Figura 6.** Efecto de la fertilización sobre el número de brotes en el segundo ciclo de producción de marzo de 2013 a febrero de 2014 en plantas de *Cymbidium* sp. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

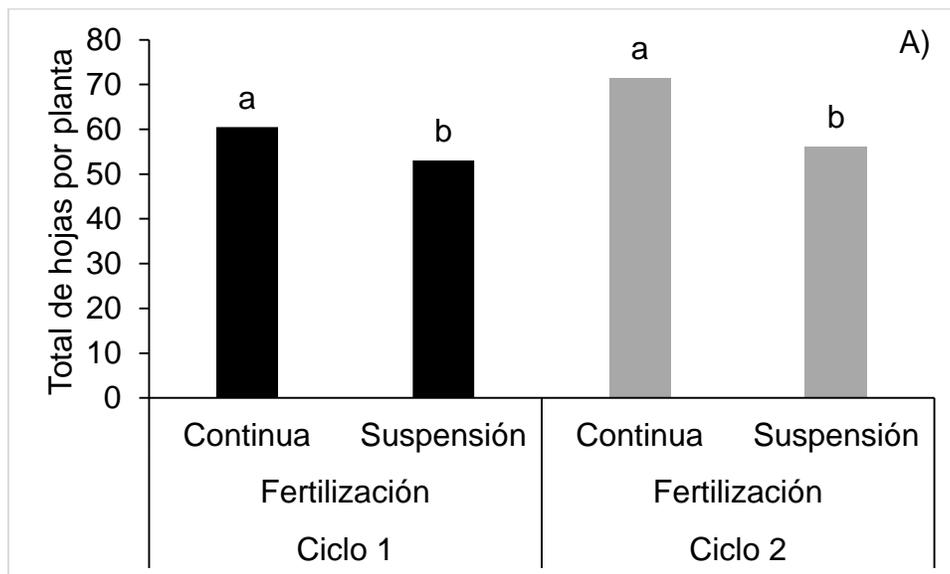


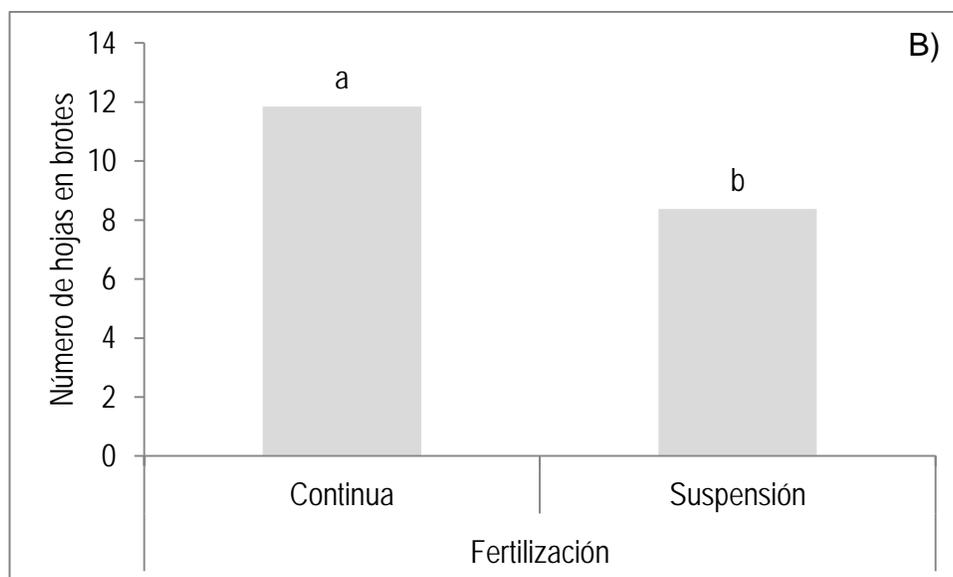
**Figura 7.** Efecto de la fertilización sobre la longitud de brotes en el primero (de marzo de 2012 a febrero de 2013) (A) y segundo (de marzo de 2013 a febrero de 2014) (B) ciclo de producción en plantas de *Cymbidium* sp. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

### 3.3 Número de hojas

Las plantas con fertilización continua desarrollaron en promedio 60 y 71 hojas en el primer y segundo ciclo de evaluación, respectivamente; esto representa 13.2 y 26.8 % más hojas que las registradas en las plantas que no fueron fertilizadas de forma continua (Figura 8A). Este mismo efecto se observó en el número de hojas registradas en los brotes durante el segundo ciclo, con 11.8 hojas en brotes en las plantas con fertilización continua y 8.4 hojas en brotes cuando se suspendió la fertilización (Figura 8B). Resultados similares se encontraron en un híbrido de *Phalaenopsis* donde la suspensión de la fertilización

justo antes de la aparición de escapos o cuando estos tenían 10 cm de altura disminuyó el número de hojas (5 y 4.9, respectivamente) en comparación con las plantas fertilizadas continuamente (5.7) (Wang, 2000). El momento de la suspensión de la fertilización en el cultivo de orquídeas, también tiene un efecto en el número de hojas y tamaño de los nuevos pseudobulbos como lo muestran los resultados obtenidos en *Dendrobium* donde la suspensión de la fertilización a los 226 días después de iniciada, resultó en el desarrollo de al menos una hoja más (9.5) y un incremento en la altura de planta de 28.5 cm, comparado con la suspensión a los 165 (8.1 y 27.9 cm, respectivamente) y 196 (8.3 y 26.5 cm, respectivamente) días después de iniciada la fertilización (Yen *et al.*, 2008).





**Figura 8.** Efecto de la fertilización sobre el total de hojas en el ciclo 1 (marzo de 2012 a febrero de 2013) y ciclo 2 (marzo de 2013 a febrero de 2014) (A) y número de hojas en brotes en el ciclo 2 (B) en plantas de *Cymbidium* sp. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

El número de hojas totales en pseudobulbos se incrementó en las plantas que fueron sometidas a estrés hídrico (regadas cada 14 d) con solución nutritiva con relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 9/7 en el primer ciclo (63.3 hojas) y sin estrés hídrico con relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 7/9 en el segundo ciclo (69.3 hojas) (Cuadro 4). Estos resultados sugieren que el incremento en la concentración de  $K^+$  en la solución nutritiva bajo condiciones de estrés hídrico promueve el desarrollo de un mayor número de hojas en los pseudobulbos. Por el contrario, el menor número de hojas totales en los pseudobulbos se encontró con riego cada 14 d y la relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 8/8 en el primer ciclo (44.5) y con riego continuo y relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva de 5/11 en el segundo ciclo (36). El número de hojas por

pseudobulbo, en el segundo ciclo de evaluación fue mayor (5.6 hojas por pseudobulbo) con periodos de estrés hídrico de 7 d y relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 6/10 y disminuyó 26.7 % con el tratamiento testigo (Cuadro 4). Esta inconsistencia en los resultados puede explicarse por la presencia de *Fusarium* sp. en las plantas bajo experimentación, ya que la enfermedad causada por este organismo provocó que se realizarán podas sanitarias para controlar y erradicar los síntomas lo que implicó la disminución de las hojas presentes en los pseudobulbos en la mayoría de las plantas (Figura 9).

**Cuadro 4.** Efecto de la interacción de los factores estrés hídrico \* relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva sobre las variables total de hojas en pseudobulbos y número de hojas por pseudobulbo en plantas de *Cymbidium* sp.

Estrés hídrico	Relación $K^+/Ca^{2+}$	Total de hojas en pseudobulbos		Número de hojas por pseudobulbo
		<sup>2</sup> Ciclo 1	<sup>1</sup> Ciclo 2	<sup>1</sup> Ciclo 2
0	5/11	42.5 bc	36.0 d	4.2 ab
	6/10	51.7 abc	62.5 ab	5.4 ab
	7/9	58 abc	69.3 a	5.3 ab
	8/8	53 abc	56.8 abcd	5.2 ab
	9/7	44.2 abc	47.6 abcd	4.6 ab
7	5/11	46.5 abc	50.0 abcd	5.3 ab
	6/10	51.5 abc	60.1 abc	5.6 a
	7/9	44.5 abc	49.6 abcd	5.1 ab
	8/8	40.8 bc	53.3 abcd	5.2 ab
	9/7	41.3 bc	45.0 bcd	4.8 ab
14	5/11	60.5 ab	64.3 ab	5.5 ab
	6/10	46.2 abc	55.8 abcd	5.2 ab
	7/9	53.2 abc	54.8 abcd	5.0 ab
	8/8	39.7 c	44.5 bcd	4.3 ab
	9/7	63.3 a	64.0 ab	4.9 ab
Testigo		46.3 abc	38.0 cd	4.1 b

Letras iguales en la misma columna representa datos estadísticamente iguales <sup>1</sup>Tukey, 0.05 y <sup>2</sup>Duncan, 0.05. Ciclo 1= (marzo de 2012 a febrero de 2013) y Ciclo 2= (marzo de 2013 a febrero de 2014).



**Figura 9.** Síntomas causados por *Fusarium* en hojas de *Cymbidium* sp.

### 3.4 Grosor de hoja

Las interacciones del periodo fertilización\*relación  $K^+/Ca^{2+}$  (F\*RC) y EH\*RC influyeron significativamente en el grosor basal de las hojas en la primera evaluación. En el segundo ciclo de evaluación, solo hubo efecto significativo sobre la variable grosor apical de las hojas por efecto de la suspensión de la fertilización (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Cuadrados medios del análisis de varianza para el efecto de la fertilización, estrés hídrico y relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva sobre las variables grosor en la base, parte media y ápice de la hoja y resistencia a la penetración del pseudobulbo en *Cymbidium* sp en el ciclo 1 (marzo 2012 – febrero 2013) y ciclo 2 (marzo 2013 – febrero 2014) de evaluación.

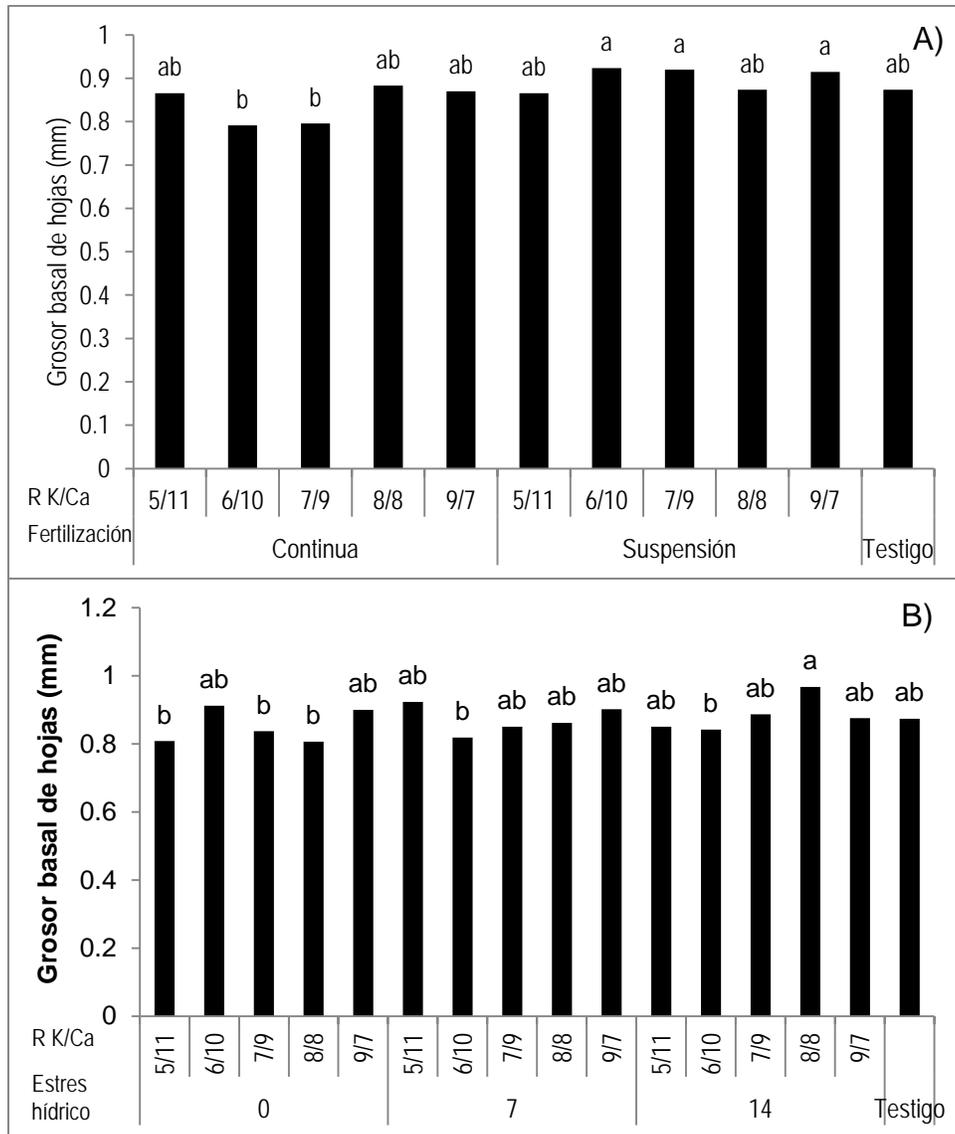
Factor de variación	Grados de Libertad	Ciclo	Grosor en la base (mm)	Grosor en la parte media (mm)	Grosor en el ápice (mm)	Resistencia a la penetración
Fertilización (F)	1	Ciclo 1	<b>0.081601**</b>	0.005444 <sup>NS</sup>	0.000004 <sup>NS</sup>	2454.4 <sup>NS</sup>
		Ciclo 2	0.010027 <sup>NS</sup>	0.029521 <sup>NS</sup>	<b>0.028801*</b>	2454.4 <sup>NS</sup>
Estrés hídrico (EH)	2	Ciclo 1	0.007434 <sup>NS</sup>	0.006054 <sup>NS</sup>	0.001330 <sup>NS</sup>	6325.2 <sup>NS</sup>
		Ciclo 2	0.100933 <sup>NS</sup>	0.003787 <sup>NS</sup>	0.001973 <sup>NS</sup>	6325.2 <sup>NS</sup>
Relación $K^+/Ca^{2+}$ (RC)	4	Ciclo 1	0.004329 <sup>NS</sup>	0.002848 <sup>NS</sup>	0.002653 <sup>NS</sup>	25350.6 <sup>NS</sup>
		Ciclo 2	0.001921 <sup>NS</sup>	0.001297 <sup>NS</sup>	0.002909 <sup>NS</sup>	25350.6 <sup>NS</sup>
F*EH	2	Ciclo 1	0.000487 <sup>NS</sup>	0.007674 <sup>NS</sup>	0.001187 <sup>NS</sup>	66660.2 <sup>NS</sup>
		Ciclo 2	0.003631 <sup>NS</sup>	0.001481 <sup>NS</sup>	0.004484 <sup>NS</sup>	66660.2 <sup>NS</sup>
F* RC	4	Ciclo 1	<b>0.019137*</b>	0.008341 <sup>NS</sup>	0.003885 <sup>NS</sup>	58406.5 <sup>NS</sup>
		Ciclo 2	0.014561 <sup>NS</sup>	0.003662 <sup>NS</sup>	0.002753 <sup>NS</sup>	58406.5 <sup>NS</sup>
EH*RC	8	Ciclo 1	<b>0.018017**</b>	0.007255 <sup>NS</sup>	0.002410 <sup>NS</sup>	11158.6 <sup>NS</sup>
		Ciclo 2	0.006979 <sup>NS</sup>	0.003861 <sup>NS</sup>	0.001742 <sup>NS</sup>	11158.6 <sup>NS</sup>
F*EH*RC	8	Ciclo 1	0.006165 <sup>NS</sup>	0.006809 <sup>NS</sup>	0.004618 <sup>NS</sup>	48139.4 <sup>NS</sup>
		Ciclo 2	0.005539 <sup>NS</sup>	0.005926 <sup>NS</sup>	0.002120 <sup>NS</sup>	48139.4 <sup>NS</sup>

(NS) no significativa, (\*)  $P \leq 0.05$  y (\*\*)  $P \leq 0.01$ ;

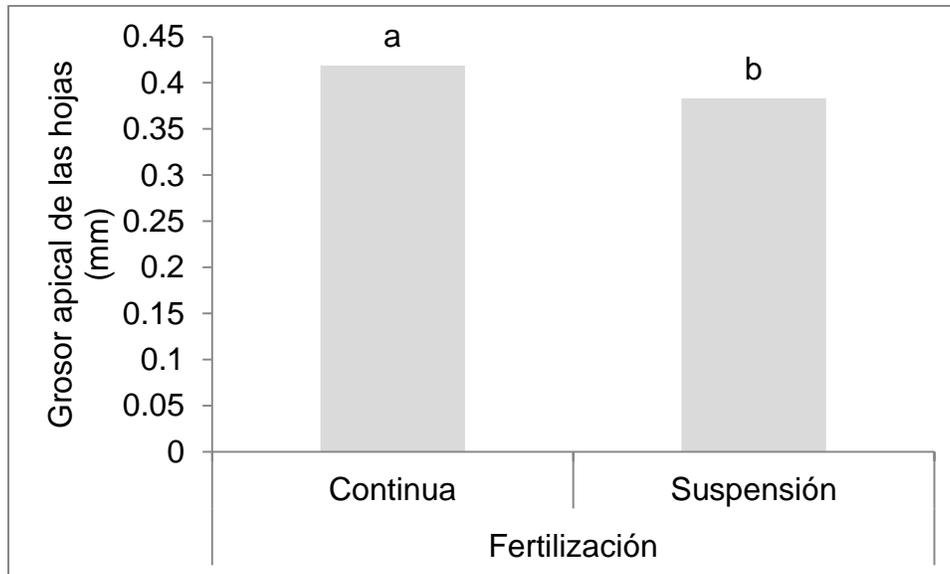
En el primer ciclo de evaluación el grosor basal de las hojas de *Cymbidium* sp. se incrementó hasta 16.5 % cuando se suspendió la fertilización y se regó con solución nutritiva con relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 6/10 (0.92 mm), 7/9 (0.92 mm) y 9/7 (0.91 mm). Por el contrario el menor grosor basal de las hojas se registró con fertilización continua con esta misma relación  $K^+/Ca^{2+}$  6/10 (0.79 mm) y 7/9 (0.8 mm) (Figura 10A). El estrés hídrico durante 14 d con una relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 8/8 promovió hojas más gruesas en la parte basal de las hojas (0.97 mm), en contraste las hojas menos gruesas fueron registradas en las plantas sin estrés

hídrico y relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 5/11 (0.81 mm), 7/9 (0.84 mm) y 8/8 (0.81 mm) y plantas regadas con solución nutritiva con relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 6/10 y periodos de riego cada 7 (0.82 mm) y 14 d (0.84 mm) (Figura 10B).

En el segundo ciclo de evaluación, el mayor grosor apical de la hoja, se registró en las plantas con fertilización continua (0.41 mm) lo que representa hojas 9.3 % más gruesas que cuando se suspendió la fertilización (Figura 11). Estos resultados confirman que los cambios en el grosor de las células epidérmicas y por lo tanto de las hojas, están relacionados con el hábitat y las condiciones bajo las cuales crecen las especies (Cutler *et al.*, 2007). En este experimento las plantas de *Cymbidium* sp. incrementaron el grosor de las hojas en su porción basal bajo condiciones de estrés nutrimental (con la suspensión de la fertilización) e hídrico (riego cada 14 d).

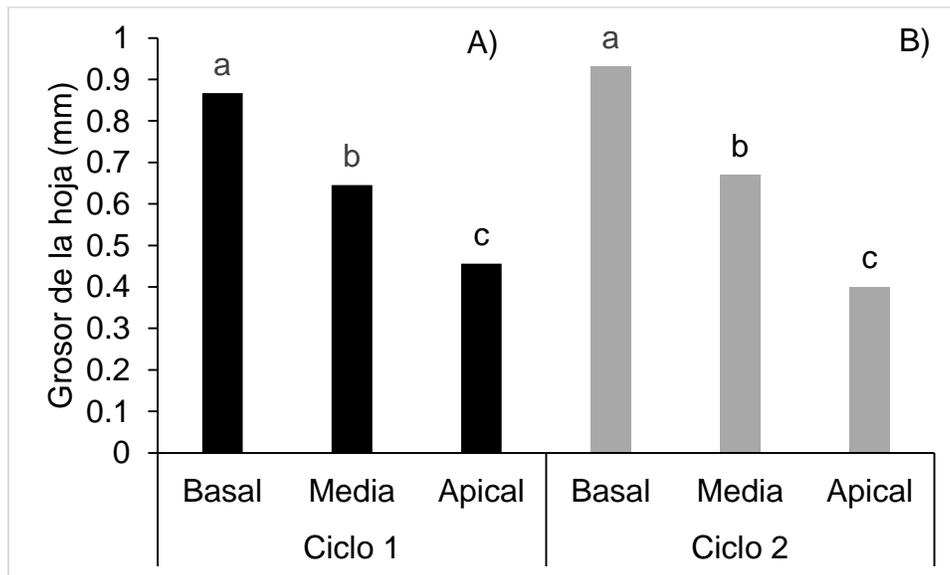


**Figura 10.** Grosor basal de la hoja en plantas de *Cymbidium* sp. por efecto de la relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva y el periodo de fertilización (A) y por efecto de la relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva y estrés hídrico (B) cultivadas de marzo de 2012 a febrero de 2013. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan, 0.05).



**Figura 11.** Efecto de la fertilización sobre el grosor apical en hojas de *Cymbidium* sp. cultivadas en el segundo ciclo de marzo de 2013 a febrero de 2014. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Los datos registrados en los dos ciclos de evaluación muestran que la hoja de *Cymbidium* sp. es más gruesa en la parte basal (0.87 y 0.92 mm) comparada con el grosor en la parte media (0.65 y 0.66 mm) y apical (0.46 y 0.40 mm) (Figura 12), es posible que esto se deba a que en esta especie el diámetro del haz vascular y grosor del mesófilo son más gruesos en la porción basal (1031 y 3777.91  $\mu\text{m}$ ) seguido de las porciones media (820.26 y 1703.61  $\mu\text{m}$ ) y apical (564.35 y 1320.01  $\mu\text{m}$ ). En contraste la porción media presentó el mayor grosor de cutícula y mayor grosor del tejido epidérmico (29.90 y 63.04  $\mu\text{m}$ , respectivamente) seguida de las porciones apical (26.91 y 58.71, respectivamente) y basal (25.75 y 57.73, respectivamente) (García *et al.*, 2013), esto probablemente se debe a que la porción media soporta mayor peso y le da soporte a la hoja.



**Figura 12.** Grosor de hojas en la parte basal, media y apical en *Cymbidium* sp. en el ciclo 1 (marzo de 2012 a febrero de 2013) (A) y 2 (marzo de 2013 a febrero de 2014) (B). Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

### 3.5 Variables asociadas a la floración

El número de escapos producidos por planta fue estadísticamente diferente sólo en el segundo ciclo de evaluación por efecto del factor relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Cuadrados medios del análisis de varianza para el efecto del periodo de fertilización, estrés hídrico y relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva sobre el número de escapos por planta de *Cymbidium* sp. en el segundo ciclo de producción (marzo de 2013 a febrero de 2014).

<b>Factor de variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Número de escapos</b>
Fertilización (F)	1	0.544 <sup>NS</sup>
Estrés hídrico (EH)	2	0.544 <sup>NS</sup>
Relación $K^+/Ca^{2+}$ (RC)	4	1.544 <sup>**</sup>
F*EH	2	0.011 <sup>NS</sup>
F* RC	4	0.211 <sup>NS</sup>
EH*RC	8	0.377 <sup>NS</sup>
F*EH*RC	8	0.094 <sup>NS</sup>

(NS) no significativa, (\*)  $P \leq 0.05$  y (\*\*)  $P \leq 0.01$

No se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos, con al menos dos repeticiones con escapos, en el primero (4, 6, 7, 8, 18, 21, 25, 26 y 27) y segundo (3, 18, 28 y 31) ciclo de producción para las variables días a la aparición del primer escapo, longitud y distancia entrenudos en los escapos, número de flores por escapo y días a la apertura de la primera y última flor, vida y consumo de agua en florero, largo y ancho de flor y labelo. Sólo se encontró diferencia estadística significativa para el diámetro de escapo en el segundo ciclo de evaluación (Cuadro 7).

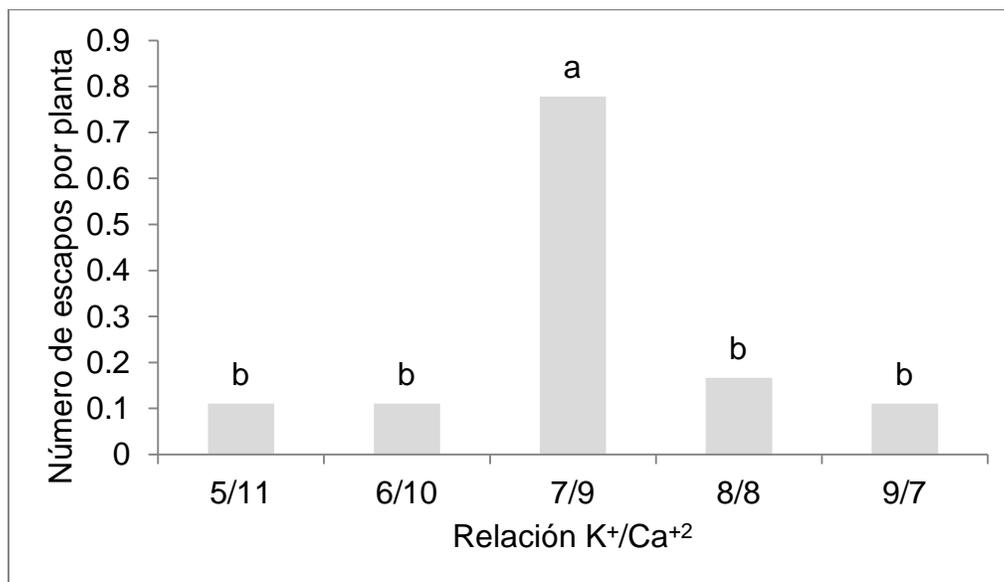
**Cuadro 7.** Análisis de varianza para el diámetro de escapo en plantas de *Cymbidium* sp. en el ciclo 2 evaluación (marzo de 2013 a febrero de 2014).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F - Valor	P > F
Tratamiento	4	12.7	3.1	8.82	0.0109
Error	6	2.1	0.3		
Total correcto	10	14.9			

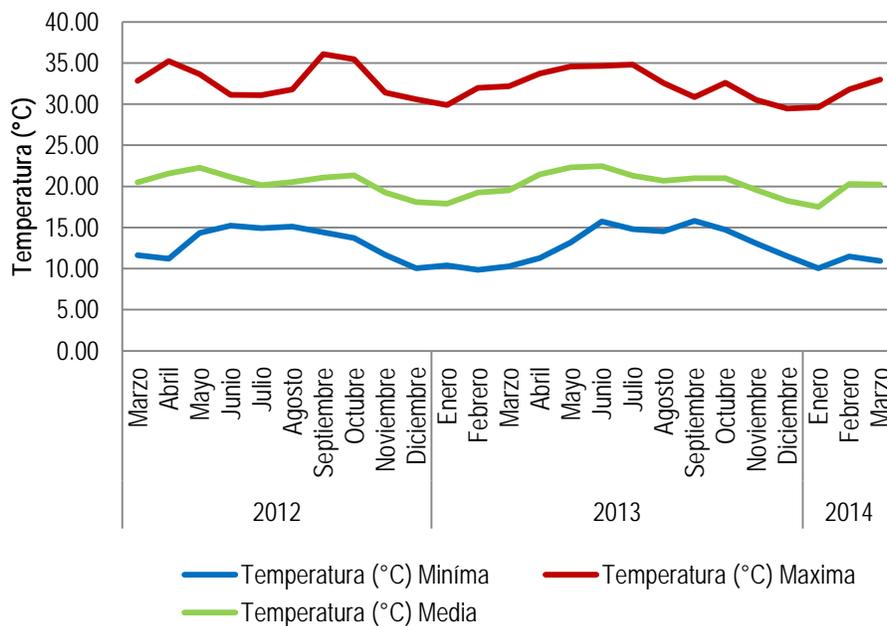
### 3.5.1 Número de escapos

El número de escapos por planta fue mayor en las plantas fertirrigadas con solución nutritiva con relación  $K^+/Ca^{2+}$  7/9 (0.8 escapos por planta en promedio), esto representa siete veces más escapos que las plantas fertirrigadas con las soluciones nutritivas con relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 5/11, 6/10 y 9/7 y seis veces más que las regadas con solución con relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 8/8 (Figura 13). Sin embargo, las condiciones ambientales en este experimento no promovieron una producción uniforme de escapos, por lo que no fue posible evaluar totalmente el efecto de los factores y sus interacciones, sobre las variables relacionadas con la floración. En el primer ciclo sólo floreció el 31 % de las plantas y 23 % en el segundo ciclo de producción. *Cymbidium* es cultivada en condiciones frías en invernadero (10-30 °C). A finales del verano y principios de otoño requieren temperaturas nocturnas de máximo 12 °C para iniciar la formación de flores (Du y Cribb, 2007). Durante este periodo (septiembre) la temperatura promedio mínima durante la noche, registrada en el invernadero fue de 12.6 y 12.9 °C en el primero y segundo ciclo de

evaluación, respectivamente, esta temperatura está por encima del umbral reportado de 12 °C para iniciar la formación de flores, por lo que estas condiciones ambientales influyeron para que no todas las plantas formaran escapos. Por otro lado los únicos meses donde se registró una temperatura nocturna promedio menor a 12 °C fueron marzo, abril, noviembre y diciembre de 2012, de enero a abril de 2013 y de diciembre de 2013 a febrero de 2014, por lo que no coincidió con el momento requerido para promover una floración uniforme a principios de otoño en el mes de septiembre (Figura 14).



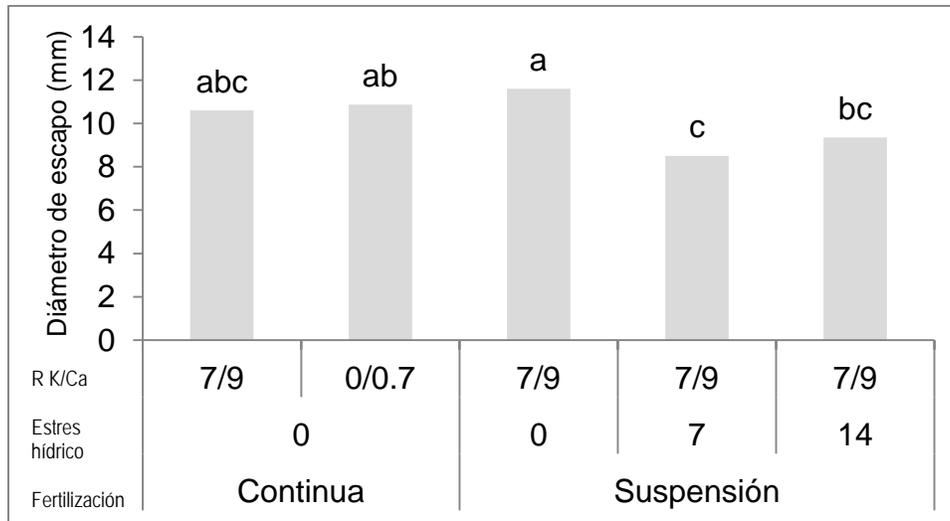
**Figura 13.** Efecto de la relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva sobre el número de escapos en plantas de *Cymbidium* sp. en el segundo ciclo de evaluación (marzo de 2013 a febrero de 2014). Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).



**Figura 14.** Temperatura mínima, media y máxima en el invernadero de marzo de 2012 a marzo de 2014.

### 3.5.2 Diámetro de escape

El mayor diámetro de escape (11.6 mm) se encontró con la suspensión de la fertilización, sin estrés hídrico y relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva de 7/9. En contraste, con estas mismas condiciones de fertilización pero con periodos de estrés hídrico de 7 d, se registró el menor diámetro de escape (8.5 mm) entre los cinco tratamientos evaluados en el segundo ciclo de producción (Figura 15).



**Figura 15.** Diámetro de escapo registrado en el segundo ciclo de evaluación (marzo de 2013 a febrero de 2014) en plantas de *Cymbidium* sp. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

### 3.6 Comparación de las variables florales en los dos ciclos de producción

Las variables asociadas al tamaño de las flores se incrementaron en el segundo ciclo de evaluación, en comparación con los datos registrados en el primer ciclo. El diámetro y longitud del escapo se incrementaron en 22.1 y 45.8 %. La distancia entre nudos fue 21.2 % mayor y se produjeron 2.2 más flores por escapo. El largo y ancho promedio de las flores fue 11.7 y 18.3 % mayor, mientras que el largo y ancho del labelo se incrementó en 28.6 y 96.1 % (Cuadro 8). Estos datos muestran que la fertilización constante en las plantas de *Cymbidium* durante dos años incrementa la calidad de las flores, esto podría significar mayores

utilidades en el cultivo de esta planta, ya que su principal uso es como flor de corte.

El tiempo promedio a la aparición de los escapos fue de 171.2 dde. La primera flor que abrió por escapo se encontró a los 275.5 dde y la última flor a los 281 dde, la vida media de florero fue de 22.9 d.

**Cuadro 8.** Comparación entre las variables florales en el ciclo 1 (marzo de 2012 a febrero de 2013) y ciclo 2 (marzo de 2013 a febrero de 2014) en plantas de *Cymbidium* sp.

<b>Variables florales</b>	<b>Ciclo 1</b>	<b>Ciclo 2</b>
Diámetro de escapo (mm)	8.6 b	10.5 a
Longitud de escapo (cm)	61.4 b	89.5 a
Distancia entrenudos (cm)	14.6 b	17.7 a
Flores por escapo	6.7 b	8.9 a
Largo de flor (cm)	9.4 b	10.5 a
Ancho de flor (cm)	10.9 b	12.9 a
Largo de labelo (cm)	3.5 b	4.5 a
Ancho de labelo (cm)	2.6 b	5.1 a

Letras iguales en la misma columna representa datos estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

#### IV. CONCLUSIONES

La fertilización continua promovió un mayor desarrollo vegetativo en plantas de *Cymbidium* sp. ya que se incrementó el número hojas, número de brotes y pseudobulbos, así como la longitud de estos.

El estrés hídrico provocó una disminución del diámetro de los pseudobulbos y no mostró un efecto sobre el incremento en la producción de escapos, por lo que suspender el riego previo a la floración es una estrategia que debe estudiarse con mayor detalle.

El estrés hídrico y la suspensión de la fertilización incrementaron el grosor basal de las hojas.

El tamaño de los escapos y las flores de *Cymbidium* sp se incrementaron en el segundo ciclo de evaluación, por efecto de la fertilización continua.

## V. LITERATURA CITADA

**Arnold Bik R, van den Berg Th J M (1983)** N-gift afstemmen op bloemtak/scheutver-houding. Vakbl. Bloemisterij 38(36):42-43.

**Baker M L, C O Baker (1996)** Orchid species culture: Dendrobium. Timber Press, Portland, OR. 852 pp.

**Blanchard MG, Runkle ES (2006)** Temperature during the day, but not during the night, controls flowering of *Phalaenopsis* orchids. Journal of Experimental Botany 57(15):4043-4049.

**Behboudian M H, T H Mills (1997)** Deficit irrigation in deciduous orchards. Hortic. Rev. 21:105–131.

**Chimonidou-Pavlidou D (1996)** Effect of water stress at different stages of rose development. Acta Horticulturae 424:45-52.

**Cutler D F, Botha T, Stevenson D W (2007)** Plant Anatomy: An Applied Approach. Wiley-Blackwell Publishing Ltd. USA. pp: 70-76.

**De Kreij C, T J M van den Berg (1990)** Effect of electrical conductivity of the nutrient solution fertilization regime on spike production and quality of *Cymbidium*. *Scientia Horticulturae* 44:293-300.

**Dong F, H Liu, H Jin, Y Luo (2008)** Symbiosis between fungi and the hybrid *Cymbidium* and its mycorrhizal microstructures. *For. Stud. China* 10(1):41-44.

**Du P D, Cribb P (2007)** The Genus *Cymbidium*. Royal Botanic Gardens, Kew. UK. pp: 37-40.

**García G V, Valdovinos G P, Rodríguez M M N, Pedraza S M E, Trejo T L I, Soto H M (2013)** Rutas de la penetración foliar en la fertilización de la orquídea *Cymbidium* sp. (Orchidaceae). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5:913-924.

**Ginderdeuren R V V (2009)** Aclimatación de plántulas de *Chloraea virescens* (Willd.) Lindl. cultivadas *in vitro*. Universidad Austral de Chile, Escuela de Agronomía. 57 p.

**Ichihashi S (1997)** Orchid production and research in Japan. *In: Orchid Biology: Reviews and Perspectives*. J Arditti, A M Pridgeon (eds). Vol. 7 Kluwer Academic Publ Dordrecht, The Netherlands. pp: 171-212.

**Jiménez P N (2008)** Sustratos y fertilización en el desarrollo vegetativo de la orquídea *Laelia anceps*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.102 p.

**Jiménez P N (2013)** Sustrato, soluciones nutritivas y concentración nutricional de las orquídeas epifitas amenazadas *Paphiopedilium insigne* y *Laelia autumnalis*. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México.125 p.

**Juárez H M J, G Baca C, L A Aceves N, P Sánchez G, J L Tirado T, J Sahagún C, M T Colinas L (2006)** Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. *Interciencia* 31(004):245-253.

**Kim Y J, H J Lee, K S Kim (2011)** Night interruption promotes vegetative growth and flowering of *Cymbidium*. *Scientia Horticulturae* 130:887-893.

**Kilmer V J, S E Younts, N C Brady (eds) (1968)** The Role of Potassium in Agriculture. Amer. Soc. Agron. Madison, USA. 523 p.

**López R G, E S Runkle (2005)** Flowering of the orchid *Miltoniopsis* Augres 'Trinity' is influenced by photoperiod and temperature. *Acta Hort.* 683:175-179.

**Lunt O R, A M Kofranek (1961)** Exploratory nutritional studies on *Cymbidium* using two textures of fir bark. American Orchid Society Bulletin 30:297-302.

**Mitchell P D, D J Chalmers (1982)** The effect of reduced water supply on peach tree growth and yields. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 107:853-856.

**Ng C K Y, Hew C S (2000)** Orchid pseudobulbs – ‘false’ bulbs with a genuine importance in orchid growth and survival! Scientia Horticulturae 83:165-172.

**Steiner A A (1961)** A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Plant Soil 15:134-154.

**Steiner A A (1984)** The universal nutrient solution. *In*: Proceedings of Sixth International Congress on Soilless Culture. Lunteren, The Netherlands. pp. 633-649.

**Tejeda S O, L I Trejo T, M Arguello Q, M A A Téllez (2013)** Fuentes fertilizantes orgánicas y minerales en *Laelia anceps* Lindl. subesp. *anceps* (Orchidaceae) en fase vegetativa. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 516:951-965.

**Van Os P C, Van der Wurff A A M (1988)** Produktiviteit *Cymbidium* afhankelijk van bloemtak/scheutverhouding. Vakbl. Bloemisterij 43(30):50-51.

**Wang Y T (2000)** Impact of a high phosphorous fertilizer and timing of termination of fertilization on flowering of a hybrid moth orchid. HortScience 35(1): 60-62.

**Wang Y T (1996)** Effects of six fertilizers on vegetative growth and flowering of *Phalaenopsis* orchids. Scientia Horticulturae 65:191-197.

**Wood H P (2006)** The dendrobiums. A.R.G. Gantner Verlag University of California 847 p.

**Yamamoto Dendrobiums (2014)** Caring. Consultado el 17 de julio de 2014 <[http://www.yamamotodendrobiums.com/html/general\\_care.html#Fertilizing](http://www.yamamotodendrobiums.com/html/general_care.html#Fertilizing)>.

**Yen C Y T, Starman T W, Wang Y T, Holzenburg A, Niu G (2008)** Timing of nutrient termination and reapplication for growth, flower initiation, and flowering of the nobile dendrobium orchid. Journal of the American Society For Horticultural Science 133(4):501-507.

**CAPÍTULO III. CONCENTRACIÓN NUTRIMENTAL Y CONTENIDO DE  
CLOROFILA EN HOJAS DE *Cymbidium* sp. POR EFECTO DE LA RELACIÓN  
 $K^+/Ca^{2+}$ , PERIODOS DE FERTILIZACIÓN Y ESTRÉS HÍDRICO.**

**RESUMEN**

Se estudió la concentración nutrimental y el contenido de clorofila en las hojas de *Cymbidium* sp. por efecto de cinco relaciones  $K^+/Ca^{2+}$  (5/11, 6/10, 7/9, 8/8, y 9/7), tres periodos de estrés hídrico (0, 7 y 14 d sin regar) y la suspensión de la fertilización, bajo un diseño factorial con un tratamiento testigo regado con agua de la llave. A los 198 días después de establecido el experimento (dde) las lecturas SPAD se incrementaron 11.7 y 9.4 % con la relación  $K^+/Ca^{2+}$  5/11 y 6/10 en comparación con el testigo. En las plantas fertilizadas continuamente las lecturas SPAD se incrementaron 6, 7, 6, 10 y 4 % a los 457, 487, 579, 610 y 638 dde, respectivamente. El riego cada 14 d disminuyó las lecturas SPAD. La concentración de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe y Mn en las hojas fue menor cuando se suspendió la fertilización. Con la la relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 9/7 la concentración foliar de K aumentó (28.4 mg g<sup>-1</sup> MS) y el Ca disminuyó (7.7 mg g<sup>-1</sup> MS). El incremento en la concentración de alguno de estos cationes interfiere en la absorción del otro.

**Palabras clave:** concentración nutrimental en orquídeas; métodos de diagnóstico nutrimental; solución nutritiva Steiner.

**CHAPTER III. LEAVES *Cymbidium* sp. NUTRITIONAL CONCENTRATION AND CHLOROPHYLL CONTENT BY  $K^+/Ca^{2+}$  RATIO, FERTILIZATION PERIODS AND WATERING.**

**ABSTRACT**

The nutrient concentration and chlorophyll content were studied in the leaves of *Cymbidium* sp. by the effect five  $K^+/Ca^{2+}$  ratios (5/11, 6/10, 7/9, 8/8, and 9/7), three periods of stress water (0, 7 and 14 d without watering) and the suspension of fertilization under a factorial design of treatments with a control treatment irrigated with tap water. At 198 days after the establishment of the experiment the SPAD readings increased 11.7 and 9.4% with the ratio  $K^+/Ca^{2+}$  of 5/11 and 6/10 compared with the control. In plants fertilized continuously increased the SPAD readings 6, 7, 6, 10 and 4% at 457, 487, 579, 610 and 638 after experiment established, respectively. Irrigation every 14 d SPAD readings decreased. Foliar concentration of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe and Mn in the leaves was lower when fertilization was discontinued. With the ratio  $K^+/Ca^{2+}$  of 9.7 K foliar concentration increased ( $28.4 \text{ mg g}^{-1} \text{ DM}$ ) and Ca decreased ( $7.7 \text{ mg g}^{-1} \text{ DM}$ ). The increase in the concentration of any of these cations interferes with the absorption of other.

**Keywords:** nutrient concentration in orchids, nutritional diagnostic methods, Steiner nutritional solution.

## I. INTRODUCCIÓN

La suspensión de la fertilización y el sometimiento a periodos de estrés hídrico a las plantas previo o durante la diferenciación floral, son estrategias que podrían tener un efecto positivo sobre la producción de flores en *Cymbidium* sp.

Por otro lado, en condiciones de exceso de  $K^+$  en la solución nutritiva su consumo se incrementa y puede interferir en la absorción y la disponibilidad fisiológica de otros cationes como el  $Ca^{2+}$  (Azcón-Bieto y Talón, 2008). Es por esto que debe determinarse para cada especie la relación  $K^+/Ca^{2+}$  en la solución nutritiva que promueva una mayor producción de flores de calidad.

Estos factores pueden tener efecto sobre el estado nutrimental de las plantas de *Cymbidium*, por lo que es importante aplicar métodos que permitan monitorear la concentración de nutrientes en las hojas con la finalidad de encontrar las condiciones óptimas para el crecimiento y floración en esta orquídea.

El análisis químico de tejido vegetal, comúnmente denominado análisis vegetal, es una técnica de diagnóstico que permite utilizar la concentración mineral de las plantas como indicador de su situación nutrimental. El análisis químico permite diagnosticar anomalías nutrimentales, identificar deficiencias latentes, evaluar la respuesta a la fertilización y definir interacciones y/o antagonismos entre nutrientes (Sánchez *et al.*, 2009).

Por otra parte, Poole y Seeley (1978) sugieren que una concentración de 100 ppm de N es la más cercana al óptimo para un mejor crecimiento de *Cymbidium*, por el contrario reportan deficiencias en las plantas cuando fueron cultivadas con 50 ppm de N. Por la importancia del N en la nutrición de *Cymbidium* sp. es necesario realizar un monitoreo constante para evaluar las condiciones nutrimentales de la planta y detectar y corregir a tiempo una posible deficiencia de este elemento.

El SPAD es un equipo manual para medir clorofila. El contenido de clorofila o verdor de las hojas es afectado por algunos factores, entre ellos el nivel de N en la planta. Por lo tanto el SPAD 502, podría dar información acerca su concentración en las hojas y puede ser una herramienta útil de diagnóstico rápido (Porro *et al.*, 2001).

Por lo anterior expuesto, el objetivo de este experimento fue estudiar la concentración nutrimental y las lecturas SPAD en las hojas de *Cymbidium* sp. por efecto de la relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva, el estrés hídrico y las suspensión de la fertilización previo a la floración.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Ubicación del área experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en Uruapan, Michoacán, México a 19°23'40.89" de latitud norte y 102°03'32.41" de longitud oeste en la Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez" de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en un invernadero tipo cenital con cubierta plástica y estructura de acero galvanizado, ventilación lateral con malla anti-afidos, con cuatro ventiladores y malla con 80 % de sombra. Los registros ambientales promedio durante el experimento fueron: temperatura y humedad relativa diurnas de 26 °C y 47 %, respectivamente y temperatura y humedad relativa nocturnas de 15 °C y 80 %, respectivamente.

### 2.2 Material vegetal

Se utilizaron 96 plantas de *Cymbidium* sp. de dos años de edad con un promedio de 6.2 pseudobulbos cultivadas en macetas de 11 L con sustrato inerte conocido como tezontle (grava de origen volcánico de 0.5 cm de diámetro de tamaño de partículas). Los tratamientos se iniciaron dos meses después de la última floración (01 de junio de 2012) y se evaluaron dos ciclos de producción: marzo de 2012 a febrero de 2013 y marzo de 2013 a febrero de 2014.

### 2.3 Soluciones nutritivas

Las soluciones nutritivas utilizadas en el experimento, se elaboraron con base en la Solución Universal Steiner (1984), misma que se modificó de acuerdo a los tratamientos con diferentes relaciones  $K^+/Ca^{2+}$ . La solución Steiner tiene la siguiente concentración y relación de aniones y cationes expresada en  $meq L^{-1}$ ,  $12 NO_3^- : 1 H_2PO_4^- : 7 SO_4^{2-}$  y  $7 K^+ : 9 Ca^{2+} : 4 Mg^{2+}$ . Las soluciones se prepararon con fertilizantes comerciales solubles, para ello se tomó en cuenta el contenido de sales en el agua ( $NO_3^-$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $K^+$  y  $Mg^{2+}$ , 0.09, 0.02, 0.46, 0.70 y 0.56  $meq L^{-1}$ , en el estiaje y 0.06, 0.02, 0.16, 0.50 y 0.0  $meq L^{-1}$ , en el periodo de lluvias, respectivamente). Se adicionaron 20  $mg L^{-1}$  de Kelatex<sup>®</sup> a la solución como fuente de micronutrientes. El pH se ajustó a 5.6-5.7 y el potencial osmótico a -0.036 y -0.028 MPa, en el primero y segundo ciclo de evaluación, respectivamente, con el método propuesto por Juárez *et al.* (2006) (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Solución nutritiva Steiner, modificada para tener diferentes relaciones  $K^+/Ca^{2+}$  y un potencial osmótico de -0.036 y -0.028 MPa en el primero y segundo ciclo de producción.

Relaciones $K^+/Ca^{2+}$	Iones y concentración en meq L <sup>-1</sup>					
	$NO_3^-$	$H_2PO_4^-$	$SO_4^{2-}$	$K^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$
Ciclo 1 (marzo 2012 a febrero de 2013)						
-0.036 MPa						
<b>5/11</b>	6.21	0.52	3.62	2.59	5.69	2.07
<b>6/10</b>	6.10	0.51	3.56	3.05	5.08	2.03
<b>7/9</b>	6.00	0.50	3.50	3.50	4.50	2.00
<b>8/8</b>	5.90	0.49	3.44	3.93	3.93	1.97
<b>9/7</b>	5.81	0.48	3.39	4.35	3.39	1.94
Ciclo 2 (marzo 2013 a febrero de 2014)						
-0.028 MPa						
<b>5/11</b>	4.97	0.41	2.90	2.07	4.55	1.66
<b>6/10</b>	4.88	0.41	2.85	2.44	4.07	1.63
<b>7/9</b>	4.80	0.40	2.80	2.80	3.60	1.60
<b>8/8</b>	4.72	0.39	2.75	3.15	3.15	1.57
<b>9/7</b>	4.65	0.39	2.71	3.48	2.71	1.55

## 2.4 Tratamientos y diseño experimental

Se establecieron 31 tratamientos; 30 originados por el diseño factorial 5 X 3 X 2, [cinco relaciones de  $K^+/Ca^{2+}$  (5/11, 6/10, 7/9, 8/8, y 9/7) de la solución nutritiva; tres periodos de estrés hídrico (0, 7 y 14 d sin regar) y dos modalidades de fertilización (continua y con suspensión de está a la aparición de los brotes florales)], más un testigo irrigado sólo con agua de la llave (Cuadro 2). En el primer ciclo de evaluación se realizó un riego diario por goteo con 100 mL de agua y en el segundo ciclo se realizaron dos riegos diarios por goteo con 100 mL de agua cada

uno. Se fertirrigó de forma manual dos veces por semana con solución nutritiva (250 mL). El diseño experimental usado fue el completamente al azar con tres repeticiones, excepto en el caso del tratamiento testigo (seis repeticiones). La unidad experimental consistió en una planta.

## **2.5 Variables evaluadas**

En el primer ciclo de evaluación se registraron las lecturas SPAD un mes antes de la aparición de los brotes florales, un mes después y luego cada mes durante tres meses (134, 198, 229, 260 y 288 dde, respectivamente). En el segundo ciclo de evaluación las lecturas SPAD se registraron cada mes a partir de la suspensión de la fertilización y el inicio del estrés hídrico (457, 487, 518, 548, 579, 610 y 638 dde). Las lecturas SPAD fueron tomadas en el segundo par de hojas del pseudobulbo recientemente maduro. A los 134 y 198 dde aún no se aplicaban los factores de estrés hídrico y suspensión de la fertilización, por lo que solo se evaluó el efecto de la relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva.

El 03 de febrero de 2013 (247 dde) se determinó la concentración de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn y Na en el tercio basal de las hojas; El 01 de febrero de 2014 (610 dde) se determinó la concentración de estos mismos elementos, excepto el Na, en hojas completas y recientemente maduras. El N fue determinado por el método de Kjeldahl y el resto de los nutrimentos por espectrofotometría de

emisión atómica de inducción por plasma, previa digestión húmeda con  $\text{HNO}_3$  y  $\text{HClO}_4$ .

## **2.6 Análisis de datos**

Se realizó un análisis de varianza y las pruebas de comparación de medias correspondientes, de acuerdo con la significancia observada respecto a los factores y sus combinaciones ( $\alpha \leq 0.5$ ) con el programa Statistical Analysis System 9.0. En el primer ciclo de producción, se utilizó la prueba de Duncan ( $\alpha \leq 0.5$ ) en la comparación de medias para la concentración de B, en el resto de las variables se utilizó la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.5$ ) para la comparación de medias. El testigo se comparó con los tratamientos sólo cuando se presentó efecto significativo, en el análisis de varianza, por la interacción de los factores.

**Cuadro 2.** Tratamientos para evaluar el efecto de la relación  $K^+/Ca^{2+}$ , estrés hídrico y la fertilización sobre el desarrollo de *Cymbidium* sp.

Tratamiento	Fertilización <sup>1</sup>	Periodos de estrés hídrico <sup>2</sup> (días)	Relaciones $K^+/Ca^{2+}$
1	Continua	0	5/11
2			6/10
3			7/9
4			8/8
5			9/7
6		7	5/11
7			6/10
8			7/9
9			8/8
10			9/7
11		14	5/11
12			6/10
13			7/9
14			8/8
15			9/7
16	Suspensión	0	5/11
17			6/10
18			7/9
19			8/8
20			9/7
21		7	5/11
22			6/10
23			7/9
24			8/8
25			9/7
26		14	5/11
27			6/10
28			7/9
29			8/8
30			9/7
31	Sin fertilización	0	Agua de la llave

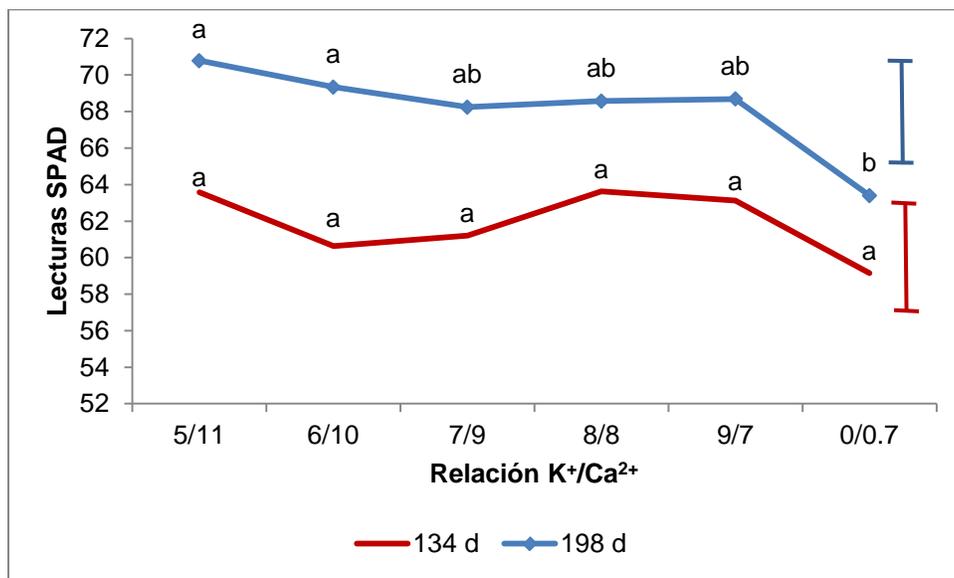
<sup>1</sup> En el primer ciclo de evaluación la fertilización se suspendió el 15 de diciembre de 2012 (197 dde) y se reanudo el 25 de marzo de 2013 (297 dde). En el segundo ciclo de evaluación la fertilización se suspendió el 03 de agosto de 2013 (428 dde).

<sup>2</sup> En el primer ciclo el periodo de estrés hídrico comprendió del 15 de diciembre de 2012 al 25 de marzo de 2013 (197 a 297 dde) y en el segundo ciclo del 03 de agosto al 26 de octubre de 2013 (428 a 512 dde).

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Lecturas SPAD

A los 198 dde la relación  $K^+/Ca^{2+}$  afectó las lecturas SPAD, que fueron 11.7 y 9.4 % más altas con la relación 5/11 y 6/10 (70.79 y 69.34, respectivamente), en comparación con las lecturas SPAD de las plantas regadas con agua de la llave (63.4), que fueron las más bajas (Figura 1).



**Figura 1.** Efecto de la relación  $K^+/Ca^{2+}$  sobre las lecturas SPAD un mes antes (134 dde) y un mes después (198 dde) de la aparición de los brotes florales en *Cymbidium* sp. en el primer ciclo de producción (marzo de 2012 a febrero de 2013). Líneas con la misma letra sobre el marcador son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

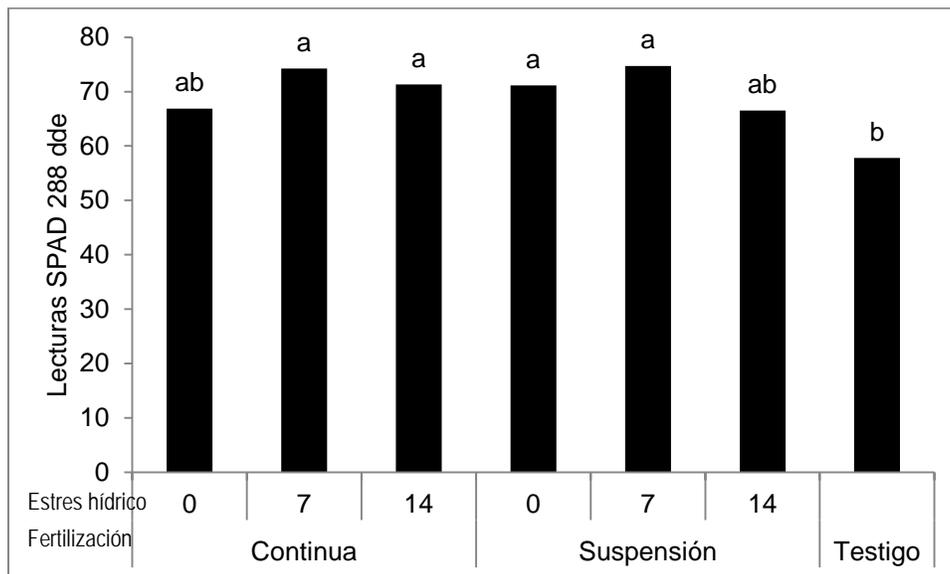
La interacción fertilización\*estrés hídrico (F\*EH) únicamente influyó sobre las lecturas SPAD a los 288 dde. El estrés hídrico tuvo un efecto significativamente distinto sobre esta variable a los 288, 457 y 487 dde, mientras que el factor fertilización afectó significativamente esta variable a los 457, 487, 579, 610 y 638 dde (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Cuadrados medios del análisis de varianza para el efecto del periodo de fertilización, estrés hídrico y relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva sobre lecturas SPAD en hojas de *Cymbidium* sp.

Factor de variación	Grados de Libertad	Lecturas SPAD (dde)									
		229	260	288	457	487	518	548	579	610	638
Fertilización (F)	1	1.6 <sup>NS</sup>	21.9 <sup>NS</sup>	0.002 <sup>NS</sup>	301.0 <sup>**</sup>	316.5 <sup>**</sup>	1.1 <sup>NS</sup>	6.0 <sup>NS</sup>	277.3 <sup>**</sup>	692.7 <sup>**</sup>	146.1 <sup>**</sup>
Estrés hídrico (EH)	2	32.2 <sup>NS</sup>	30.6 <sup>NS</sup>	304.7 <sup>**</sup>	123.0 <sup>*</sup>	295.1 <sup>**</sup>	40.5 <sup>NS</sup>	43.0 <sup>NS</sup>	2.8 <sup>NS</sup>	54.1 <sup>NS</sup>	9.4 <sup>NS</sup>
Relación $K^+/Ca^{2+}$ (RC)	4	103.1 <sup>NS</sup>	6.0 <sup>NS</sup>	42.4 <sup>NS</sup>	37.8 <sup>NS</sup>	7.4 <sup>NS</sup>	31.7 <sup>NS</sup>	13.3 <sup>NS</sup>	31.2 <sup>NS</sup>	23.0 <sup>NS</sup>	3.7 <sup>NS</sup>
F*EH	2	72.7 <sup>NS</sup>	3.5 <sup>NS</sup>	155.2 <sup>*</sup>	3.6 <sup>NS</sup>	31.7 <sup>NS</sup>	10.1 <sup>NS</sup>	47.7 <sup>NS</sup>	89.8 <sup>NS</sup>	29.9 <sup>NS</sup>	8.3 <sup>NS</sup>
F* RC	4	64.0 <sup>NS</sup>	17.3 <sup>NS</sup>	50.5 <sup>NS</sup>	22.7 <sup>NS</sup>	10.7 <sup>NS</sup>	30.0 <sup>NS</sup>	16.9 <sup>NS</sup>	52.1 <sup>NS</sup>	19.3 <sup>NS</sup>	7.4 <sup>NS</sup>
EH*RC	8	31.8 <sup>NS</sup>	26.0 <sup>NS</sup>	11.0 <sup>NS</sup>	46.5 <sup>NS</sup>	14.9 <sup>NS</sup>	29.2 <sup>NS</sup>	15.7 <sup>NS</sup>	22.0 <sup>NS</sup>	27.7 <sup>NS</sup>	5.1 <sup>NS</sup>
F*EH*RC	8	41.1 <sup>NS</sup>	13.9 <sup>NS</sup>	59.73 <sup>NS</sup>	24.2 <sup>NS</sup>	29.8 <sup>NS</sup>	20.0 <sup>NS</sup>	4.8 <sup>NS</sup>	21.2 <sup>NS</sup>	28.3 <sup>NS</sup>	7.1 <sup>NS</sup>

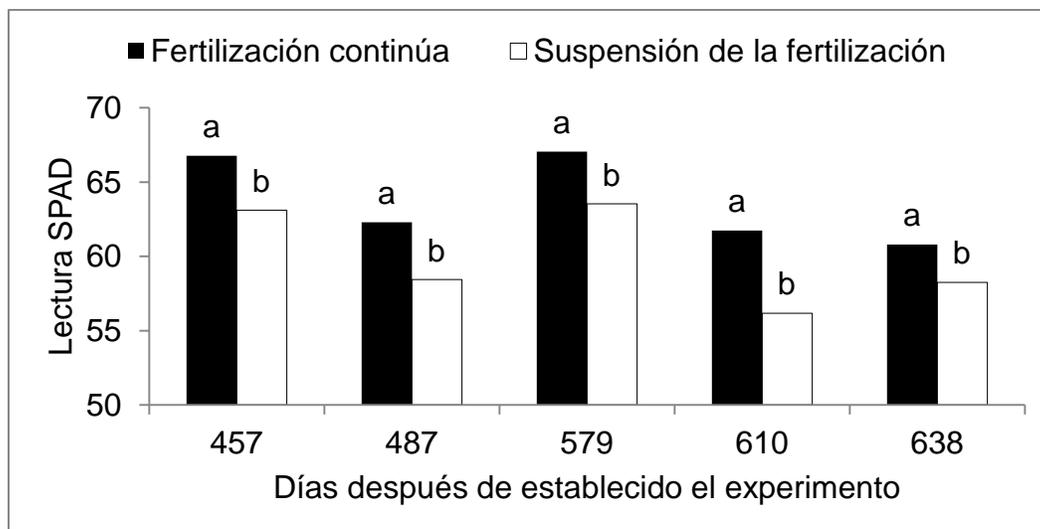
(NS) no significativa, (\*)  $P \leq 0.05$  y (\*\*)  $P \leq 0.01$

A los 288 dde las plantas sometidas a periodos de estrés hídrico de 0, 7 y 14 d y con fertilización continua o suspensión de la fertilización mostraron lecturas SPAD más altas (66.9, 74.2, 71.2, 71.1, 74.7 y 66.5 respectivamente) comparadas con el tratamiento testigo (57.8) (Figura 2). Las lecturas SPAD más altas indican una mayor concentración de N foliar, ya que, como menciona Duru (2002), el contenido de N en las hojas está relacionado con las lecturas de este equipo. Las lecturas SPAD más bajas en el tratamiento testigo a los 198 y 288 d se explican por la falta de fertilización, ya que las plantas de este tratamiento fueron regadas sólo con agua de la llave. Aunque los pseudobulbos son órganos importantes de reserva de nutrientes, la movilización de N de este órgano a las hojas no fue suficiente para abastecer los requerimientos en plantas de *Cymbidium* sp. sin fertilizar.



**Figura 2.** Efecto del periodo de fertilización y estrés hídrico sobre lecturas SPAD 288 dde en *Cymbidium* sp. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

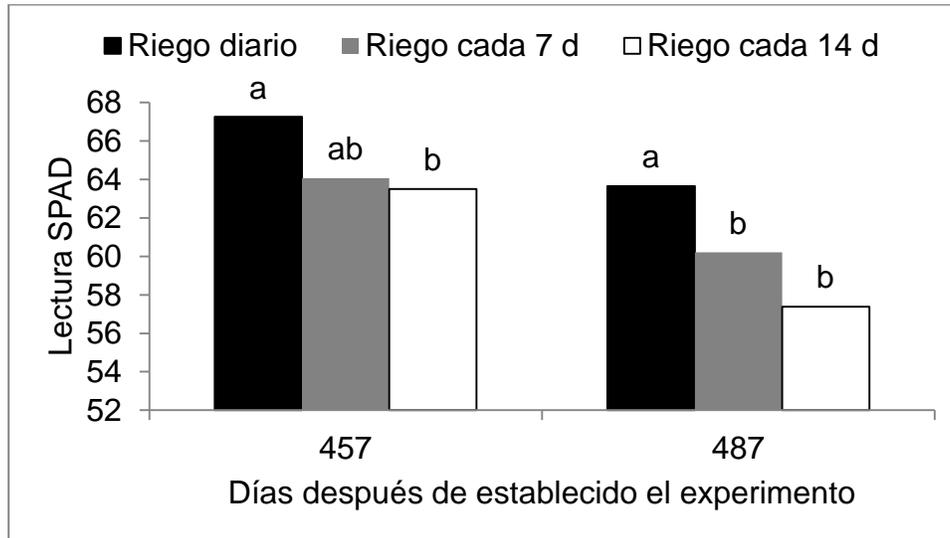
En las plantas fertilizadas continuamente las lecturas SPAD se incrementaron 6, 7, 6, 10 y 4 % a los a los 457, 487, 579, 610 y 638 dde, respectivamente, en comparación con las plantas a las que se suspendió la fertilización (Figura 3). La disminución de las lecturas SPAD en las plantas a las que se suspendió la fertilización y sometidas a estrés hídrico se relaciona con un bajo contenido de N en las hojas tal como ocurrió en un experimento hecho en *Laelia* (*Laelia purpurata* 'werkhanserii' x *L. lobata* 'Jeni') en el que se reportaron niveles bajos de N ( $6.5 \text{ g kg}^{-1}$  de materia seca) en los brotes de plantas que no fueron fertilizadas, en comparación con plantas fertilizadas con compost cada dos meses y fertilizante mineral (20-20-20 más micronutrientes) en solución ( $1 \text{ g L}^{-1}$ ) ( $33.8 \text{ g de N kg}^{-1}$  de materia seca) (Rodrigues *et al.*, 2010). Esto demuestra que las orquídeas como todas las plantas requieren de nutrimentos para su desarrollo.



**Figura 3.** Efecto de la suspensión de la fertilización sobre las lecturas SPAD en hojas de *Cymbidium* sp. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Las lecturas SPAD registradas a los 457 (67.3) y 487 (63.7) dde, se incrementaron en las plantas regadas continuamente en 6 y 11 %, en comparación con las lecturas SPAD observadas en las plantas sometidas a periodos de estrés hídrico de 14 d las cuales fueron menores de 67.3 y 63.7, respectivamente (Figura 4). El estrés hídrico en el segundo ciclo de producción fue aplicado durante 84 días, del (del 03 agosto a 26 octubre de 2013). Este periodo coincide con la disminución de las lecturas SPAD registradas a los 457 (01 de septiembre de 2013) y 487 (01 de octubre de 2013) dde. La disminución de las lecturas SPAD asociada a la disminución de N en las hojas puede deberse a que los periodos de estrés hídrico de 14 días implicaron el mismo periodo de estrés nutricional, ya que al suspender el riego también se suspendió la fertirrigación por ese periodo. Esto parece corroborarse por el hecho de que a los 518 dde (6 d después de

reanudar el riego diario y el fertirriego dos veces por semana) y hasta el final del experimento no se registró una disminución de las lecturas SPAD por efecto del estrés hídrico (Cuadro 3).



**Figura 4.** Efecto del estrés hídrico sobre lecturas SPAD a los 457 y 487 dde en hojas de *Cymbidium* sp. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

### 3.2 Concentración nutrimental

En el primer ciclo de evaluación, el periodo de fertilización influyó en la concentración de P, K, Ca y Mg en el tercio basal de las hojas. La interacción F\*EH y estrés hídrico\*relación  $K^+/Ca^{2+}$  (EH\*RC) influyeron en la concentración foliar de Ca. Esta última también afectó la concentración foliar de B (Cuadro 4).

En el segundo ciclo de evaluación, el periodo de fertilización influyó en la concentración de todos los nutrimentos analizados en hojas completas de *Cymbidium* sp. El estrés hídrico tuvo efecto significativo sobre la concentración K, Ca, Mg, S y B y la relación  $K^+/Ca^{2+}$  afectó la concentración de K y Ca en las hojas. La interacción EH\*RC influyó en la concentración de Mn (Cuadro 5).

**Cuadro 4.** Cuadrados medios del análisis de varianza para el efecto de la fertilización, estrés hídrico y relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva sobre la concentración nutrimental en el tercio basal de las hojas de *Cymbidium* sp. en el primer ciclo de evaluación (marzo de 2012 a febrero de 2013).

Factor de variación	Grados de Libertad	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Na
Fertilización (F)	1	0.058 <sup>NS</sup>	1541960.1 <sup>**</sup>	24756914.0 <sup>*</sup>	9369562.4 <sup>*</sup>	1198108.2 <sup>**</sup>	31229.0 <sup>NS</sup>	444.5 <sup>NS</sup>	490.2 <sup>NS</sup>	2230.8 <sup>NS</sup>	7990.2 <sup>NS</sup>
Estrés hídrico (EH)	2	0.064 <sup>NS</sup>	409569.3 <sup>NS</sup>	3883547.9 <sup>NS</sup>	818094.3 <sup>NS</sup>	4021.4 <sup>NS</sup>	177158.8 <sup>NS</sup>	101.1 <sup>NS</sup>	40.0 <sup>NS</sup>	1901.5 <sup>NS</sup>	1010.5 <sup>NS</sup>
Relación $K^+/Ca^{2+}$ (RC)	4	0.088 <sup>NS</sup>	454933.1 <sup>NS</sup>	817410.8 <sup>NS</sup>	1308138.7 <sup>NS</sup>	103263.8 <sup>NS</sup>	279830.3 <sup>NS</sup>	35.0 <sup>NS</sup>	254.9 <sup>NS</sup>	1138.2 <sup>NS</sup>	3065.3 <sup>NS</sup>
F*EH	2	0.147 <sup>NS</sup>	599800.8 <sup>NS</sup>	3424103.6 <sup>NS</sup>	6269848.5 <sup>*</sup>	55051.9 <sup>NS</sup>	710998.1 <sup>NS</sup>	328.4 <sup>NS</sup>	278.8 <sup>NS</sup>	2003.0 <sup>NS</sup>	3669.4 <sup>NS</sup>
F*RC	4	0.030 <sup>NS</sup>	555581.8 <sup>NS</sup>	5256374.6 <sup>NS</sup>	2093242.4 <sup>NS</sup>	113133.1 <sup>NS</sup>	906054.0 <sup>NS</sup>	155.5 <sup>NS</sup>	194.2 <sup>NS</sup>	4432.8 <sup>NS</sup>	3599.6 <sup>NS</sup>
EH*RC	8	0.173 <sup>NS</sup>	2077852.4 <sup>NS</sup>	8539018.4 <sup>NS</sup>	4445042.4 <sup>**</sup>	135517.5 <sup>NS</sup>	833318.0 <sup>NS</sup>	319.0 <sup>*</sup>	302.6 <sup>NS</sup>	629.9 <sup>NS</sup>	2737.6 <sup>NS</sup>
F*EH*RC	8	0.129 <sup>NS</sup>	750833.2 <sup>NS</sup>	6061969.4 <sup>NS</sup>	1224169.1 <sup>NS</sup>	201229.05 <sup>NS</sup>	665754.7 <sup>NS</sup>	113.2 <sup>NS</sup>	196.2 <sup>NS</sup>	1182.7 <sup>NS</sup>	4323.3 <sup>NS</sup>

(NS) no significativa, (\*)  $P \leq 0.05$  y (\*\*)  $P \leq 0.01$

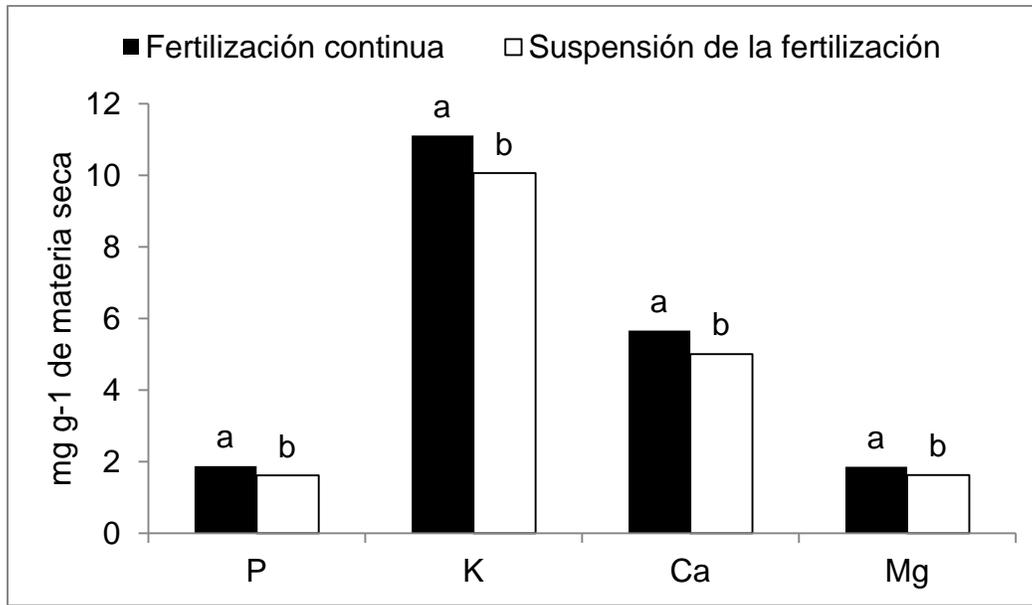
**Cuadro 5.** Cuadrados medios del análisis de varianza para el efecto de la fertilización, estrés hídrico y relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva sobre la concentración nutrimental en hojas de *Cymbidium* sp. en el segundo ciclo de evaluación (marzo de 2013 a febrero de 2014).

Factor de variación	Grados de Libertad	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn
Fertilización (F)	1	164.8**	3.86**	234.7**	27.4**	2.97**	9.52**	1472.1**	7765.5**	10890.0**
Estrés hídrico (EH)	2	11.8 <sup>NS</sup>	0.01 <sup>NS</sup>	160.7**	58.2**	0.93**	4.22**	425.6*	1342.1 <sup>NS</sup>	118.0 <sup>NS</sup>
Relación $K^+/Ca^{2+}$ (RC)	4	27.7 <sup>NS</sup>	0.39 <sup>NS</sup>	68.4**	17.4**	0.29 <sup>NS</sup>	0.70 <sup>NS</sup>	124.9 <sup>NS</sup>	796.5 <sup>NS</sup>	964.2 <sup>NS</sup>
F*EH	2	2.7 <sup>NS</sup>	0.06 <sup>NS</sup>	4.5 <sup>NS</sup>	0.5 <sup>NS</sup>	0.002 <sup>NS</sup>	0.05 <sup>NS</sup>	9.1 <sup>NS</sup>	74.2 <sup>NS</sup>	193.0 <sup>NS</sup>
F* RC	4	6.3 <sup>NS</sup>	0.01 <sup>NS</sup>	3.1 <sup>NS</sup>	0.2 <sup>NS</sup>	0.07 <sup>NS</sup>	0.10 <sup>NS</sup>	2.8 <sup>NS</sup>	17.5 <sup>NS</sup>	461.0 <sup>NS</sup>
EH*RC	8	64.4 <sup>NS</sup>	0.34 <sup>NS</sup>	8.0 <sup>NS</sup>	1.1 <sup>NS</sup>	0.06 <sup>NS</sup>	0.12 <sup>NS</sup>	112.5 <sup>NS</sup>	569.5 <sup>NS</sup>	1666.1**
F*EH*RC	8	11.9 <sup>NS</sup>	0.04 <sup>NS</sup>	3.4 <sup>NS</sup>	0.1 <sup>NS</sup>	0.03 <sup>NS</sup>	0.03 <sup>NS</sup>	19.4 <sup>NS</sup>	97.1 <sup>NS</sup>	94.4 <sup>NS</sup>

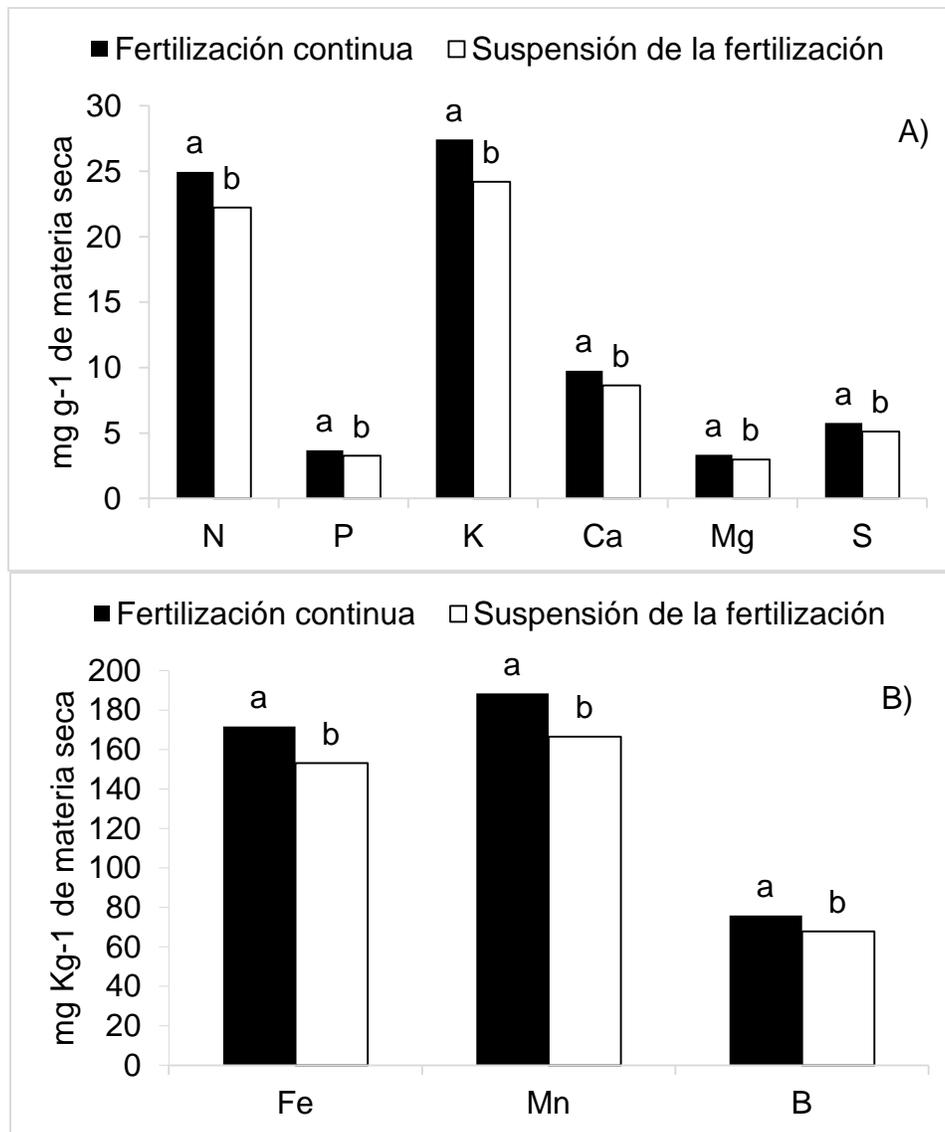
(NS) no significativa, (\*)  $P \leq 0.05$  y (\*\*)  $P \leq 0.01$

### 3.2.1 Efecto de la suspensión de la fertilización

En el primer ciclo de evaluación, la concentración de P, K, Ca y Mg fue mayor en el tercio basal de las hojas cuando la fertilización fue continua (1.88, 11.11, 5.66 y 1.86 mg g<sup>-1</sup> de materia seca, respectivamente), por el contrario la suspensión de la fertilización redujo su concentración en 14, 10, 11 y 12 %, respectivamente (Figura 5). Un efecto similar se registró en el segundo ciclo de evaluación, en el que la concentración de todos los nutrientes determinados disminuyó cuando se suspendió la fertilización. La concentración de los macronutrientes N, P, K, Ca, Mg y S en las hojas, (24.9, 3.7, 27.4, 9.8, 3.4 y 5.8 mg g<sup>-1</sup> de materia seca, respectivamente) se redujo 12.2, 12.6, 13.4, 12.8, 12.2 y 12.7 % con la suspensión de la fertilización (Figura 6A). En el caso de los micronutrientes Fe, Mn y B (171.7, 188.4 y 75.9 mg kg<sup>-1</sup> de materia seca, respectivamente) la disminución fue de 12.1, 13.2 y 11.9 % (Figura 6B).



**Figura 5.** Efecto de la fertilización sobre la concentración de P, K, Ca y Mg en el tercio basal en hojas de *Cymbidium* sp. en el primer ciclo de evaluación (marzo de 2012 a febrero de 2013). Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).



**Figura 6.** Efecto de la fertilización sobre la concentración foliar de macro (A) y micronutrientes (B) en *Cymbidium* sp. en el segundo ciclo de evaluación (marzo de 2013 a febrero de 2014). Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Es posible que en las plantas a las que se suspendió la fertilización, los nutrientes en las hojas hayan sido movilizados a las zonas de demanda para la formación de brotes y escapos, además estos resultados sugieren que los nutrientes poco móviles como el Ca, S, Fe, Mn, B y Cu dejaron de concentrarse en

las hojas al no encontrarse disponibles en la rizósfera de la planta. La emergencia de brotes vegetativos que crecen y maduran hasta convertirse a pseudobulbos maduros y las flores recientemente diferenciadas son ambos, órganos de gran demanda de nutrientes y fotoasimilados para el desarrollo de las orquídeas. Los nutrientes minerales del medio de crecimiento y la fertilización, y frecuentemente los nutrientes almacenados en otras partes del cuerpo de la planta, como las hojas, son las principales fuentes que soportan el crecimiento rápido de estos órganos (Yen *et al.*, 2008) esto podría explicar que al suspender la fertilización y no haber nutrientes disponibles en el sustrato la concentración nutrimental en las hojas disminuyera.

El efecto de la suspensión de la fertilización fue más claro en el segundo ciclo cuando se utilizó la hoja completa para estudiar la concentración nutrimental comparado con el análisis químico de tejido en el tercio basal de la hoja realizado en el primer ciclo de evaluación. De Kreij *et al.* (1992), sugieren determinar la concentración nutrimental en hojas completas recientemente maduras y proponen rangos óptimos para la concentración de nutrientes en las hojas de *Cymbidium* sp. Las concentraciones de K, Ca y Mg (27.4, 9.8 y 3.4 mg g<sup>-1</sup> MS, respectivamente) encontradas en las hojas completas con fertilización continua se encuentran dentro del rango óptimo (23.5 a 29.3, 6 a 10 y 1.9 a 3.8 mg g<sup>-1</sup> MS, respectivamente) sugerido por estos investigadores; en contraste las concentraciones de N, P, Fe, Mn y B (24.9, 3.7, 171.7, 188.4 y 75.9 mg g<sup>-1</sup> MS, respectivamente) con fertilización continua fueron superiores a los rangos óptimos

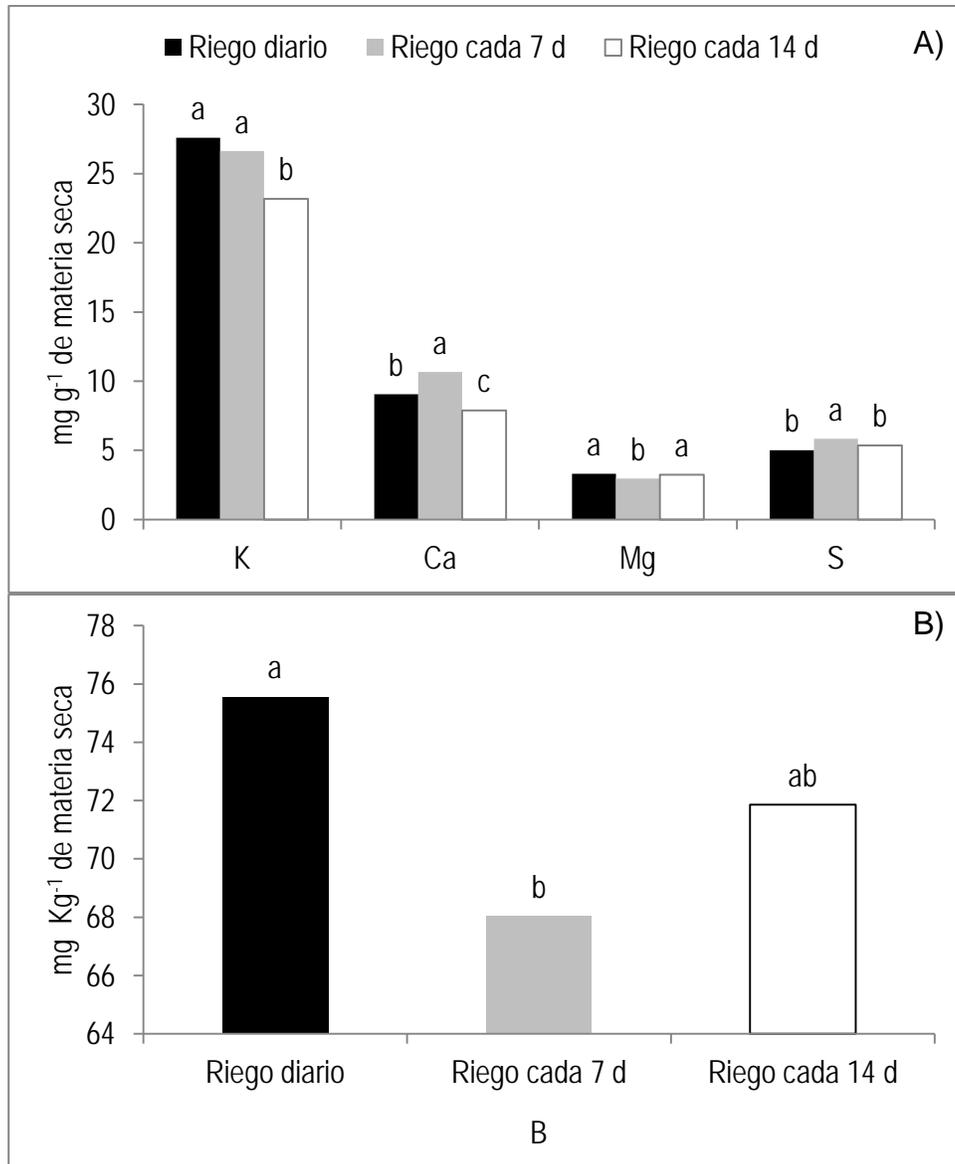
(13.3 a 20.3, 1.5 a 3.1, 27.9 a 55.9, 30.2 y 21.6 a 70.3 mg g<sup>-1</sup> MS, respectivamente), esto podría deberse a que las concentraciones de N, P, Fe, Mn y B en la solución nutritiva están por encima de los requerimientos de esta especie. Por otro lado, la alta concentración de micronutrientes en las hojas sugiere que la fuente de estos elementos en la solución nutritiva debe disminuirse a fin de evitar toxicidad en el cultivo.

### **3.2.2 Efecto del estrés hídrico**

La concentración foliar de K se incrementó 19 % cuando se regó continuamente en comparación con riego cada 14 días. Con este mismo periodo de estrés hídrico la concentración foliar de Ca y S disminuyó 26.2 y 6.9 % en comparación con riego cada 7 d. Por el contrario la concentración foliar de Mg disminuyó 9.1 % con riego cada 7 d en comparación con el riego continuo (Figura 7A). La concentración de B en las hojas se incrementó 11.2 % en las plantas que no fueron sometidas a estrés hídrico comparada con las plantas con periodos de estrés hídrico de 7 d (Figura 7B).

El movimiento y translocación del K<sup>+</sup> en la planta se da tanto en el xilema como en el floema (Rogiers *et al.*, 2000) y es un elemento móvil, estas características del K<sup>+</sup> podrían explicar que este elemento dejará de acumularse en las hojas y se movilizará hacia los órganos demanda para la formación de brotes y flores en condiciones de estrés hídrico (riego cada 7 d). Por el contrario la

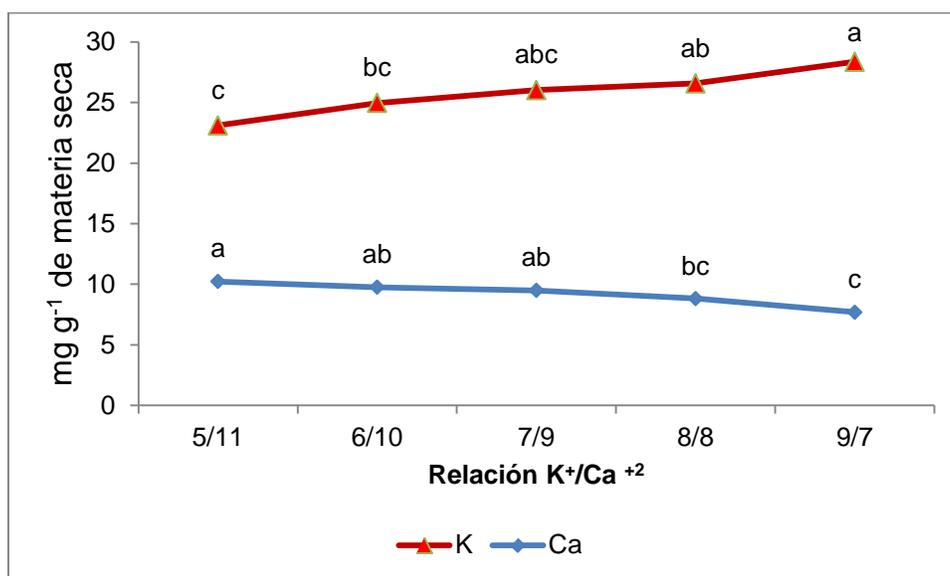
concentración en las hojas del Ca, Mg, S y B no mostraron una clara respuesta a los periodos de estrés hídrico impuestos ya que el Ca y el S se incrementaron con estrés hídrico cada 7 d y disminuyeron con riego constante y riego cada 14 d. Por el contrario la concentración de Mg disminuyó con riego cada 7 d y se incrementó con riego constante y riego cada 14 d. El B incrementó su concentración con riego constante y disminuyó con riego cada 7 d. En un experimento hecho con *Vitis vinifera* L. 'Lambrusco a foglia frastagliata' el efecto del estrés hídrico sobre la concentración nutrimental en las hojas fue más evidente, ya que se registró una disminución de las concentraciones de K, Ca, Mg, S, Mn y B de 6, 18, 9, 11, 36 y 27 %, respectivamente, cuando se sometió a estrés hídrico a la planta. Las concentraciones foliares de N, P, Fe, Cu y Zn no se vieron afectadas (Porro *et al.*, 2010).



**Figura 7.** Efecto del estrés hídrico sobre la concentración foliar de K, Ca, Mg, S (A) y B (B) en hojas de *Cymbidium* sp. en el segundo ciclo de evaluación. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

### 3.2.3 Relación de K y Ca

La concentración de K se incrementó en las hojas, cuando las plantas fueron regadas con solución nutritiva con relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 9/7 (28.4 mg g<sup>-1</sup> de materia seca) y fue menor con la relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 5/11 (23.1 mg g<sup>-1</sup> de materia seca). Un efecto contrario se observó en la concentración de Ca en las hojas, la cual disminuyó con la relación  $K^+/Ca^{2+}$  9/7 (7.7 mg g<sup>-1</sup> de materia seca) y se incrementó con la relación  $K^+/Ca^{2+}$  5/11 (10.2 mg g<sup>-1</sup> de materia seca) (Figura 8). Estos resultados demuestran que el incremento en la concentración de alguno de estos cationes interfiere en la absorción del otro.



**Figura 8.** Concentración de K y Ca en hojas de *Cymbidium* sp. por efecto de la relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva. Líneas con la misma letra sobre el marcador son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

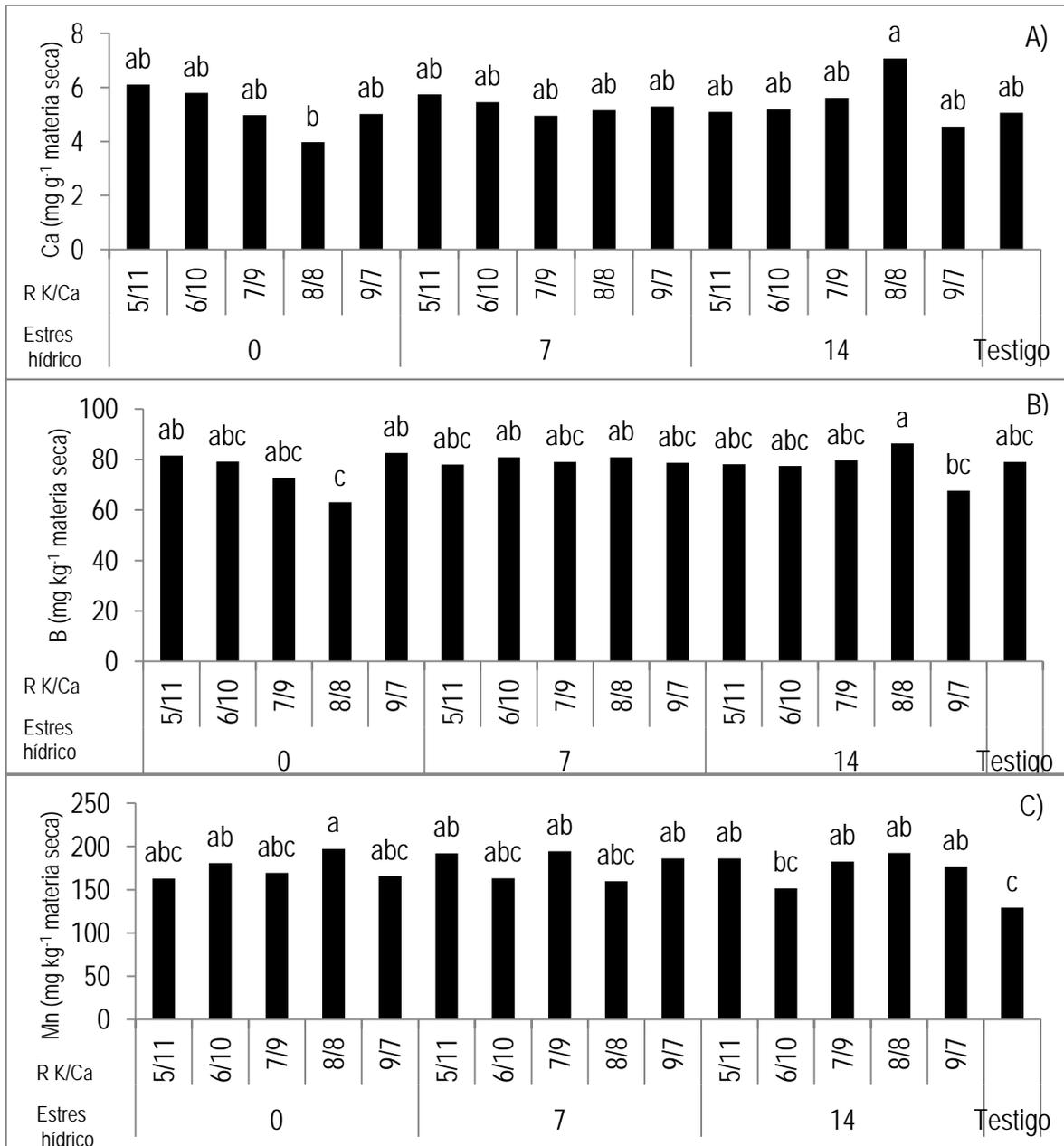
Se ha reportado que las deficiencias de Ca son más pronunciadas cuando están asociadas con un suministro de niveles altos de K (Strømme *et al.*, 1994; Bar-Tal y Pressman, 1996). En rosas (*Rosa x hybrida* 'Baroness') el K<sup>+</sup> ha mostrado ser antagónico con la absorción de Ca<sup>2+</sup> (Baas *et al.*, 1998).

Los resultados encontrados en este experimento contrastan con los reportados por Ramírez *et al.* (2010) en tulipán, en el que no se encontraron diferencias estadísticas significativas para el contenido de K<sup>+</sup> en hojas, entre las diferentes relaciones K<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> de la solución nutritiva. Los resultados encontrados en tulipán por estos investigadores podrían deberse a que esta especie se desarrolla a partir de bulbos que contienen nutrientes que pueden haber suministrado este catión en forma suficiente a la planta sin mostrar diferencia entre tratamientos. Las plantas de *Cymbidium* tienen pseudobulbos que sirven como almacén de agua y nutrientes, el efecto observado en las concentración de K y Ca puede deberse a que los tratamientos fueron aplicados durante dos ciclos de producción en comparación con el experimento hecho en tulipán donde los resultados son de un sólo ciclo de producción.

#### **3.2.4 Interacción estrés hídrico \* relación K<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>**

La concentración de Ca y B (7.08 mg g<sup>-1</sup> y 86 mg kg<sup>-1</sup> de materia seca, respectivamente) en las hojas se incrementó en las plantas regadas cada 14 d y fue estadísticamente menor (3.9 mg g<sup>-1</sup> y 63 mg kg<sup>-1</sup> de materia seca,

respectivamente) en las plantas regadas continuamente, en ambos casos con solución nutritiva con relación  $K^+/Ca^{2+}$  8/8 (Figura 9A y 9B). Por el contrario en este último tratamiento se registró un incremento de 52.5 % en la concentración de Mn ( $197.2 \text{ mg kg}^{-1}$  de materia seca) en comparación del tratamiento testigo ( $129.3 \text{ mg kg}^{-1}$  de materia seca) (Figura 9C). El periodo de estrés hídrico de 14 d pudo haber generado un efecto de concentración de Ca y B en las hojas de *Cymbidium* sp. por una menor disponibilidad de agua. En contraste, en un experimento de vid cultivada bajo condiciones de estrés hídrico, se encontró una menor concentración de Ca y B en hojas ( $28.7 \text{ mg g}^{-1}$  y  $27 \text{ mg kg}^{-1}$  de materia seca, respectivamente) y una mayor concentración en las plantas que no fueron sometidas a estrés hídrico ( $35.2 \text{ mg g}^{-1}$  y  $37 \text{ mg kg}^{-1}$  de materia seca, respectivamente) (Porro *et al.*, 2010).



**Figura 9.** Efecto de la relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva y estrés hídrico sobre la concentración de Ca (A) y B (B) en el primer ciclo de evaluación (marzo de 2012 a febrero de 2013) y Mn en el segundo ciclo de evaluación (marzo de 2013 a febrero de 2014) (C) en hojas de *Cymbidium* sp. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05 para Ca y Mn y Duncan, 0.05 para B).

#### IV. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la fertilización y riego continuos favorecen la concentración de N en las hojas de *Cymbidium*, estimado de manera indirecta con el medidor portátil de clorofila SPAD 502. Las lecturas SPAD disminuyeron cuando se suspendió la fertilización y cuando se sometieron a las plantas a periodos de estrés hídrico.

La fertilización continua promueve la concentración de los macro y micronutrientes en las hojas de *Cymbidium* sp. Bajo estas condiciones (610 d de fertilización continua) las concentraciones de K, Ca y Mg estuvieron dentro del rango óptimo, en contraste las concentraciones de N, P, Fe, Mn y B fueron superiores a los rangos óptimos. Las concentraciones de N y P en la solución nutritiva Steiner a 40 % utilizada en el segundo ciclo están por encima de los requerimientos de esta especie, además la concentración de los micronutrientes Fe, Mn y B debe disminuirse a fin de evitar toxicidad en el cultivo.

El incremento en la concentración de  $K^+$  en la solución nutritiva interfiere en la absorción de  $Ca^{2+}$ .

## V. LITERATURA CITADA

**Azcón-Bieto J, M Talón (2008)** Fundamentos de Fisiología Vegetal. 2 ed. Madrid, España. 651 p.

**Bar-Tal A, E Pressman (1996)** Root restriction and potassium and Ca solution concentrations affect dry-matter production, cation uptake, and blossom-end rot in greenhouse tomato. J. Am. Soc. Hort. Sci. 122:863-868.

**Baas R, N Marissen, A Dick (1998)** Cut rose quality as affected by Ca supply and translocation. Acta Hort. 518:45-54.

**De Kreij C, C Sonneveld, M G Warmenhoven, N A Straver (1992)** Guide values for nutrient element contents of vegetables and flowers under glass (third edition). Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk, The Netherlands, Series: Voedingsoplossingen voor Glastuinbouw no 15. 69 p.

**Juárez H M J, G Baca C, L A Aceves N, P Sánchez G, J L Tirado T, J Sahagún C, M T Colinas L (2006)** Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. Interciencia 31(004):245-253.

**Poole H A, J G Seeley (1978)** Nitrogen, potassium and magnesium nutrition of three orchid genera. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 103(4): 485-488.

**Porro D, M Ramponi, T Tomasi, L Rolle, S Poni (2010)** Nutritional implications of water stress in grapevine and modifications of mechanical properties of berries *Acta Horticulturae* 868:73-80.

**Porro D, C Dorigatti, M Stefanini, A Ceschini (2001)** Use of SPAD meter in diagnosis of nutritional status in apple and grapevine. *Acta Horticulturae* 564:243-252.

**Ramírez M M, L I Trejo T, F C Gómez M, P Sánchez G (2010)** La relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva afecta el crecimiento y calidad postcosecha del tulipán. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33:2:149-156.

**Rodrigues D T, Ferreira N R, Alvarez V V H, Moreira D J M, de Albuquerque V E M (2010)** Orchid growth and nutrition in response to mineral and organic fertilizers. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34:1609-1616.

**Rogiers S Y, M Keller, B P Holzapfel, J M Virgona (2000)** Accumulation of potassium and calcium by ripening berries on field vines of *Vitis vinifera* (L.). *Aust. J. Grape Wine Res.* 6:240-243.

**Sánchez G P, C Molinos D S, G Alcántar G, M Sandoval V (2009)** Elementos esenciales. *In: Nutrición de Cultivos*. G Alcántar G, L U Trejo T (coords.) Mundi-Prensa México D. F. pp: 202-271.

**Steiner A A (1984)** The universal nutrient solution. *In: Proceedings of Sixth International Congress on Soilless Culture*. Lunteren, The Netherlands. pp: 633-649.

**Strømme E, A R Selmer-Olsen, H R Gisleød, R Moe (1994)** Cultivar differences in nutrient absorption and susceptibility to bract necrosis in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* wild. Ex Klotzsch). *Gartenbauwissenschaft* 59:6-12.

**Yen C Y T, Starman T W, Wang Y T, Holzenburg A, Niu G (2008)** Timing of nutrient termination and reapplication for growth, flower initiation, and flowering of the nobile dendrobium orchid. *Journal of the American Society For Horticultural Science* 133(4):501-507.

## CAPÍTULO IV. USO DEL SPAD COMO UNA TÉCNICA RÁPIDA PARA LA DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO Y CLOROFILA EN *Cymbidium* sp.

### RESUMEN

La producción de *Cymbidium* requiere de técnicas de diagnóstico rápido para monitorear el nivel de N y hacer más eficiente la fertilización. El objetivo de esta investigación fue correlacionar las lecturas del SPAD 502 Minolta en hojas de *Cymbidium* con la clorofila extractable y el N total, así como obtener las ecuaciones de regresión correspondientes. Se tomaron lecturas SPAD a hojas de distintos tonos, desde cloróticas a verde intenso, luego se determinó la clorofila extractable y N total. Se obtuvieron los coeficientes de correlación de Pearson y los resultados se sometieron a un análisis de regresión entre las lecturas SPAD y la concentración de clorofila a, b, total y N total. Se registraron coeficientes de correlación altamente significativos entre las lecturas SPAD y la concentración de clorofila a ( $r = 0.88$ ,  $p < 0.001$ ), clorofila b ( $r = 0.84$ ,  $p < 0.001$ ), clorofila total ( $r = 0.87$ ,  $p < 0.001$ ) y N total ( $r = 0.94$ ,  $p < 0.001$ ). Los análisis de regresión mostraron un alto coeficiente de determinación para la clorofila a ( $r^2 = 0.89$ ), clorofila b ( $r^2 = 0.88$ ), clorofila total ( $r^2 = 0.89$ ) y N total ( $r^2 = 0.89$ ) expresándose todos en una ecuación lineal. Estos resultados muestran que el uso del SPAD 502 es una opción rápida y confiable para la estimación de clorofila y N en *Cymbidium* sp.

**Palabras clave:** diagnóstico nutrimental, SPAD 502, nutrición de orquídeas.

## CHAPTER IV. SPAD 502 USE AS A TECHNIQUE FOR NITROGEN AND CHLOROPHYLL DETERMINATION IN *Cymbidium* sp.

### ABSTRACT

*Cymbidium* production requires rapid diagnosis techniques to monitor the level of N to efficient fertilization. The aim was to correlate readings of SPAD 502 Minolta in leaves of *Cymbidium* with extractable chlorophyll and total N as well as get the corresponding regression equations. SPAD readings of leaves of different shades were taken from chlorotic to bright green, then the extractable chlorophyll and total N was determined. The Pearson correlation coefficients were obtained and the results were subjected to regression analysis between SPAD readings and chlorophyll a, b, total and total N. Highly significant correlation coefficients were recorded between SPAD readings and chlorophyll a ( $r = 0.88$ ,  $p < 0.001$ ), chlorophyll b ( $r = 0.84$ ,  $p < 0.001$ ), the total chlorophyll ( $r = 0.87$ ,  $p < 0.001$ ) and the total N ( $r = 0.94$ ,  $p < 0.001$ ). Regression analyzes showed a high coefficient of determination for chlorophyll a ( $r^2 = 0.89$ ), chlorophyll b ( $r^2 = 0.88$ ), total chlorophyll ( $r^2 = 0.89$ ), and total N ( $r^2 = 0.89$ ). Use of the SPAD 502 is an option for estimating chlorophyll and N in *Cymbidium* sp.

**Keywords:** Nutritional diagnostic, SPAD 502, orchid nutrition.

## I. INTRODUCCIÓN

La concentración de N es el factor más importante que determina el crecimiento en plantas de los géneros *Cymbidium*, *Phalaenopsis* y *Cattleya*. En *Cymbidium* una concentración de 100 ppm de N promovió un mayor peso de materia seca de las hojas (6.68 g) y raíz (2.79 g), así como un mayor número de hojas (11.6) y plantas más altas (53.4 cm) (Poole y Seeley, 1978).

La técnica más ampliamente usada para la determinación cuantitativa de nitrógeno total es la de Kjeldahl (Bremmer y Mulvaney, 1982), la cual fue desarrollada en el siglo pasado y, debido al firme principio químico en el que se fundamenta, prácticamente no ha sido modificada. No obstante, tiene el inconveniente de requerir equipo especializado y cuando se tiene un gran número de muestras para analizar, el gasto de reactivos es excesivo, lo que ocasiona que el costo de la determinación sea alto (Wood *et al.*, 1994). Otro de los inconvenientes es el tiempo invertido desde la toma de la muestra hasta su preparación y análisis.

La concentración de clorofila en las hojas, es usualmente determinada por su extracción de las hojas y su medición espectrofotométrica (Porra *et al.*, 1989). Estas determinaciones son costosas, requieren de mucho tiempo y además son destructivas, por lo que no pueden ser aplicadas en todos los casos. Existen métodos más rápidos y no destructivos para estimar la concentración de clorofila

*in vivo* en la hoja. Estos métodos aprovechan las propiedades ópticas de las hojas y se basan en la reflectancia y/o absorbancia de la radiación por la clorofila (Uddiling *et al.*, 2007). El uso del SPAD 502 es uno de ellos. Se ha reportado que la cantidad de clorofila y de nitrógeno total determinados por los métodos tradicionales en leguminosas, gramíneas, frutales y hortalizas presenta una alta correlación con las unidades SPAD medidas con el detector de clorofila Minolta SPAD (Reeves *et al.*, 1993).

La producción de orquídeas requiere de técnicas de diagnóstico rápido que permitan monitorear de manera rutinaria el nivel de clorofila y N en los cultivos para hacer más eficiente la fertilización (Errecart, 2012). El N y clorofila en las hojas están correlacionados con las lecturas del SPAD 502 Minolta, el cual mide el verdor de las hojas (Duru, 2002). Por lo tanto este equipo portátil podría ser una herramienta de diagnóstico rápido en *Cymbidium* sp.

Con base en lo anterior, el objetivo de esta investigación fue correlacionar las lecturas obtenidas con el medidor portátil de clorofila SPAD 502 Minolta en plantas de *Cymbidium* con los valores de clorofila extractable y el nitrógeno total en las hojas, así como obtener las ecuaciones de regresión correspondientes.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

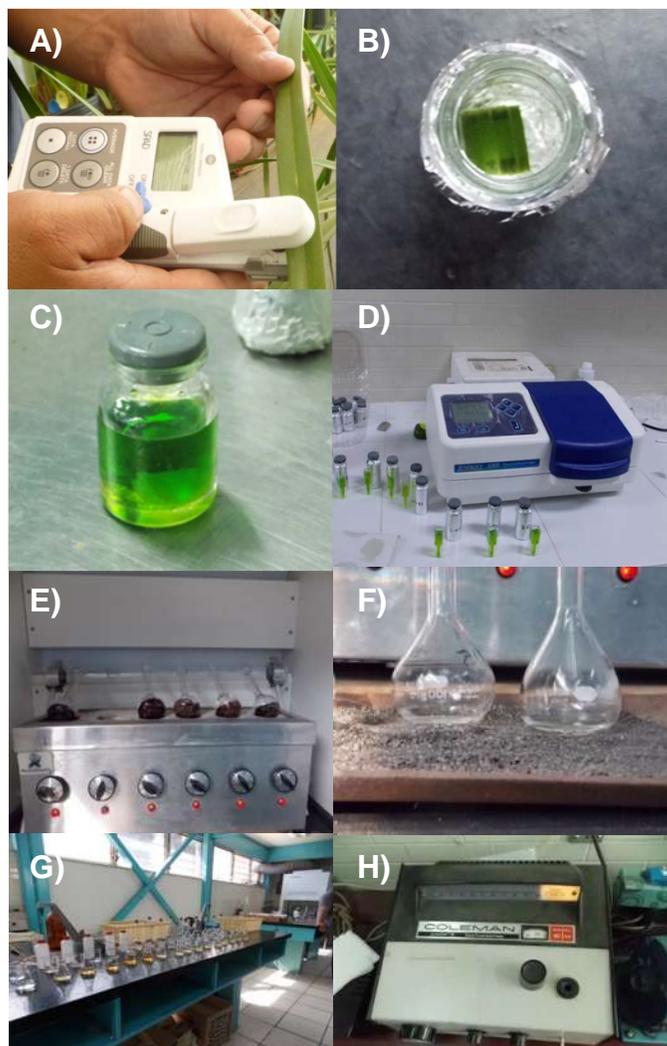
Para este experimento se utilizaron plantas de *Cymbidium* sp. (Figura 1). Se seleccionaron hojas que presentaban desde clorosis hasta un verde intenso. Se cortaron secciones de hoja de  $1\text{ cm}^2$  y se tomaron tres lecturas con el SPAD 502. Se obtuvo el promedio de las tres lecturas y los segmentos de hoja fueron agrupados en intervalos de lecturas SPAD de 50 a 54, 54.1 a 58, 58.1 a 62, 62.1 a 66, 66.1 a 70, 70.1 a 74, 74.1 a 78 y 78.1 a 82. Para la determinación de clorofila se colocaron dos secciones de hoja de  $1\text{ cm}^2$  clasificadas en el mismo rango de lecturas SPAD en un frasco con 5 mL de N,N dimetilformamida que fueron almacenados en la oscuridad a  $4\text{ }^\circ\text{C}$  durante 72 horas con el fin extraer la clorofila. Después de este tiempo se tomó una muestra de 3 mL del solvente para medir su absorbancia en el espectrofotómetro JENWAY 6305, con la N,N dimetilformamida como blanco. Las longitudes de onda utilizadas fueron 664 nm para clorofila a y 647 nm para clorofila b. La clorofila fue determinada en cinco repeticiones por cada rango (Figura 2A-D).



**Figura 1.** Plantas de *Cymbidium* sp.

Los rangos de lecturas SPAD para la determinación de nitrógeno fueron 42 a 46, 46.1 a 50, 50.1 a 54, 54.1 a 58, 58.1 a 62, 62.1 a 66, 66.1 a 70, 70.1 a 74, 74.1 a 78 y 78.1 a 82. La concentración de nitrógeno se determinó como porcentaje de materia seca (% MS) y se realizó con un método colorimétrico con  $H_2SO_4$  y  $H_2O_2$  para la digestión del tejido vegetal (Figura 2E-H) en tres repeticiones por rango.

Se determinaron los coeficientes de correlación de Pearson ( $r$ ) entre las lecturas SPAD y las concentraciones de clorofila a, clorofila b, clorofila total (a + b) y N en las hojas. Los datos fueron sometidos a un análisis de regresión entre las lecturas SPAD y las concentraciones de clorofila y N, para ello se utilizó el programa Statistical Analysis System versión 9.0.



**Figura 2.** Lecturas SPAD y determinación de clorofila y N en *Cymbidium* sp. SPAD 502 (A), extracción de clorofila en N,N-dimetilformamida, (B y C) lectura de la absorbancia en el espectrofotómetro (D), digestión con  $H_2SO_4$  y  $H_2O_2$  (E y F), curva de calibración y determinación de N con el colorímetro (G y H).

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró una correlación altamente significativa entre las lecturas SPAD y la concentración de clorofila a ( $\alpha = 0.001$ ,  $r = 0.88$ ), clorofila b ( $\alpha = 0.001$ ,  $r = 0.84$ ), clorofila total ( $\alpha = 0.001$ ,  $r = 0.87$ ) y N total ( $\alpha = 0.001$ ,  $r = 0.94$ ). Esto indica que el incremento de las lecturas SPAD está asociado a una mayor concentración de clorofila a, clorofila b, clorofila total, expresada en mg de clorofila g de materia seca<sup>-1</sup> y % de N en hojas de *Cymbidium* sp.

En el menor rango de lecturas SPAD registradas (50-54) se encontró la concentración promedio más baja de clorofila a, clorofila b y clorofila total, 0.99, 0.68 y 1.67, respectivamente, mientras que en el más alto rango de lecturas SPAD (78-82) se registró la mayor concentración de clorofila a, clorofila b y clorofila total, 1.95, 1.39 y 3.34, respectivamente.

En el ensayo para estudiar la relación de las lecturas SPAD y N, el menor rango de lecturas (42-46) mostró la menor concentración de este elemento en las hojas de *Cymbidium* sp. (0.9 % N), mientras que la mayor concentración de N (1.58 %) se encontró con el rango de lecturas SPAD más alto de (78-82)

Los análisis de regresión mostraron un alto coeficiente de determinación para la clorofila a ( $r^2 = 0.89$ ), clorofila b ( $r^2 = 0.88$ ), clorofila total ( $r^2 = 0.89$ ) y nitrógeno total ( $r^2 = 0.89$ ) con coeficientes de variación de 7.25, 8.35, 7.60 y 5.92

%, respectivamente (Cuadro 1), lo que se expresa en todos los casos en una ecuación lineal (Figura 3).

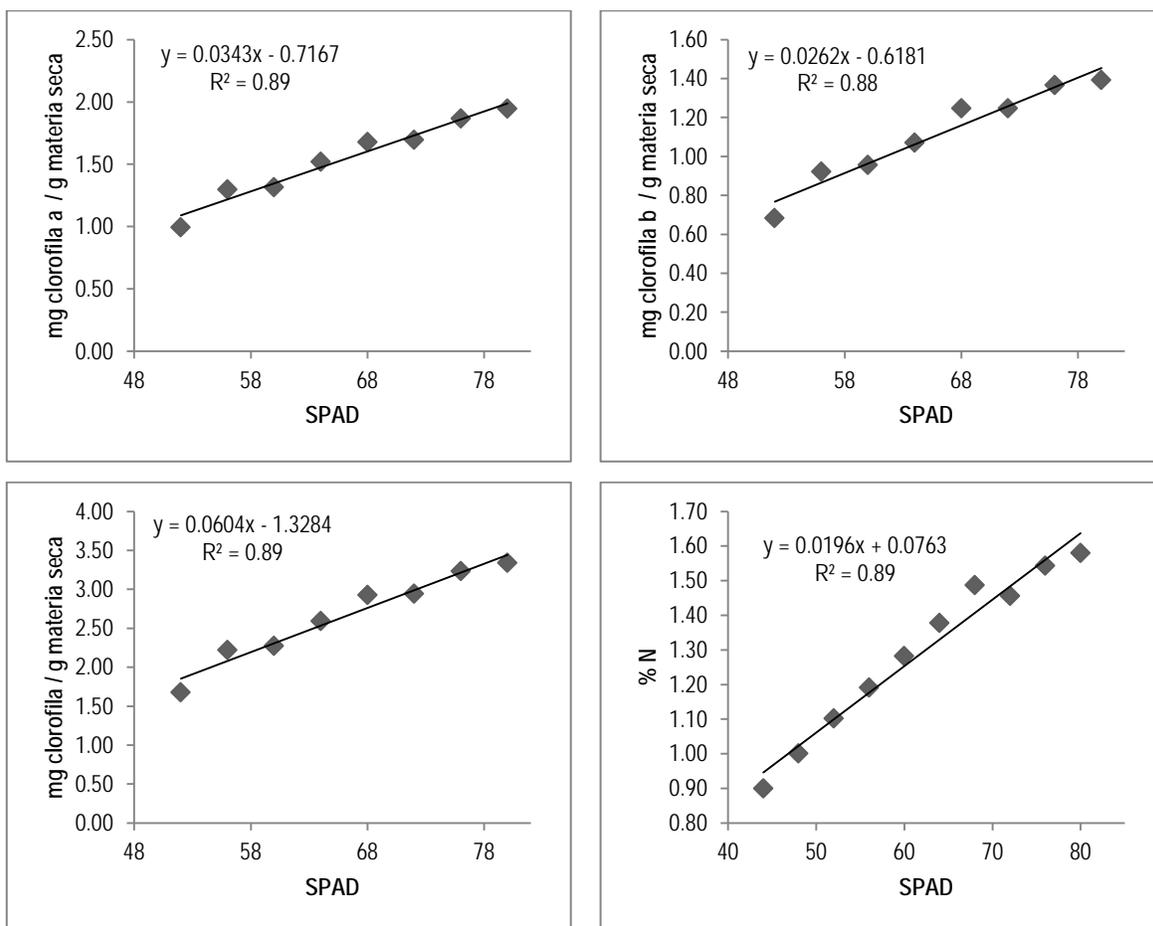
Esto indica que podemos usar estas ecuaciones para estimar la concentración de clorofila a, clorofila b, clorofila total y N en hojas de *Cymbidium* sp. en función de las lecturas SPAD registradas.

**Cuadro 1.** Coeficiente de regresión de lecturas SPAD aplicado a clorofila a, clorofila b, clorofila total y nitrógeno total en hojas de *Cymbidium* sp.

Variable	Ordenada al origen $\beta_0$	Pendiente $\beta$	$r^2$	C.V. (%)
Clorofila a	-0.7167	0.0343	0.89	7.25
Clorofila b	-0.6181	0.0262	0.88	8.35
Clorofila total	-1.3284	0.0604	0.89	7.60
Nitrógeno total	0.0763	0.0196	0.89	5.92

Al igual que los resultados de este experimento, en el que se encontró una relación lineal positiva entre las lecturas SPAD y la concentración de clorofila a, clorofila b, clorofila total y N en hojas de *Cymbidium* sp., en fresa (*Fragaria x ananassa*) se reportó una relación lineal entre las lecturas del SPAD 502 y la clorofila en hojas con valores de coeficientes de determinación ( $r^2$ ) de 0.93, 0.89 y 0.92 para clorofila a, clorofila b y clorofila total, respectivamente (Himelrick *et al.*, 1992). En doce diferentes especies se han encontrado valores de coeficiente de determinación en un rango de 0.83 a 0.97 para la relación entre las lecturas SPAD y la clorofila total (Marquard y Lipton, 1987). Los valores bajos de coeficiente de determinación han sido relacionados al hecho de que la

concentración de clorofila no es determinada únicamente por el N, sino que también por otros nutrientes y factores ambientales como la temperatura del aire, la luz y el CO<sub>2</sub> (Azia y Stewart, 2001).



**Figura 3.** Correlación entre la concentración de clorofila a, clorofila b clorofila total, nitrógeno y lecturas SPAD en hojas de *Cymbidium* sp.

En melón, las lecturas SPAD se relacionaron significativamente a la clorofila extraída de las hojas en función del peso fresco y del área foliar a los diez días después de la fertilización. El mejor ajuste de esta relación fue una función cuadrática. Los valores de  $r^2$  para la clorofila a, clorofila b y clorofila total en

función del peso fresco fueron 0.84, 0.86 y 0.85, respectivamente. En función del área foliar, los valores de  $r^2$  fueron 0.93, 0.95 y 0.94, respectivamente. A los 17 días después de la fertilización, los valores de  $r^2$  para clorofila a, b y clorofila total en función del peso fresco fueron 0.57, 0.49 y 0.56, respectivamente. En función del área foliar, los valores de  $r^2$  fueron 0.72, 0.67 y 0.71 para clorofila a, b y clorofila total, respectivamente (Azia y Stewart, 2001). En un experimento hecho en tomate la correlación entre el porcentaje de nitrógeno y las unidades SPAD fue de  $r=0.96$  ( $p < 0.01$ ) (Rodríguez *et al.*, 1998). Estos resultados contrastantes, demuestran que el uso del SPAD 502 debe ser evaluado para cada especie.

En el caso de *Cymbidium* sp. sus hojas tienen nervaduras secundarias paralelas a la nervadura principal muy lignificadas que evitan la transmitancia de la luz, esta característica puede provocar errores en la determinación de clorofila y N en función de las lecturas SPAD, por lo que se sugiere eliminar los datos fuera de tipo que puedan presentarse mediante las determinaciones de verdor de las hojas.

De acuerdo a los resultados obtenidos la determinación de verdor de las hojas con el SPAD 502 puede ser una opción de bajo costo, no destructiva y confiable para la estimación de clorofila y N en las hojas de *Cymbidium* sp. en una forma rápida.

#### IV. CONCLUSIONES

El incremento de las lecturas SPAD está asociado directamente a una mayor concentración de clorofila y N en hojas de *Cymbidium* sp. Por lo tanto el SPAD 502 puede ser utilizado para estimar de manera indirecta la concentración de clorofila y N en hojas de *Cymbidium* sp.

## V. LITERATURA CITADA

**Azia F, K A Stewart (2001)** Relationships between extractable chlorophyll and SPAD values in muskmelon leaves. *Journal of Plant Nutrition* 25(10):2295-2301.

**Bremner L M, C S Mulvaney (1982)** Total nitrogen. *In: Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties (Agronomy 9)*. Page R, H Miller, D R Keeney (eds): 2nd edition. ASA, S.S.A. Madison, Wisconsin, USA. pp: 595 - 634.

**Duru M (2002)** Evaluation of chlorophyll meter to assess nitrogen nutrition status of cocksfoot sward. *J. Plant Nutr.* 25:275-286.

**Errecart P M, M G Agnusdei, F A Lattanzi, M A Marino (2012)** Leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings as predictors of tall fescue nitrogen nutrition status. *Field Crops Research* 129:46-58.

**Himelrick D G, C W Wood, W A Jr. Dozier (1992)** Relationship Between SPAD-502 Meter Values and Extractable Chlorophyll in Strawberry. *Av. Strawberry Res.* 11:59-61.

**Marquard R D, Lipton J L (1987)** Relationship between extractable chlorophyll and an *in situ* method to estimate leaf greenness. HortScience 22:1327.

**Poole H A, J G Seeley (1978)** Nitrogen, potassium and magnesium nutrition of three orchid genera. Journal of the American Society for Horticultural Science 103: (4):485-488.

**Porra R J, W A Thompson, P E Kreidemann (1989)** Determination of accurate extinctions coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. Biochim Biophys Acta. 975:384–394.

**Reeves W D, P L Mask, C W Wood, D P Delay (1993)** Determination of wheat nitrogen status with a handheld chlorophyll meter. Influence of management practices. J. Plant Nutr. 16: 7781-7796.

**Rodríguez M M N, G Alcántar G, A Aguilar S, J D Etchevers B, J A Santizó R (1998)** Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. Terra. 16:2:135-141.

**Uddiling J, J Gelang A, K Piikki, H Pleijel (2007)** Evaluating the relationship between chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. *Photosynth Res.* 91:37-46.

**Wood C W, D W Reeves, D G Himelrich (1994)** Relationships between chlorophyll meter reading and crop chlorophyll concentration, N status, and yield: A review *Proc. Agron. Soc. New Zealand* 23: 1-9.

## CAPÍTULO V. DISCUSIÓN GENERAL

### I. DISCUSIÓN GENERAL

#### 1.1 Suspensión de la fertilización

La suspensión de la fertilización no influyó en el número de escapos producidos en las plantas de *Cymbidium* sp. Contrario a lo reportado en *Phalaenopsis* donde la suspensión de la fertilización a la aparición de los brotes florales, disminuyó el número de flores producidas 20.8 % (Wang, 2000). Es posible que los resultados en *Cymbidium*, en este experimento, se deban a que no se presentó una floración uniforme ya que sólo 31 % de las plantas produjo escapos en el primer ciclo de producción y 23 % en el segundo. Esto puede deberse a que las condiciones ambientales en este experimento no fueron las óptimas para inducir la floración. *Cymbidium* es cultivada en condiciones frías en invernadero (10-30 °C). A finales del verano y principios de otoño requiere temperaturas nocturnas de máximo 12 °C para iniciar la formación de flores (Du y Cribb, 2007). Durante este periodo (Septiembre) la temperatura promedio mínima durante la noche, registrada en el invernadero fue de 12.6 y 12.9 °C en el primero y segundo ciclo de evaluación, respectivamente, esta temperatura está por encima del umbral reportado de 12 °C para iniciar la formación de flores, por lo que estas condiciones ambientales influyeron para que no todas las plantas formaran escapos.

Por otro lado, la fertilización continua promovió un mayor desarrollo vegetativo en plantas de *Cymbidium* sp. El número de pseudobulbos se incrementó 24.6 y 16.2 %, en el primero y segundo ciclo, respectivamente, así como su longitud 7.9 % en el segundo ciclo, con fertilización continua. En estas mismas condiciones de fertilización en el primero y segundo ciclo, el número de hojas por planta (13.2 y 26.8 %, respectivamente) y número de brotes (24.8 y 40.2 %, respectivamente) fueron mayores. La longitud de brotes se incrementó 21.9 % en el segundo ciclo de evaluación. Estos resultados coinciden con lo reportado en *Cymbidium* y *Dendrobium* donde se sugiere que suspender la fertilización previo a la diferenciación floral o durante está, resulta en un menor desarrollo vegetativo (De Kreij y Van den Berg, 1990; Yen *et al.*, 2008). Para la propagación vegetativa de esta especie se requiere un crecimiento y desarrollo rápidos, por lo que en base en esta investigación es recomendable fertilizar continuamente cuando se busca este objetivo.

La fertilización continua durante 610 d promovió una mayor concentración de los macro y micronutrientes en las hojas de *Cymbidium* sp. comparado con las plantas a las que se les suspendió la fertilización durante la producción de escapos. Las concentraciones de K, Ca y Mg (27.4, 9.8, 3.4 mg g<sup>-1</sup> de materia seca, respectivamente) estuvieron dentro del rango óptimo propuesto por De Kreij *et al.* (1992), en contraste las concentraciones de N, P, Fe, Mn y B fueron superiores a estos rangos 22.7, 19.5, 207.4, 523.5 y 8 %, respectivamente. Las concentraciones de N y P en la solución nutritiva Steiner a 40 % utilizada en el

segundo ciclo están por encima de los requerimientos de esta especie, además la concentración de los micronutrientes Fe, Mn y B debe disminuirse a fin de evitar toxicidad en el cultivo. Las raíces de las orquídeas no están adaptadas al agua con un alto contenido de sales ya que en sus hábitats naturales crecen en troncos o ramas de árboles, bajo doseles espesos, sus raíces están expuestas y dependen de la lluvia y el rocío para abastecerse de agua. Debido a esto, las orquídeas pueden ser menos tolerantes a la salinidad que otras especies (Miles, 1982).

En las plantas fertilizadas continuamente las lecturas SPAD se incrementaron 6, 7, 6, 10 y 4 % a los a los 457, 487, 579, 610 y 638 después de establecido el experimento (dde), respectivamente, en comparación con las plantas a las que se suspendió la fertilización. El contenido de N en las hojas está estrechamente asociado a las lecturas del SPAD 502, el cual mide el verdor de las hojas (Duru, 2002). Estos resultados indican que la concentración foliar de N fue mayor en las plantas fertilizadas continuamente no sólo al final del experimento sino durante el desarrollo de la planta.

## **1.2 Estrés hídrico**

El estrés hídrico tuvo un efecto negativo en el diámetro de los pseudobulbos, ya que disminuyó 7.4 % cuando las plantas se sometieron a periodos de 14 d sin agua. Estos órganos son importantes fuentes de

almacenamiento de agua que puede ser utilizada por la planta en periodos largos de sequía (Ng y Hew, 2000), lo que pudo provocar la disminución en el diámetro de los pseudobulbos cuando fueron sometidos a estrés hídrico. El diámetro de los escapos disminuyó 21.5 % con riego cada 7 d, comparado con el riego diario con la relación K/Ca de 7/9. Aunado a estos resultados, la disminución de la concentración del N foliar, estimada con el SPAD 502 durante el periodo de estrés hídrico, sugieren que ésta no es una estrategia recomendable para el cultivo de *Cymbidium*. La concentración foliar de K y Ca disminuyó en las plantas con riego cada 14, y el Mg y B con riego cada 7 d.

Plantas de rosas sometidas a estrés hídrico, previo a la iniciación de la formación de pétalos, afectó la calidad de las flores (se redujo el número de pétalos formados y el tamaño del botón floral). El estrés por falta de agua, antes de la formación de los estambres en la flor, redujo la producción en más del 70 % y la calidad de los brotes florales y botones (reducción de la longitud del tallo y peso fresco del brote floral) (Chimonidou, 1996).

### **1.3 Relación $K^+/Ca^{2+}$**

La concentración foliar de K disminuyó cuando se incrementó la concentración de  $Ca^{2+}$  en la solución nutritiva, este mismo efecto se observó cuando se aumentó la concentración de K en la solución nutritiva con un incremento de la concentración de Ca en las hojas. Estos resultados demuestran

que con el incremento en la concentración de  $K^+$  en la solución nutritiva, la absorción de  $Ca^{2+}$  es afectada. En rosa (*Rosa x híbrida* 'Baroness'), una alta concentración de  $K^+$  inhibe la absorción de  $Ca^{2+}$  (Baas *et al.*, 1998).

El número de escapos por planta fue 7 veces mayor en las plantas fertirrigadas con solución nutritiva con relación  $K^+/Ca^{2+}$  7/9 en relación a las plantas regadas con soluciones nutritivas con relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 5/11, 6/10 y 9/7 y seis veces más que las regadas con solución con relación  $K^+/Ca^{2+}$  de 8/8. La relación  $K^+/Ca^{2+}$  7/9 corresponde a la propuesta por Steiner (1961) como óptima para el crecimiento y desarrollo de los cultivos, aunque los resultados indican que ésta relación K/Ca es la mejor para inducir una mayor floración en *Cymbidium* sp. estos deben verificarse bajo condiciones de floración uniforme.

#### **1.4 Uso del SPAD para estimar clorofila y N**

Los coeficientes de determinación fueron altamente significativos ( $p < 0.001$ ) para la clorofila a ( $r^2 = 0.89$ ), clorofila b ( $r^2 = 0.88$ ), clorofila total ( $r^2 = 0.89$ ) y nitrógeno total ( $r^2 = 0.89$ ), por lo que las ecuaciones de predicción determinadas a partir de los análisis de regresión pueden ser utilizadas para estimar la concentración de clorofila extractable (a, b y total) y N a partir de las lecturas del SPAD 502. En fresa (*Fragaria x ananassa*) se reportó una relación lineal entre las lecturas del SPAD 502 y la clorofila en hojas con valores de coeficientes de determinación ( $r^2$ ) de 0.93, 0.89 y 0.92 para clorofila a, clorofila b y clorofila total,

respectivamente (Himelrick *et al.*, 1992). En un experimento hecho en tomate la correlación entre el porcentaje de nitrógeno y las unidades SPAD fue de  $r=0.96$  ( $p < 0.01$ ) (Rodríguez *et al.*, 1998).

La técnica más ampliamente usada para la determinación cuantitativa de nitrógeno total es la de kjeldahl (Bremmer y Mulvaney, 1982) y la concentración de clorofila en las hojas, es usualmente determinada por su extracción de las hojas y su medición espectrofotométrica (Porra *et al.*, 1989). Estas determinaciones son costosas, requieren de mucho tiempo y además son destructivas, por lo que no pueden ser aplicadas en todos los casos. De acuerdo a los resultados, el SPAD 502 puede ser una herramienta de diagnóstico rápido, no destructiva y de bajo costo para la estimación de clorofila y N en las hojas de *Cymbidium* sp.

En el caso de *Cymbidium* sp. sus hojas tienen nervaduras secundarias paralelas a la nervadura principal muy lignificadas que evitan la transmitancia de la luz, esta característica puede provocar errores en la determinación de clorofila y N en función de las lecturas SPAD, por lo que se sugiere eliminar los datos fuera de tipo que puedan presentarse mediante las determinaciones de verdor de las hojas.

## II. CONCLUSIONES GENERALES

La fertilización continua favorece el desarrollo vegetativo en *Cymbidium* sp. ya que el número y longitud de pseudobulbos y brotes se incrementa, así como el número de hojas.

La suspensión de la fertilización disminuyó la concentración foliar de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, y Mn. Las lecturas SPAD registradas durante el crecimiento y desarrollo de *Cymbidium* sp. disminuyeron con la suspensión de la fertilización.

El estrés hídrico y nutrimental previó a la formación de escapos y durante su desarrollo no tuvo efecto sobre el crecimiento y floración en *Cymbidium* sp.

La relación  $K^+/Ca^{2+}$  de la solución nutritiva influyó en la concentración foliar de K y Ca y en el número de escapos producidos por planta. El incremento en la concentración de  $K^+$  en la solución nutritiva interfirió en la absorción del  $Ca^{2+}$ . El mayor número de escapos por planta se encontró con la relación  $K^+/Ca^{2+}$  7/9.

El SPAD 502 es una herramienta de diagnóstico rápido que permite estimar en base a ecuaciones de predicción, la concentración de clorofila y N en las hojas de *Cymbidium* sp.

### III. LITERATURA CITADA

**Baas R, N Marissen, A Dick (1998)** Cut rose quality as affected by Ca supply and translocation. *Acta Hort.* 518:45-54.

**Bremmer L M, C S Mulvaney (1982)** Total nitrogen. *In: Methods of Soil Analysis.* Part 2. Chemical and microbiological properties (Agronomy 9). Page R, H Miller, D R Keeney (eds): 2nd edition. ASA, S.S.A. Madison, Wisconsin, USA. pp: 595 - 634.

**Chimonidou-Pavlidou D (1996)** Effect of water stress at different stages of rose development. *Acta Hort.* 424:45-52.

**De Kreij C, C Sonneveld, M G Warmenhoven, N A Straver (1992)** Guide values for nutrient element contents of vegetables and flowers under glass (third edition). Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk, The Netherlands, Series: Voedingsoplossingen voor Glastuinbouw no 15. 69 p.

**De Kreij C, T J M van den Berg (1990)** Effect of electrical conductivity of the nutrient solution fertilization regime on spike production and quality of *Cymbidium*. *Scientia Horticulturae* 44:293-300.

**Du P D, Cribb P (2007)** The Genus *Cymbidium*. Royal Botanic Gardens, Kew. UK.  
pp: 37-40.

**Duru M (2002)** Evaluation of chlorophyll meter to assess nitrogen nutrition status  
of cocksfoot sward. J. Plant Nutr. 25:275-286.

**Himelrick D G, C W Wood, W A Jr. Dozier (1992)** Relationship Between SPAD-  
502 Meter Values and Extractable Chlorophyll in Strawberry. Av. Strawberry  
Res. 11:59-61.

**Miles K (1982)** Growing equitant Oncidiums. American Orchid Society Bulletin.  
51:155-169.

**Ng C K Y, Hew C S (2000)** Orchid pseudobulbs – ‘false’ bulbs with a genuine  
importance in orchid growth and survival! Scientia Horticulturae 83:165-172.

**Porra R J, W A Thompson, P E Kreidemann (1989)** Determination of accurate  
extinctions coefficients and simultaneous equations for assaying  
chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the  
concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy.  
Biochim Biophys Acta. 975:384–394.

**Rodríguez M M N, G Alcántar G, A Aguilar S, J D Etchevers B, J A Santizó R**

**(1998)** Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra*. 16:2:135-141.

**Steiner A A (1961)** A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil* 15:134-154.

**Wang Y T (2000)** Impact of a high phosphorous fertilizer and timing of termination of fertilization on flowering of a hybrid moth orchid. *HortScience* 35(1): 60-62.

**Yen C Y T, Starman T W, Wang Y T, Holzenburg A, Niu G (2008)** Timing of nutrient termination and reapplication for growth, flower initiation, and flowering of the nobile dendrobium orchid. *Journal of the American Society For Horticultural Science* 133(4):501-507.