



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**



FACULTAD DE AGROBIOLOGÍA PRESIDENTE JUÁREZ

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAestrÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

**SOLUCIONES NUTRITIVAS Y SUSTRATOS PARA EL
CRECIMIENTO DE *Cuitlauzina pendula* L. (ORCHIDACEAE)**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA

JOSÉ JESÚS BANDERAS ESPINOZA

D. C. BIOL. MARTHA ELENA PEDRAZA SANTOS

Uruapan, Michoacán 2013

abril 2013

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	¡Error! Marcador no definido.
OBJETIVO GENERAL	¡Error! Marcador no definido.
Objetivos Específicos	¡Error! Marcador no definido.
HIPÓTESIS	¡Error! Marcador no definido.
II. REVISIÓN DE LITERATURA	¡Error! Marcador no definido.
2.1 Generalidades.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2 Características botánicas de las orquídeas	¡Error! Marcador no definido.
2.3 <i>Cuitlauzina pendula</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.4 Nutrición de orquídeas.....	¡Error! Marcador no definido.
2.5 Soluciones nutritivas.....	¡Error! Marcador no definido.
2.5.1 Fertilización con N-NH ₄ ⁺	¡Error! Marcador no definido.
2.5.2 Fuentes y efecto del nitrógeno en plantas.....	¡Error! Marcador no definido.
2.6 importancia de los Sustratos	¡Error! Marcador no definido.
2.6.1 Definición de sustrato.....	¡Error! Marcador no definido.
2.6.2 Propiedades físicas de los sustratos.....	¡Error! Marcador no definido.
2.6.3 Características físicas y químicas de un sustrato ideal .	¡Error! Marcador no definido.
2.6.4 Sustratos para orquídeas	¡Error! Marcador no definido.
2.7 Materiales recomendados para sustratos o componentes de sustratos	¡Error! Marcador no definido.
2.7.1 Corteza de pino	¡Error! Marcador no definido.
2.7.2 Tezontle.....	¡Error! Marcador no definido.
2.7.3 Turbas	¡Error! Marcador no definido.
2.7.4 Perlita.....	¡Error! Marcador no definido.
2.7.5 Carbón vegetal.....	¡Error! Marcador no definido.
2.7.6 Aserrín de pino	¡Error! Marcador no definido.
2.8 Contenedores	¡Error! Marcador no definido.
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1 Ubicación del área experimental.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2 Material vegetal y su cultivo en invernadero	¡Error! Marcador no definido.
3.3 Sustratos empleados.....	¡Error! Marcador no definido.
3.4 Soluciones nutritivas suministradas.....	¡Error! Marcador no definido.
3.5 Temperatura y (%) de humedad relativa mínima y máxima del invernadero	¡Error! Marcador no definido.
3.6 Diseño de tratamientos.....	¡Error! Marcador no definido.

3.8 Fertirrigación	;	Error! Marcador no definido.
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	;	Error! Marcador no definido.
4.1 Pseudobulbos	;	Error! Marcador no definido.
4.2 Hojas	;	Error! Marcador no definido.
4.3 Inflorescencias	;	Error! Marcador no definido.
4.4 Área foliar, número de flores y brotes vegetativos.....	;	Error! Marcador no definido.
4.5 Plantas <i>C. pendula</i> que florecieron	;	Error! Marcador no definido.
4.6 Vida post-cosecha de las inflorescencias.....	;	Error! Marcador no definido.
4.7 Escapo floral	;	Error! Marcador no definido.
4. 8 Lecturas SPAD	;	Error! Marcador no definido.
V. CONCLUSIONES	;	Error! Marcador no definido.
VI. LITERATURA CITADA.....	;	Error! Marcador no definido.
VII. APÉNDICE.....	;	Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición de la solución universal Steiner (1968).....	11
Cuadro 2. Características físicas del sustrato ideal.	16
Cuadro 3. Características químicas del sustrato ideal.	17
Cuadro 4. Materiales con potencial para usarse como sustratos en la producción de plantas en contenedor en México.....	18
Cuadro 5. Componentes de las tres mezclas condiferentes materiales y sus proporciones para el cultivo de <i>C. pendula</i>	26
Cuadro 6. Análisis químico del agua empleada para la preparación de las soluciones nutritivas. Unidades en meq/L.	27
Cuadro 7. Cantidad de sales comerciales para la preparación de la Solución universal Steiner al 0, 25 y 50 % expresada en gramos para 450 litros.....	27
Cuadro 8. Fuentes de fertilizantes comerciales para la preparación de la solución nutritiva de Steiner (Steiner, 1984).....	27
Cuadro 9. Gramos de sales comerciales para la preparación de la Solución universal Steiner con relación 80 - 20 NO ₃ / NH ₄ para 450 L a diferentes porcentajes.	28
Cuadro 10. Conductividad eléctrica y pH de los sustratos y sus componentes.....	33
Cuadro 11. Propiedades físicas de los sustratos y sus componentes.	33
Cuadro 12. Cuadrados medios del análisis de varianza para el efecto del tipo de maceta, sustrato y solución nutritiva Steiner sobre las variables morfológicas de pseudobulbos y hojas de <i>C. pendula</i>	38
Cuadro 13. Cuadrados medios análisis de varianza para el efecto del tipo de maceta, sustrato y solución nutritiva Steiner en el ancho y longitud de flor y labelo de <i>C. pendula</i>	45
Cuadro 14. Cuadrados medios del análisis de varianza para el efecto del sustrato, maceta y solución nutritiva Steiner sobre el área foliar, número de flores, brotes vegetativos y escapes de <i>C. pendula</i>	50
Cuadro 15. Cuadrados medios del análisis de varianza para el efecto del tipo de maceta, sustrato y solución nutritiva Steiner en la longitud y diámetro del escapo, diámetro del primer nudo del escapo floral, distancia entre la primera y última flor, Distancia entre la 1 ^{ra} y 2 ^{da} flor, emergencia del escapo floral de <i>C. pendula</i>	58
Cuadro 16. Cuadrados medios del análisis de varianza para las lecturas SPAD a los 61, 98 y 128 días después de establecido el experimento (DDE).....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de <i>Cuitlauzina pendula</i>	7
Figura 2. Plantas madre de <i>C. pendula</i> proporcionadas por el SINAREFI.	23
Figura 3. Proceso para el trasplante de <i>C. pendula</i> de troncos a maceta a) material para desinfección y para sujetar la planta a la maceta b) planta madre, c) división y eliminación del tejido muerto d) <i>C. pendula</i> en maceta opaca, e) inflorescencias de <i>C. pendula</i> y g) plantas bajo condiciones de invernadero.	24
Figura 4. Sustratos utilizados para el cultivo de <i>C. pendula</i> con un diámetro de 0.25 a 2.0 cm a) carbón vegetal b) musgo c) aserrín d) corteza pino-encino e) tezontle f) bagazo de caña g) perlita h) corteza de encino i) peat moss.	26
Figura 5. Invernadero de producción de plantas ornamentales con malla al 80 % de sombreo.	29
Figura 6. Temperatura, mínima y máxima mensual en el invernadero durante los meses enero a mayo.	29
Figura 7. Humedad relativa mínima y máxima registrada de enero a mayo en el invernadero	30
Figura 8. Tratamientos para evaluar el efecto tipo maceta, sustratos y soluciones nutritivas Steiner a 0, 25, 50 y 50 % modificada con 20 % N-NH ₄ para el desarrollo de <i>C. pendula</i> . M=maceta, Cza= corteza, Ca= carbón, Tezontle, Pem= peatmoss Pe= perlita, Cope=corteza pino-encino, As=aserrín Bac= bagazo de caña y Mu=musgo.	32
Figura 9. Curva granulométrica de los sustratos utilizados en el cultivo de <i>C. pendula</i>	33
Figura 10. Plantas de <i>C. pendula</i> fertirrigadas con solución Steiner en invernadero al a) 0, b) 25, C) 50% y d) 50% modificada con relación nitrato-amonio 80-20.	35
Figura 11. Efecto de la interacción del tipo de sustrato, maceta y solución nutritiva Steiner, sobre el ancho transversal de pseudobulbos de <i>C. pendula</i> Czacatepembe=corteza, carbón, tezontle, peatmoss y perlita (2:1:1:0.5:0.5). Copecaste=compost pino-encino, carbón, aserrín y tezontle (1:1:2:2). Bactemucope=bagazo de caña, tezontle, musgo, compost pino-encino (1:1:1:2) M = maceta. SN = (solución nutritiva) y Mod=modificada con 20 % amonio.	40
Figura 12. Largo del pseudobulbo. Czacatepembe = corteza, carbón, tezontle, peatmoss y perlita (2:1:1:0.5:0.5). Copecaste = compost pino-encino,	

carbón, aserrín y tezontle (1:1:2:2). Bactemucope = bagazo de caña, tezontle, musgo, compost pino-encino (1:1:1:2).....	41
Figura 13. Efecto de la interacción del tipo de sustrato, maceta y solución nutritiva sobre ancho(A) y largo(B) de hojas de <i>C. pendula</i>	43
Figura 14. Interacción del tipo de sustrato, maceta y solución Steiner en el ancho A) y la longitud B) de las inflorescencias de <i>C. pendula</i>	47
Figura 15. Influencia de la interacción del sustrato, maceta y solución nutritiva entre tratamientos sobre el ancho A) y longitud B) del labelo.	49
Figura 16. Efecto de la interacción del sustrato, maceta y solución nutritiva Steiner sobre el área foliar de plantas de <i>Cuitlauzina pendula</i>	52
Figura 17. Influencia de la interacción del tipo de sustrato y maceta sobre número de flores promedio de <i>C. pendula</i>	53
Figura 18. Efecto de concentración total de sales minerales de la solución Steiner sobre el número de brotes nuevos de <i>C. pendula</i>	54
Figura 19. Efecto del tipo de sustrato en el número de escapos de <i>C. pendula</i>	55
Figura 20. Porcentaje de plantas de <i>C. pendula</i> que florecieron.	56
Figura 21. Efecto de la interacción de la maceta y el sustrato en los días transcurridos entre la senescencia de la primera a la última flor.	57
Figura 22. Efecto del tipo de sustrato, maceta y la solución nutritiva en el diámetro del escapo de <i>C. pendula</i>	58
Figura 23. Influencia de la concentración de sales en la distancia de la primera a la última flor del escapo floral 50M= 50 % modificada con amonio	59
Figura 24. Efecto de la interacción de la solución nutritiva Steiner, sustrato y tipo de maceta en las lecturas SPAD 61 días después de establecido el experimento.....	61
Figura 25. Efecto del tipo de sustrato en las lecturas SPAD A) 98 y B) 128 días después de establecido el experimento.	62

I. INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos las orquídeas han sido de las flores con mayor preferencia como plantas de ornato, esto se atribuye a su rareza, vistosos colores, aromas y formas. La familia Orchidaceae es probablemente la más extensa de las plantas con flores, se han descrito más de 25,000 especies en 859 géneros (Cribb y Govaerts, 2005). La descripción aumenta por la publicación de nuevas especies en los últimos años (Dressler, 1993). El 73 % de estas son epifitas (Benzing, 1990) y la mayoría se ubica en clima tropical (López *et al.*, 1995).

En México se han reportado 1,000 a 1,300 especies con particular concentración en el Sur y Sureste del país (Stroms, 2006), 188 especies nativas se encuentran incluidas en alguna categoría de riesgo o amenaza de extinción en la Norma Oficial Mexicana (NOM-ECOL-059-2010).

Cuitlauzina pendula, comúnmente se conoce como chorritos o pozolillo con inflorescencias racemosas de 30 a 60 cm de largo, con 8-15 flores, sépalos y pétalos de color blanco-rosado o rosado lila a rosado. Esta orquídea se encuentra bajo protección especial porque sus poblaciones naturales han disminuido debido a la colecta inmoderada que han sufrido en el pasado y presente, a la alteración de su hábitat causado por la tala de bosques e incendios forestales, además por el cambio de uso del suelo en las regiones donde se localiza (Navarro-López *et al.*, 2001).

Entre los problemas más frecuentes e importantes del cultivo de orquídeas, se encuentra el aspecto nutrimental, debido al desconocimiento del uso y suministro eficiente de los fertilizantes para acelerar el crecimiento vegetativo de las plantas, aumentar la floración temprana y prolongar la vida postcosecha (Espinosa-Moreno *et al.*, 2000), otro obstáculo es el tipo de sustrato, ya que el crecimiento óptimo y la floración abundante de las orquídeas

epífitas depende en gran medida de los materiales utilizados (Smith, 1988). Ante tal situación, es importante desarrollar métodos de cultivo alternativos, para hacer posible la conservación y producción de esta especie, no dejando fuera la posibilidad de la producción comercial.

El presente estudio se realiza con el objetivo de obtener información del cultivo de *C. pendula* con relación a soluciones nutritivas y sustratos que permitan un mejor desarrollo de esta especie, ya que se carece de información sobre el suministro eficiente de nutrimentos debido a su naturaleza epífita.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la aplicación de soluciones nutritivas con diferente fuerza iónica y fuente de N-NO_3^- y N-NH_4^+ sobre el desarrollo y calidad de plantas de *C. pendula* en contenedores con diferentes tipos de sustratos.

Objetivos Específicos

Evaluar el efecto de la concentración de la solución nutritiva universal Steiner a (0, 25 y 50 %).

Determinar el efecto de N-NH_4^+ en la solución Steiner al 50 % de la concentración.

Evaluar el efecto de tres sustratos conformados por mezclas de diferentes materiales.

Examinar el efecto del tipo de contenedor, opaco y transparente.

HIPÓTESIS

La calidad y vida post-cosecha de las inflorescencias de *C. pendula* son influenciadas por la concentración de solución nutritiva.

Las mayores tasas de crecimiento vegetal y floral se obtienen con la combinación del NH_4^+ y NO_3^- .

Las propiedades físicas de los sustratos afectan el crecimiento de *C. pendula*.

El tipo de maceta influye en la adaptación de la planta en el sustrato y por lo cual en la floración.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades

La familia Orchideaceae está distribuida en todas las regiones del mundo excepto en la Antártica y crecen a en diferentes hábitats y gradientes de elevación (Pridgeon, 2000). En México se han alrededor de 1260 especies y 170 géneros (Hágsater *et al.*, 2005; Soto *et al.*, 2007). Este número aumenta por el descubrimiento tanto de especies nuevas para la ciencia como de especies que eran conocidas de otros países pero no habían sido encontradas aquí. Se estima que alrededor del 40 % de las orquídeas mexicanas son endémicas (Soto, 1996). Sin embargo, esta familia ha sido una de las más vulnerables por la destrucción y transformación de sus hábitats, por la extracción masiva de plantas de las poblaciones silvestres, su alto valor hortícola y comercial y por las características ecológicas que presentan, sumado a esto, sus bajas tasas de crecimiento, ciclos de vida relativamente largos la escasa incorporación de nuevos individuos en condiciones naturales (Ávila y Oyama 2002). Se considera que de las especies de mexicanas una está extinta en el medio silvestre, 15 en peligro de extinción, 62 amenazadas y 110 sujetas a protección especial (SEMARNAT, 2010).

2.2 Características botánicas de las orquídeas

Las plantas epífitas crecen en la cima de los árboles en bosques húmedos y muy húmedos desde 1500 m de altitud (Lopez *et al.*, 2005),

El órgano principal para estas especies son los pseudobulbos los cuales les permiten crecer y sobrevivir, estos tienen la capacidad de almacenar agua, hidratos de carbono y nutrientes, ya que poseen una cutícula gruesa y son totalmente impermeables al agua y los gases, lo que les confiere la capacidad de tolerar períodos de escasez de agua y nutrientes

(Arditti, 1992; Ng y Hew, 2000). Los pseudobulbos de orquídeas pueden ser heteroblásticos y homoblásticos, los primeros se componen de un solo entrenudo, por ejemplo, *Oncidium*, *Cattleya* y *Miltonia* y los homoblásticos constan de dos o más entrenudos de distintas o similares longitudes (Dressler, 1981). En *Oncidiumgoldiana* mantienen un contenido de agua de 90 ± 95 % durante todo el desarrollo (Hew y Ng, 1996), en *Cymbidiumsinense* se demostró que los pseudobulbos son capaces de retener 64 % de su contenido de agua después de 42 días a partir de las condiciones de estrés hídrico (Zheng *et al.*, 1992).

Las orquídeas son plantas monocotiledóneas y los órganos que las componen. La raíz se caracteriza principalmente por la presencia de una capa de tejido esponjoso, llamado velamen generalmente es de color verde destinado a facilitar la absorción y retención del agua, nutrientes y sales minerales, especialmente en las raíces expuestas a la luz ya que se producen ahí procesos de fotosíntesis, la forma de las hojas es muy variable, hay lanceoladas, elípticas, obovadas, cordadas, lineares y aciculares. Las flores constituyen el motivo fundamental por el cual se las cultiva, sean grandes o pequeñas, perfumadas o no, efímeras o de larga duración, tienen generalmente simetría bilateral (zigoformas), poseen ciertas características únicas, como el labelo, columna, rostelo y las polinias, todas las flores de las orquídeas tienen tres sépalos y tres pétalos, aunque algunas de estas piezas pueden estar soldadas o reducidas. El labelo es un pétalo modificado, distinto de los otros dos pétalos que frecuentemente sirven como pista de aterrizaje para los polinizadores, puede tener diferentes tamaños y formas, puede ser grande, colorido, ancho, chato, pequeño y escondido o llamativo, ondulado, con bordes orlados, con forma de bolsa, en algunos géneros existe en la base del labelo una formación tubular, más o menos alargada, llamada espolón, que generalmente contiene néctar para atraer a los polinizadores. El fruto es una cápsula que se abre mediante tres o seis ranuras longitudinales (a veces una sola) y en raras ocasiones el fruto de las

orquídeas es una baya, contiene cientos de semillas diminutas por lo que son fácilmente dispersadas por el viento, carecen de tejido nutricional o endospermo, y por este motivo, para germinar, necesitan ser colonizadas por un hongo simbiote (Dodson y Escobar, 1994).

2.3 *Cuitlauzina pendula*

Es una orquídea epífita endémica de México que de manera natural se encuentra en bosques de encino o pino-encino en los estados de Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca, sus poblaciones naturales han disminuido por la colecta inmoderada que han sufrido en el pasado y presente, a la alteración de su hábitat causado por la tala de bosques e incendios forestales y por el cambio de uso del suelo en las regiones donde se localiza. En la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010 ahora se encuentra bajo protección especial en la categoría amenazada (A).

La primera descripción de *C. pendula* fue efectuada por el Canónigo Pablo de la Llave y Juan Martínez de Lexarca en 1825 como *Orchidium opusculum*, después el género fue nombrado *Cuitlahuatzin*, nombre que poseía el gobernador de Iztapalapa caudillo mexicano hermano de Moctezuma en México posteriormente recibió el nombre de *Cuitlauzina* (Rudolf, 2007).

Es una orquídea altamente vistosa, su floración es de marzo a junio (Jiménez *et al.*, 1998); apreciada por la belleza de sus flores, con una inflorescencia racimosa de 30 a 60 cm de largo, de 8 a 15 flores con diámetro de 4 a 6 cm, sépalos y pétalos de color blanco-rosados o rosado lila a rosado, brácteas florales triangulares de 1.5 a 2.5 mm de largo, ovario pedicelado rollizo de 2 a 3,5 de largo, pseudobulbos ovado-elípticos lateralmente aplanados de 5 a 8 cm de largo y 2.5 a 4 cm de ancho, dos hojas oblongo-elípticas alanceoladas de 17 a 21 cm de largo y 3 a 4.5 cm de ancho agudas en el ápice (Figura 1).



Figura 1. Planta de *Cuitlauzina pendula*.

2.4 Nutrición de orquídeas

Las orquídeas epifitas, al igual que todas las plantas, requieren nutrimentos. En condiciones naturales la principal fuente de nutrientes es probablemente la lenta descomposición de la materia orgánica (proveniente de la flora y fauna) que se acumula en las ramas de los árboles y entre la corteza, raíces, rizomas y hojas de las plantas (Tyson, 1995). La atmósfera es una fuente de nitratos especialmente durante las tormentas eléctricas; otra forma natural de obtener los nutrientes es con el agua que corre por encima de la superficie de las hojas porque lixivía minerales y nutrientes orgánicos de éstas (Poole y Sheehan, 1982). En general, se acepta que las orquídeas cultivadas *ex situ*, son plantas que no responden a la

fertilización constante, o bien responden lentamente a esta práctica. Sin embargo, de acuerdo con estudios realizados se puede observar que las orquídeas responden a diferentes fertilizantes y soluciones nutritivas (Wang, 2008; Espinosa *et al.*, 2000; Figueiredo *et al.*, 2009).

Para los géneros de *Cattleya*, *Epidendrum* y *Laelia* se recomienda fertilizar a base de nitrógeno, fósforo y potasio con la fórmula 20-10-10 y 20-20-20 para inducir la formación de yemas florales, y 10-30-20 para la floración. El tratamiento 30-10-10 (nitrógeno, fósforo y potasio) respectivamente es alto en nitrógeno ideal para plantas que crecen en sustrato de corteza (Sessler, 1978). La Sociedad Americana de Orquideología (AOS, 1998) sugiere que se utilicen los fertilizantes comerciales 10-5-5, 3-12-6, 7-7-7 alternándolos en diferentes etapas del desarrollo.

Salinger (1991) menciona que se pueden utilizar fertilizantes de lenta liberación para *Cymbidium*, como el Osmocote® que pueden ser de corto plazo (1 a 4 meses) que aporta 70-31-58 g·m⁻³ de N, P y K respectivamente, o de largo plazo (cada 8 meses) aportando 360-52-200 g·m⁻³ de N-P-K. Manrique (1993) encontró que las orquídeas necesitan pequeñas cantidades de fertilizante ya que tienen un crecimiento lento. En *Cymbidium* y *Phalaenopsis* las aplicaciones de 100, 50 y 25 mg·kg⁻¹ de N, K y Mg respectivamente, son óptimas para *Cattleya*, y se obtiene un crecimiento óptimo con 50 mg kg⁻¹ de N, P y K.

En investigaciones en *Phalaenopsis* sobre la interacción de fertilizantes, se utilizó 20-8.6-16 de N-P-K durante dos ciclos de floración, en tres niveles (0.25, 0.5 y 1.0 g L⁻¹), los fertilizantes se aplicaron en forma soluble en el agua de riego. *Phalaenopsis* presentó diferencias significativas en emergencia de inflorescencias, días a floración, día de la emergencia, los mejores niveles fueron la aplicación de 0.25 y 0.50 g L⁻¹ (Wang y Gregg, 1994). Por el contrario, en otro estudio se observó que *Phalaenopsis* y *Dendrobium* plantadas

en maceta con corteza de abeto 100 % no crecieron adecuadamente y produjeron pocas flores, en comparación con aquellas que fueron plantadas en una mezcla de corteza, turba y vermiculita (Wang, 1996).

Espinosa *et al.* (2000) probaron el efecto de cuatro fertilizantes comerciales, con y sin micorrizas, sobre el crecimiento y desarrollo de *Phalaenopsis*; las fórmulas de los fertilizantes comerciales fueron 20-20-20, 19-31-17, 15-30-15 y 13-13-13 (NPK), donde el 15-30-15, con micorrizas, produjo mayor número de botones con un promedio de 5.5 y con menor caída o abscisión de botones (0.5). Al momento del corte las inflorescencias tuvieron un diámetro promedio de 8.4 cm, de excelente calidad y no obstante que fue el tratamiento más tardío en florecer. La Sociedad Americana de Orquideología (AOS, 1998) indica como diámetro promedio para estas orquídeas una longitud o diámetro de 7.8 cm. El mayor número de botones (5.75) y vida postcosecha (38 días) en plantas sin micorrizas se obtuvo con la fórmula 19-31-17.

En *Laelia anceps* Jiménez (2008) probó diferentes dosis de fertilización basadas en la solución de Hoagland y alternando con diferentes sustratos, donde obtuvo un buen desarrollo vegetativo y de raíz utilizando solución del 100 y 66 % en turba.

En *Oncidium goldiana* se observó la mayor absorción de nitrato durante la formación de nuevos pseudobulbos, la distribución mineral dentro los brotes del pseudobulbo más activo durante la formación y el desarrollo de un nuevo pseudobulbo; además, hubo reducciones observables en el contenido mineral en pseudobulbos maduros durante el desarrollo de un nuevo brote (Hew y Ng, 1996). La acumulación activa de nutrientes minerales durante el período de desarrollo del pseudobulbo constituye una importante fuente de reserva para el posterior desarrollo de los brotes florales y el brote nuevo (Hew y Ng, 1996). En *Catasetum viridiflavum* se ha demostrado que los minerales de almacenamiento también son importantes

para determinar el número de flores producidas (Zimmerman, 1990). Por consiguiente, se recomienda que se preste especial atención al régimen de fertilización, especialmente durante el período de desarrollo de los brotes nuevos.

Wang (1998) probó el efecto de la salinidad del agua a diferentes niveles (0.05, 0.4, 0.75, 1.10, 1.4) dS m^{-1} y adicionó a cada tratamiento 1 g L^{-1} de la fórmula 20-8.7-16.6 (NPK) aumentando la CE 0.8 dS m^{-1} para *Phalaenopsis* cultivada en corteza de abeto y en una mezcla de corteza de abeto/turba de sphagnum en relación 80-20 por volumen. No hubo diferencia significativa para los tratamientos con corteza y turba, en medio con corteza se retrasó la floración entre tratamientos al aumentar la salinidad del agua de 0.05 a 0.75 dS m^{-1} . Por otro lado, se adelantó la floración de cuatro a catorce días al cultivarla en una mezcla de corteza con turba de sphagnum en relación 80 - 20 por volumen y utilizar agua con CE de 0.05 del agua y 1 g L^{-1} de la fórmula 20-8.7-16.6 (NPK) con una CE de 0.8 dS m^{-1} , comparada con la cultivada sólo con corteza con una salinidad del agua de 0.05 a 0.75 de CE y la misma fertilización.

2.5 Soluciones nutritivas

Todos los miembros del Reino Vegetal necesitan algún tipo de nutrientes y la mejor práctica es fertilizar mediante el agua de riego (Hew *et al.*, 1993).

Una solución nutritiva (SN) consta de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos esenciales en forma iónica y, eventualmente, de algunos compuestos orgánico-minerales tales como los quelatos de hierro y de algún otro micronutriente que puede estar presente (Steiner, 1968).

Steiner (1961) señala que una solución nutritiva verdadera debe cumplir los siguientes requisitos: 1) una relación mutua de aniones, 2) una relación mutua de cationes, 3) una

concentración iónica total, 4) un pH con variación de ± 0.1 ; de esta manera desarrolló un método para preparar soluciones nutritivas.

El pH apropiado de la SN para el desarrollo de los cultivos se encuentra entre los valores 5.5 y 6.5; sin embargo, el pH de la SN no es estático, ya que depende del CO_2 en el ambiente, de que la SN se encuentre en un contenedor cubierto o descubierto, del ritmo de absorción nutrimental, de la fuente nitrogenada utilizada, etc. Así por ejemplo, la SN de Steiner contiene solamente N-NO_3^- , el cual ocasiona un pH fisiológicamente alcalino; a medida que las plantas absorben el N-NO_3^- , la SN tiende a alcalinizarse, debido a que a la absorción del N-NO_3^- la acompaña una liberación de HCO_3^- u OH^- . Cuando se adiciona el N-NH_4^+ el pH se amortigua, ya que al absorber el N-NH_4^+ , las raíces liberan el ion H^+ y la SN se acidifica (Chávez, 2006).

Steiner (1973) por medio de ensayos demostró que la relación mutua de absorción nutrimental (aniones y cationes) está determinada por la fase de crecimiento y por la presión osmótica de la solución nutritiva, la cual depende del tipo de planta y el clima que le rodea.

La concentración iónica total en la solución Universal Steiner asciende a 40 meq L^{-1} , que en términos de potencial osmótico corresponde a -0.072 MPa ($20 \text{ }^\circ\text{C}$) y el pH es de 6.5 ± 0.1 (Steiner 1984) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición de la solución universal Steiner (1968).

meq L^{-1}					
Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{2-}
9	4	7	12	1	7

2.5.1 Fertilización con N-NH_4^+

Las altas concentraciones NH_4^+ inducen toxicidad en la planta, la cual se atribuye a la acidez en la zona radical debido a que la raíz exuda el ion H^+ producto del metabolismo del amonio y la disminución de la absorción de cationes (K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+}), lo que provoca un desbalance en su interior (Havlin *et al.*, 1999). La fertilización con amonio no debe exceder del 50 % del nitrógeno total (Jones, 1997), y el N-NO_3^- el 80 % de la sumatoria total de los iones (Steiner, 1984).

2.5.2 Fuentes y efecto del nitrógeno en plantas

El nitrógeno es vital importancia en el desarrollo y rendimiento de las plantas ya que en la célula vegetal forma parte de los aminoácidos, nucleótidos componentes de fosfolípidos, clorofila, proteínas y ácidos nucleicos (Pereyra, 2001). La forma principal en que la planta puede absorber el nitrógeno es como anión nitrato (NO_3^-) y como catión amonio (NH_4^+) (Howard, 1997), la preferencia de absorción de una u otra forma depende en gran manera de la edad de la planta y la especie; el pH y la composición del suelo (Navarro y Navarro, 2003). La presencia de ambas formas es favorable para la mayoría de la especies, pues le propicia un metabolismo más balanceado y una absorción mejor de estos elementos (Villalobos, 2001), sin embargo la planta gasta mucha energía para la asimilación del NO_3^- , debido a la serie de reacciones complejas, las cuales demandan un alto gasto energético en forma de ATP comparada con la energía utilizada para asimilar un ion NH_4^+ (Pereida, 1997).

Las mayores tasas de crecimiento vegetal y rendimiento se obtienen con fertilizantes en que se combina el NH_4^+ y el NO_3^- (Degiovanni *et al.*, 2010), al respecto Lemaire (2005) indica que para que la planta tenga un buen desarrollo, la proporción del nitrógeno en forma amoniacal con respecto al nitrógeno nítrico puede ser hasta un 20 % en el medio.

2.6 Importancia de los sustratos

Investigaciones han demostrado que el tipo de sustrato es fundamental en la respuesta de las orquídeas *Phalaenopsis*, *Dendrobium*, *Cymbidium* y el híbrido *Laeliocattleya* y reaccionan a la fertilización cuando se aplica mediante solución nutritiva (Wang, 1996).

Debido a que no existe un sustrato ideal es necesario realizar a mezclas de diferentes materiales con impacto positivo ecológico como residuos de agroindustriales, los cuales proporcionen las condiciones óptimas requeridas para cada especie.

En México, la mayor parte de los sustratos utilizados para las plantas ornamentales en contenedores se componen principalmente de tierra de monte o turba combinados con otros (García *et al.*, 2001); sin embargo, debido al saqueo inmoderado la legislación tiende a limitar su extracción.

2.6.1 Definición de sustrato

Por sustrato debemos entender todo material o combinación de diferentes componentes de origen orgánico o sintético que, no siendo tóxico, provea sostén, adecuada capacidad de intercambio catiónico, así como una adecuada retención de humedad para la planta que en éste crecerá, pero con una porosidad que garantice una correcta aireación para un óptimo desarrollo radical. Componente de sustrato es cualquier material individual, mezclado en proporciones volumétricas con otros componentes, para alcanzar un nivel adecuado de aireación, retención de agua y nutrientes para el crecimiento de plantas (Fonteno *etal.*, 2000).

Un sustrato se caracteriza por tres fases: sólida líquida y gaseosa, las cuales tienen una función específica en la planta del equilibrio de éstas depende la calidad del sustrato. La primera característica le da soporte y espacio para el crecimiento de las raíces. La fase líquida

condiciona el contenido de agua, que las raíces utilizarán para el crecimiento de la planta. Y por último la fase gaseosa es primordial debido a que le proporciona el oxígeno requerido al crecimiento de las raíces (Foucard, 1997).

2.6.2 Propiedades físicas de los sustratos

La primera etapa y la más importante en la aplicación de un sustrato en un cultivo es la caracterización del mismo ya una vez que el sustrato está en el contenedor, y la planta esté en él, no es posible modificar las características básicas de dicho sustrato (Cadahia, 2005).

Las propiedades físicas de los sustratos constituidos por mezclas varían en función del tamaño de sus partículas, esta distribución del tamaño de las partículas y de los poros determinan el balance entre el contenido de agua y el sustrato a cualquier nivel de humedad (Cadahia, 2000), siendo por tanto de importancia fundamental la caracterización granulométrica de los materiales.

La caracterización física estudia la distribución volumétrica del material sólido, el agua y el aire, así como su variación del potencial matricial, los métodos de determinación de la relación aire-agua de los sustratos difieren de los métodos utilizados en los suelos con el mismo, las curvas de retención de agua de los suelos agrícolas se miden usualmente en un amplio intervalo de succiones (0-1.5 MPa), por otro lado las plantas cultivadas en contenedor no pueden ser sometidas a tensiones hídricas elevadas, debido al volumen limitado del medio en que crecen y se desarrollan. Es por esto que la determinación de las curvas de liberación de agua de los sustratos, se aplica un intervalo de succiones mucho más estrecho difundida (0-100 cm de tensión de columna de agua, metodología desarrollada por De Boodt *et al.* (1974).

La porosidad es el volumen total del medio no ocupado por partículas sólidas, por tanto lo estará por aire o agua en cierta proporción (Bordado, 2005) en sustratos en maceta recomienda un 85 % mínimo de porosidad (Abad *et al.*, 1993; Bordado, 2005).

La capacidad de aireación se define como la proporción del volumen del sustrato de cultivo que contiene aire después que dicho sustrato ha sido saturado con agua y dejado drenar a 10 cm de tensión el nivel óptimo está entre 20 y 30 % en volumen (abad *et al.*, 1993).

Agua fácilmente disponible. Es la diferencia entre la cantidad de agua retenida por el sustrato después de haber sido saturada con agua y dejado drenar a 10 cm de tensión matricial y el volumen de agua presente en dicho sustrato y a una succión de 50 cm de columna de agua (ca) el valor óptimo del agua fácilmente disponible está entre 20- 30 % del volumen (Abad *et al.*, 1993) los poros que se mantienen llenos de agua después del drenaje del sustrato son los de menor tamaño, es necesario entonces diferenciar entre el agua retenida por el sustrato y que es accesible para la planta y el agua fuertemente retenida por el sustrato que no es accesible por la planta ya que ya succión aplicada por las raíces no supera la fuerza con la que el agua es retenida por las partículas del sustrato (Cadahia, 2000). Por tanto lo que nos interesa es la capacidad de total retención de agua y la capacidad de retención de agua fácilmente disponible.

El agua de reserva es la cantidad de agua (% en volumen) que libera un sustrato al pasar de 50 a 100 cm de succión. El nivel óptimo se sitúa entre 4 y 10 % en volumen (Abad *et al.*, 1993). La densidad aparente (D_a) se define como la masa seca del material sólido por unidad de volumen aparente del sustrato húmedo, en los invernaderos donde el viento no es un factor limitante, la D_a de un sustrato puede ser tan baja como $0.15 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (Abad, 1995).

2.6.3 Características físicas y químicas de un sustrato ideal

Aunque no existe un sustrato ideal y por lo cual hay que recurrir a mezclar materiales con diferentes propiedades (Sánchez, 2008) menciona las características físicas y químicas para diferentes autores (Cuadros 2 y 3).

Para (Bosa *et al.*, 2003), Los valores ideales en las propiedades físicas y químicas de los sustratos deben ser: pH de 5.5-6.5, conductividad eléctrica (CE) de 0.75-2.0 dS m⁻¹, capacidad de intercambio de cationes mayor a 12 cmol kg⁻¹, 0.10-0.30 g cm⁻³ de densidad, porosidad total de 85 %, espacio de aireación de 20-30 %, agua fácilmente disponible de 20-30 % y agua disponible de 24-40 %.

Cuadro 2. Características físicas del sustrato ideal.

Características físicas	Unidades	De Boodt y Verdonck (1972)	Bunt (1988)	Abad (1993)	Nappi (1993)	Handreck y Black (1994)	Ansorena (1994)
Tamaño de partícula	mm			0.25-2.25			0.25-2.50
Densidad aparente	g cm ⁻³			<0.4	0.15-0.5	0.3-0.6	<0.4
Densidad Real	g cm ⁻³			1.45-2.65			1.45-2.65
Espacio poroso total	% volumen	>85	70-85	>85	85-90	60-80	>85
Retención de Agua							
10 cm de profundidad				55-70			55-70
50 cm de profundidad				31-40			31-40
100 cm de profundidad				25-30			25-31
Capacidad de aireación	% volumen	20-30	10-20.	10-30.		7-50.	10-30.
Agua fácilmente disponible	% volumen	.		20-30		>20	20-30
Agua de reserva	% volumen	4-10.		4-10.			4-10.
Agua total disponible	% volumen	20-30	>30	24-40			24-40
Capacidad de retención de agua	mL L ⁻¹			550-770			
Compactación	% volumen			<30			<30

Fuente: Sánchez (2008).

Cuadro 3. Características químicas del sustrato ideal.

Características químicas	Unidad	Warnck (1990)	Abad <i>et al.</i> (1993)	North Carolina State University (2004)
pH			5.2-6.3	5.5-7.0
CE	dS m ⁻¹	0.75-3.49		1.0-5.5
N-NH ₄	mg L ⁻¹	0.0-20		
N-NH ₃	mg L ⁻¹	440-818	100-199	2.3-45.2
P	mg L ⁻¹	7-13	6-10	≥13
K	mg L ⁻¹	156-235	150-249	≥21
Ca	mg L ⁻¹	50-100	≥200	≥
Mg	mg L ⁻¹	18-37	≥70	≥10
Na	mg L ⁻¹	≤69		
Cl	mg L ⁻¹	≤89		
Fe	mg L ⁻¹		0.3-3	
Mn	mg L ⁻¹		0.02-30	
Mo	mg L ⁻¹		0.01-0.1	
Zn	mg L ⁻¹		0.3-3.0	
Cu	mg L ⁻¹		0.001-0.5	
B	mg L ⁻¹		0.05-0.5	

Fuente: Sánchez (2008).

2.6.4 Sustratos para orquídeas

Entender las propiedades de los materiales para orquídeas epifitas permite seleccionar el mejor medio, que debe contemplar lo siguiente: 1) proporcionar soporte a la planta, 2) mantener la humedad y 3) aireación (Smith, 1988). Las orquídeas epifitas son las especies ornamentales con mayor demanda de aireación radical, la porosidad de aireación mínima con base en el volumen es de del 20 % (Bunt 1988).

Colombo *et al.* (2005) obtuvieron 98 % de supervivencia utilizando como sustrato xaxim o maquique, material formado por las raíces adventicias de *Dicksonia sellowiana* (helechos arborescentes), pero debido a que es una especie vegetal en peligro de extinción recomiendan utilizar fibra de coco, donde obtuvieron de 88 a 98 % de sobrevivencia en la aclimatización de plantas de un híbrido de orquídea *Cattleya chocolate drop* x (*C. guttata* x *L. tenebrosa*). Morales *et al.* (2002) obtuvieron 92.5 % de supervivencia en la climatización de plantas de *Dendrobium nobile* Lindl utilizando como sustrato xaxim, pero

recomienda utilizar la mezcla de vermiculita + plantmax[®] (1:1 v/v) y plantmax[®] + carbón vegetal + perlita (1:1:1 v/v) donde obtuvieron 88 y 83 % de sobrevivencia respectivamente.

2.7 Materiales recomendados para sustratos

En la actualidad existen una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos, y su elección dependerá de la especie vegetal a propagar, tipo de propágulo, época, tipo de propagación, precio, disponibilidad y características propias del sustrato (Hartmann y Kester, 2002).

Existe diversidad de materiales regionales provenientes de desechos de procesos agroindustriales que tienen excelentes propiedades y, que como son subproductos, no tienen efectos ecológicos negativos, y asimismo aseguran el abastecimiento de sustrato para la propagación intensiva en de *C. pendula* en contenedor y además sustituye materiales como la tierra de monte y reducen la dependencia de los materiales que son de importación. Acosta-Duran *et al.* (2008) sugieren materiales que son subproductos de procesos agroindustriales y que tienen un gran potencial para ser usados como componentes de sustratos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Materiales con potencial para usarse como sustratos en la producción d plantas en contenedor en México.

Suelos negros (Vertisoles y Feozems)	Paja de trigo, avena y cebada
Arena y grava de río	Paja de sorgo
Arena y grava de mina	Paja de arroz
Arena y grava de tezontle negro	Cascarilla de arroz
Arena y grava de tezontle rojo	Cáscara de cacahuete
Arena de cenizas volcánicas	Composta de champiñones
Grava de piedra triturada	Rastrojo de caña de azúcar
Piedra pómez o tepojal	Bagazo de caña
Arena de playa	Restos de poda de pasto
Arena de dunas	Rastrojo de maíz
Tepetates	Rastrojo de frijón
Suelos arenosos	Compostas orgánicas
Zeolita	Basuras orgánicas
Ladrillo y teja molidos	Residuos orgánicos

Tierra lama o suelos de migajón (fluviosoles)	Lombricompostas
Tierra de azolve de presas y canales	Lodos y fangos tratados
Tierra de monte (Andosoles)	Fibra y polvillo de coco
Tierra de hoja de encino	Fibras naturales (Algodón y Henequén)
Tierra de cáscara de oyamel	Estropajo
Tierra de hoja de bosque mixto	Peat moss o turba
Tierra de hoja de pino	Corteza de árboles
Aserrín y viruta	Vermiculita
Resto de poda de árboles	Perlita o aAgrolita
Troncos en descomposición	Lana roca
Estiércol de ganado Bovino	Poliestireno (uUnicel)
Estiércol de granjas de aves	Espumas sintéticas
Estiércol de ovicaprinos	Residuos de fibras sintéticas
Estiércol de equinos	Escorias de fundición
Residuos de pulpa y cascarilla de café	Plásticos triturados

Fuente: Acosta-Durán, 2008.

2.7.1 Corteza de pino

Uno de los materiales más ampliamente empleado para formular sustratos orgánicos es la corteza de pino compostada (Burés, 1997). Sin embargo, este material por sí solo no reúne todas las condiciones necesarias para el crecimiento vegetal, por lo que es indispensable usarlo en mezcla con otros componentes, entre los cuales se sugieren compost de residuos urbanos, compost de lodos de estaciones regeneradoras de aguas residuales, y otros residuos de amplia disponibilidad (Abad *et al.*, 1997; Burés, 1997; Guerrero, 1989).

2.7.2 Tezontle

La roca volcánica, conocida como tezontle en México, es ampliamente utilizada como sustrato para la producción de hortalizas y flores en cultivos sin suelo, tiene una proporción variable de porosidad ocluida, la cual se define como el volumen de poros cerrados que no tienen conexión con los poros externos y son los espacios que no pueden ser ocupados por agua y por lo tanto no interviene en la relación agua-aire del sustrato. El beneficio de este tipo

de porosidad es que disminuye la densidad aparente del tezontle y facilita su manejo (Lemaire *et al.*, 2003). Al respecto, Burés *et al.* (1997) reportaron que en algunos casos se complica correlacionar el tamaño de partícula con algunas propiedades hídricas de los sustratos debido a la presencia de porosidad interna (porosidad ocluida) ya que ésta no permanece constante en los diferentes tamaños de partícula.

2.7.3 Turbas

La turba está formada por restos de vegetación acuática, de pantanos, o marismas, que han sido conservados debajo del agua en estado de descomposición parcial. La falta de oxígeno hace más lenta la descomposición bacteriana y química del materia vegetal. La composición de la turba es variada, depende de la vegetación que le dio origen, su estado de descomposición, contenido de minerales y grado de acidez (Hartmann y Kester, 1992). Por ejemplo peat-moss® parcialmente descompuesto tiene una alta porosidad total (85-95 % de volumen). Para contenedores con capacidad de tres pulgadas, el 25 % de los poros es ocupado con aire y el 60 % con agua. Con un drenaje adecuado el peat-moss® provee un buen suministro de oxígeno cuando se riega frecuentemente (White, 1985).

2.7.4 Perlita

La perlita (agrolita) es el término que se le aplica a una roca sílica natural que se define como vidrio volcánico con una estructura concéntrica conchada (White, 1985). Es un material granular blanco que pesa cerca de 80 a 130 kg m⁻³ seco y es 16 veces más ligera que la arena. Es un material muy estable en la desintegración (Caraveo, 1994). El agua es absorbida sobre la superficie de la partícula pero no internamente (Sánchez *et al.*, 1981). El pH de este sustrato va de 6.0 a 8.0 y contiene aluminio, potasio y sodio pero esto no provee

ningún daño o beneficio a las propiedades químicas. La perlita es comercializada con distintos nombres y dentro de una gran variedad de tamaños de partículas. Es muy especial la del grado 2, son partículas pequeñas de 1/8 de cm de diámetro aproximadamente y es usada para la germinación de semillas (Hartman y Kester, 1992; White, 1985).

2.7.5 Carbón vegetal

Eleva el pH del sustrato y lo sitúa en un rango óptimo, la proporción del carbón como sustrato debe estar entre 15 y 20 % de la mezcla (Rollke, 2010). Tiene la propiedad de actuar como fungicida natural y como su degradación es lenta le proporciona al sustrato buena porosidad.

2.7.6 Aserrín de pino

Aserrín de madera está constituido básicamente de subproductos de aserraderos. En la región Uruapan, Michoacán y localidades cercanas el aserrín se encuentra en aserraderos activos sin utilidad inmediata.

Este material retiene alta humedad por esto es recomendable mezclarlo con materiales más gruesos. Puede presentar algunos problemas de fitotoxicidad cuando se usa crudo por el contenido de taninos los cuales pueden reducir el crecimiento de las raíces, sin embargo, este problema se corrige con el lavado del mismo, con el composteo o un buen tiempo de almacenamiento, solo hay que tener en cuenta que el aserrín envejecido y composteado puede presentar fermentación ácida y perjudicar el crecimiento de las plantas (Boodley, 1998).

2.8 Contenedores

La producción exitosa de cultivos ornamentales en maceta, requiere de un conocimiento y comprensión del ambiente único encontrado en la maceta y como éste es afectado por las propiedades físicas y químicas de los sustratos utilizados (Cabrera, 1998).

En el cultivo en maceta hay que seleccionar los recipientes tomando en cuenta la humedad que retenga, las macetas de plástico eliminan bien el agua y no se forma humedad por estancamiento y si es transparente se puede vigilar la salud de las raíces, lo contrario de las macetas de arcilla que necesitan una cuidadosa dosificación de riego (Rollke, 2010).

La altura o profundidad del contenedor tiene un efecto marcado sobre el contenido aire en el sustrato, cuanto más alto es el contenedor mayor es el contenido de aire. Cuando se usan contenedores pequeños o poco profundos son preferibles los sustratos con textura gruesa, que mantienen una aireación adecuada (Cadahia, 2000).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área experimental

El presente trabajo se desarrolló en el Invernadero de producción de plantas ornamentales de la Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez” de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo que se localiza a 19°23’41.15” Latitud Norte y 102° 03’ 31.44” Longitud Oeste a una altitud de 1599 m en Uruapan, Michoacán.

3.2 Material vegetal y su cultivo en invernadero

Se utilizaron plantas madre de la orquídea *C. pendula* proporcionadas por el banco de germoplasma del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI) colectadas en diferentes localidades del estado de Michoacán por lo cual presentan de cuatro hasta 16 pseudobulbos (Figura 2). Estas se dividieron con tijeras de podar previamente esterilizadas, para efectuar los cortes se tomaron en cuenta las divisiones naturales que tenía la planta. Posteriormente, éstas se colocaron en macetas de plástico redondas (opacas y transparentes) de 15 cm de diámetro con el sustrato correspondiente y se procedió a sujetarlas con hilo de estambre flexible (Figura 3). Finalmente, se colocaron sobre mesas de malla de alambre con altura de un metro al nivel del suelo, esto para evitar encharcamiento de agua al momento de la fertirrigación y mantener ventilación alrededor de las macetas.



Figura 2. Plantas madre de *C. pendula* proporcionadas por el SINAREFI.

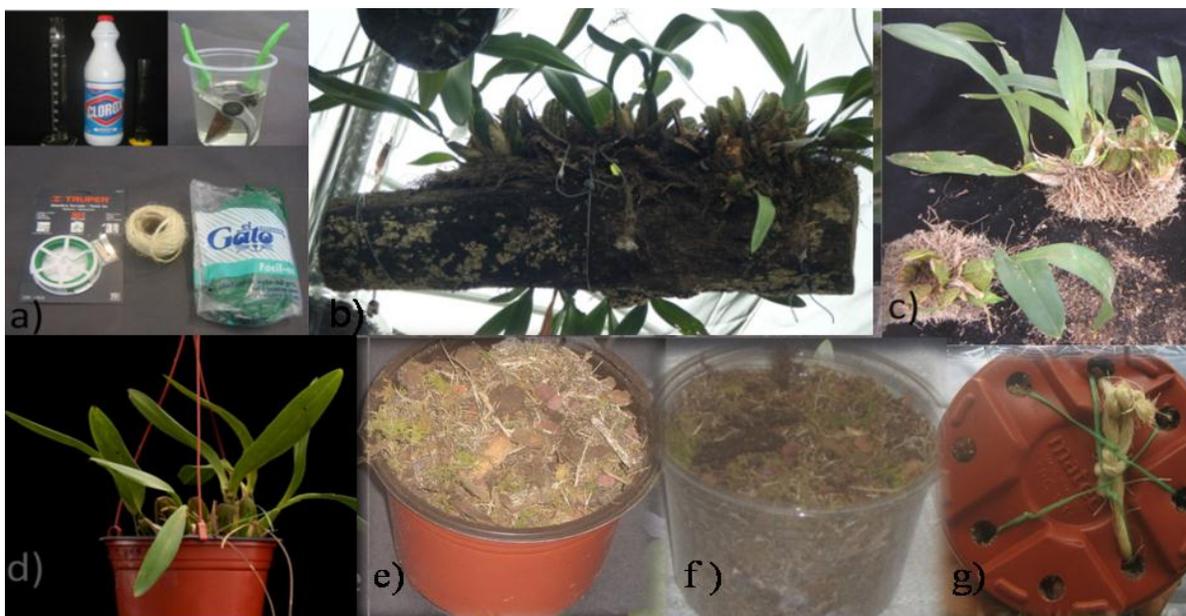


Figura 3. Proceso para el trasplante de *C. pendula* de troncos a maceta a) material para desinfección y para sujetar la planta a la maceta b) planta madre, c) división y eliminación del tejido muerto d) *C. pendula* en maceta opaca, e) inflorescencias de *C. pendula* y g) plantas bajo condiciones de invernadero.

3.3 Sustratos empleados

Con base en experimentos anteriores se seleccionaron los materiales y las proporciones para elaborar las tres mezclas que fueron utilizadas como sustratos para el cultivo de *C. pendula*.

Como fuentes principales para la formulación de los sustratos se utilizó carbón vegetal, tezontle rojo, corteza de encino seca triturada, peat moss (turba canadiense: musgo *Sphagnum* sp.), vermiculita, corteza pino-encino, musgo, bagazo de caña (zafra azucarera) y aserrín.

Inicialmente se elaboraron 7 mezclas, sin embargo, se eliminaron 4 de éstas, entre ellas aquellas que proporcionaban un exceso de retención de humedad o las que contenían fibra de coco el cual proporciona un alto contenido de sales, estos dos factores provocaron la muerte inmediata de las orquídeas cultivadas en ellos, por esto se eliminaron algunos materiales y se modificaron las proporciones de las otras mezclas.

Las tres mezclas utilizadas en esta investigación constituyeron de los siguientes materiales: corteza de encino, tezontle, peat moss®, carbón vegetal, musgo, bagazo de caña, corteza pino-encino, aserrín y perlita® (Figura 4). La mezcla 1 se elaborada de corteza de encino, carbón, tezontle peat moss® y perlita proporción (2:1:1:0.5:0.5) también denominada Czatepempe. La mezcla 2 consistió de corteza pino-encino, carbón, aserrín, tezontle (1:2:2:1) también nombradaCopecaaste. La mezcla 3 consistió de bagazo de caña, tezontle, musgo y corteza pino-encino denomina Bactemucope, estas mezclas tienen 60, 66.6 y 80 % de proporción orgánica respectivamente (Cuadro 5).



Figura 4. Sustratos utilizados para el cultivo de *C. pendula* con un diámetro de 0.25 a 2.0 cm a) carbón vegetal b) musgo c) aserrín d) corteza pino-encino e) tezontle f) bagazo de caña g) perlita h) corteza de encino i) peat moss.

Cuadro 5. Componentes de las tres mezclas con diferentes materiales y sus proporciones para el cultivo de *C. pendula*.

Materiales	M1 (2:1:1:0.5:0.5)	M2 (1:2:2:1)	M3(2:1:1:1)
	(%)		
Corteza de encino	40	16.6	-
Corteza pino-encino	-	-	40
Bagazo de caña	-	-	20
Tezontle	20	33.3	20
Musgo	-	-	20
Aserrín	-	33.3	-
Perlita	10	-	-
Carbón	20	16.6	-
Peat-moss®	10	-	-

M = mezcla.

3.4 Soluciones nutritivas suministradas

Se realizó un análisis químico al agua de grifo con la cual se realizaron las soluciones nutritivas en el laboratorio agrícola acreditado en *ISO 17025:2005* “Agrolab“, donde se obtuvieron los siguientes resultados pH = 7.73, conductividad eléctrica de 0.183 dS/m y el contenido de sales los estos valores se le restaron a las sales que componen la solución Steiner (Cuadro 6). Con estos valores se concluye que el agua tiene un peligro de salinidad bajo y es necesario ajustar todas las soluciones a un pH = 5.5.

Durante la fertilización de *C. pendula* se utilizó la solución universal Steiner a 25 y 50 % (Cuadro 7) y 50 % modificada además de un control, es decir, sin la solución con solo agua de la llave (Cuadro 9). La solución al 50 % modificada tuvo una relación N-NO₃ 80 % y amonio 20 % respecto al nitrógeno total que contiene la SN Steiner, es decir, del nitrógeno total que tiene la SN el 80 % está en forma nítrica y el 20 % amoniacal, las fuentes de nutrimentos utilizados fueron de grado comercial (Cuadro 8). Se adiciono Kelatex® como

fuente de micronutrientes. El pH se ajustó a 5.6-5.7 y el potencial osmótico a -0.036 MPa, para las soluciones al 50 % y -0.018 para la solución al 25 % con el método propuesto por Juárez *et al.* (2006).

Cuadro 6. Análisis químico del agua empleada para la preparación de las soluciones nutritivas. Unidades en meq/L.

Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	PO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻
0.7	0.56	0.58	0	0.02	0.09	0.96	0.28	0.24

Cuadro 7. Cantidad de sales comerciales para la preparación de la Solución universal Steiner al 0, 25 y 50 % expresada en gramos para 450 litros.

Fertilizante Comercial	Concentración de la solución nutritiva Steiner (%)		
	0 (Testigo) (g)	25 (g)	50 (g)
Nitrato de calcio	0	119.51	239.03
Nitrato de potasio	0	34.08	68.17
Sulfato de potasio	0	29.406	58.81
Sulfato magnesio	0	55.43	110.87
Fosfato de potasio	0	15.310	30.62
Kelatex	0	0.2	0.1

Cuadro 8. Fuentes de fertilizantes comerciales para la preparación de la solución nutritiva de Steiner (Steiner, 1984).

Fuente	Peso molecular	Peso equivalente	Mol _c m ⁻³	g L ⁻¹
Ca (NO ₃) ₂ 4 H ₂ O	236.15	118.08	9	1.062
KNO ₃	101.10	101.10	3	0.303

K ₂ SO ₄	174.30	87.15	3	0.260
MgSO ₄ 7H ₂ O	246.50	123.25	4	0.492
KH ₂ PO ₄	136.09	136.09	1	0.136

Cuadro 9. Gramos de sales comerciales para la preparación de la Solución universal Steiner con relación 80 - 20 NO₃/ NH₄ para 450 L a diferentes porcentajes.

Fertilizante Comercial	Concentración porcentual de la solución nutritiva (%)	
	50	25
Nitrato de calcio	239.03	119.51
Nitrato de potasio	13.635	6.8175
Sulfato de potasio	105.86	52.93
Sulfato de magnesio	110.86	55.43
Fosfato de potasio	30.620	17.87
Sulfato de amonio	35.748	15.31

3.5 Temperatura y humedad relativa

Se colocaron cuatro ventiladores y malla sombra del 80 % dentro del invernadero a una altura de tres metros del nivel de las orquídeas para evitar cambios bruscos de temperatura (Figura 5).

La temperatura y humedad relativa mínima y máxima en el invernadero se registró diariamente mediante un datalogger HOB0[®].

La temperatura en los meses de febrero a mayo fluctuó de 8-38°C (Figura 6). La humedad relativa mínima fue 24 % y la máxima del 100 % (Figura 7).



Figura 5. Invernadero de producción de plantas ornamentales con malla al 80 % de sombreado.

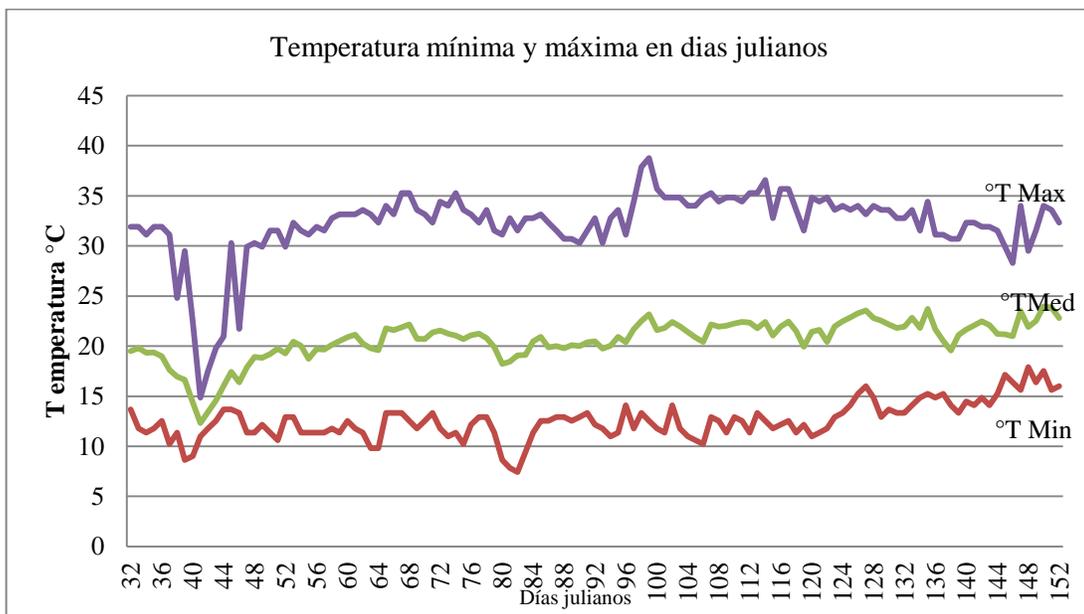


Figura 6. Temperatura, mínima y máxima mensual en el invernadero durante los meses enero a mayo.

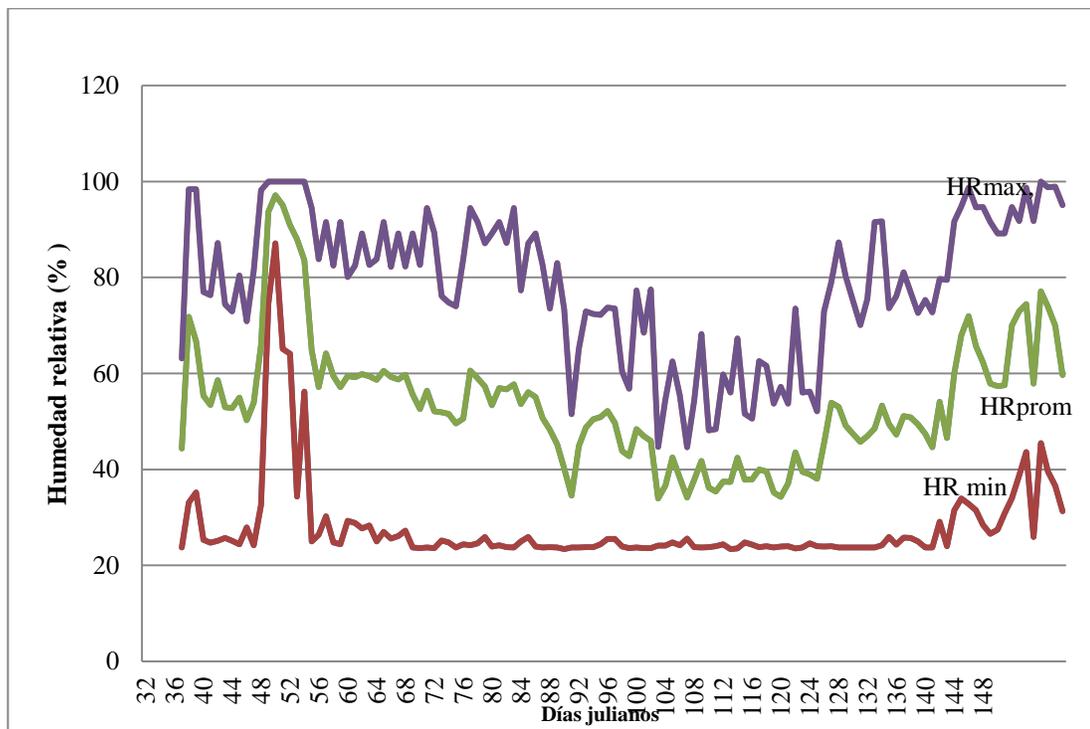


Figura 7. Humedad relativa mínima y máxima registrada de enero a mayo en el invernadero

3.6 Diseño de tratamientos

Se utilizó un diseño factorial 2x3x4 completamente al azar con 120 unidades experimentales distribuidas en 24 tratamientos con cinco repeticiones (Figura 8).

Los factores de estudio fueron: el tipo de contenedor (transparente y opaco), tres mezclas elaboradas con diferentes materiales, mezcla-1: corteza de encino, tezontle, carbón, peat-moss[®] y perlita en proporción (2:1:1:0.5:0.5) denominada Zcatepempe; mezcla-2: corteza de encino, tezontle, aserrín y carbón (1:2:2:1) denominada Copecaaste, mezcla-3: corteza pino-encino, bagazo de caña, tezontle y musgo (2:1:1:1) denominada Bactemucopey la solución nutritiva Steiner 0, 25, 50 % y 50 % modificada, en esta última el 80 % del N total está en forma de NO₃ el 20 % en forma de NH₄⁺ (Cuadros 7 y 9). Con el programa Statistical

Analysis System versión 9.0 se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias entre tratamientos (Tukey, 0.05).



Figura 8. Tratamientos para evaluar el efecto tipo maceta, sustratos y soluciones nutritivas Steiner a 0, 25, 50 y 50 % modificada con 20 % N-NH₄ para el desarrollo de *C. pendula*. M=maceta, Cza= corteza, Ca= carbón, Tezontle, Pem= peatmoss Pe= perlita, Cope=corteza pino-encino, As=aserrín Bac= bagazo de caña y Mu=musgo.

3.7 Caracterización físico-química de los sustratos empleados

Se tomaron 500 g de cada sustrato y se pasó por tamices con mayas de diferente diámetro: <0.25, 0.25-0.9, 1-5.36, 10-17, 18-20 y >20, para determinar el tamaño de las partículas que componen los tres sustratos empleados en el cultivo de *C. pendula*, para el sustrato Czacatepembe el tamaño de las partículas varía de 1 - 20 mm , donde el 45 % de estas tienen un tamaño 6.3 a 9 mm, para el Copecaaste el tamaño de las partículas varía de 0.25 - 20mm donde el 51.27 % estas tiene un diámetro de 6.36-9 mm y para el sustrato Bactemucope las partículas varían de 0.25-17 mm(Figura 9). Las propiedades químicas como pH se midió con el pH meter HORIBA[®] y conductividad eléctrica se midió con un conductronic CL35[®] (Cuadro 10), en laboratorio de suelos del Colegio de Posgraduados Campus Montecillo se analizaron las propiedades físicas (Cuadro 11).

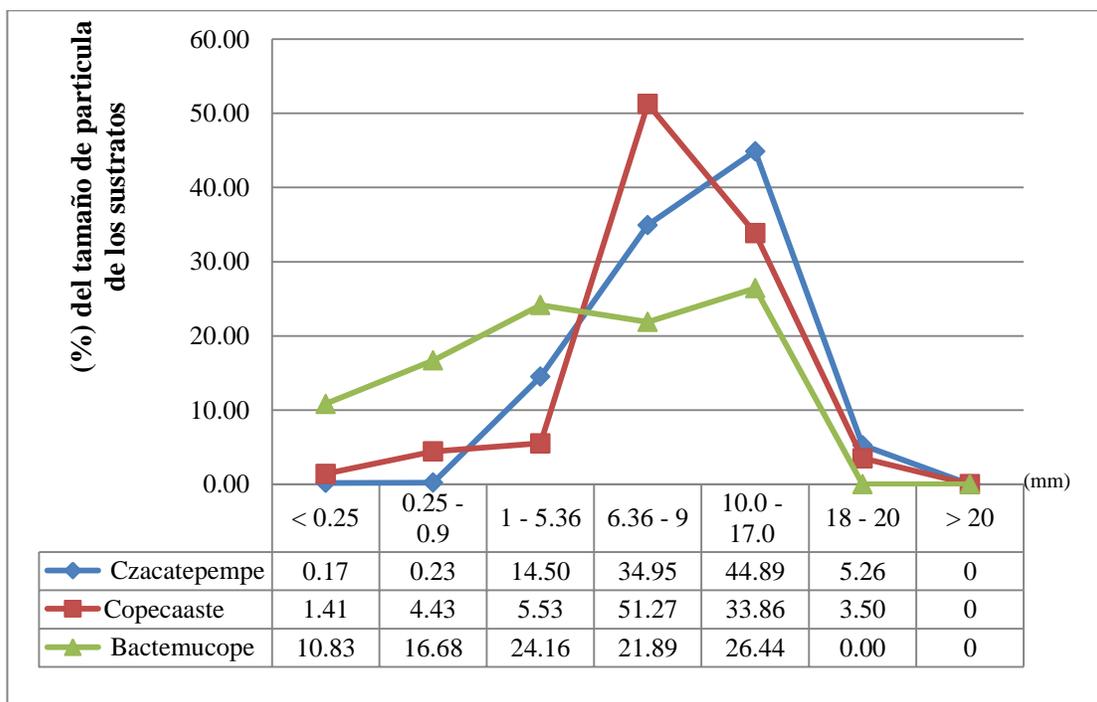


Figura 9. Curva granulométrica de los sustratos utilizados en el cultivo de *C. pendula*.

Cuadro10. Conductividad eléctrica y pH de los sustratos y sus componentes.

Sustrato	pH	CE (dS·m ⁻¹)
Czacatepembe	7.3	2.0
Copecaaste	7.3	1.0
Bactemucope	5.2	0.2
corteza encino	6.6	0.9
Tezontle	6.7	0.0
Bagazo de caña	5.7	0.2
Musgo	5.5	1.0
Aserrín	3.0	0.4
Carbón vegetal	8.8	2.0
Perlita	6.3	0
Peat-moss	6.3	0.9
Compost pino-encino	3.8	0.2

Cuadro 11. Propiedades físicas de los sustratos y sus componentes.

	%Pt	Pai	% prH	Da (g mL ⁻¹)
M1	72	51	21	0.38

M2	72	36	36	0.47
M3	81	48	34	0.19
compost pino-encino	80	45	35	0.18
corteza encino	79	56	23	0.24
Tezontle	70	57	13	0.71
Bagazo de caña	90	41	49	0.08
Musgo	93	51	42	0.06
Aserrín	89	18	71	0.17
Carbon vegetal	75	57	18	0.25
Perlita	79	35	44	0.11
peat-moss	86	14	72	0.09

(% Pt) = porcentaje de porosidad total, (Pai) = porosidad de aireación, (% prH) porosidad de retención de humedad y (Da) densidad aparente.

3.8 Fertirrigación

Una vez determinado el diseño experimental, se procedió a establecer el sistema de riego por goteo ajustándolo al diseño que consistió en cuatro tinacos con capacidad de 450 L. El primer tinaco con agua corriente ajustada a un pH = 5.5, se programó para realizar un riego diario por nebulización a todos los tratamientos, mediante este mismo se suministró agua por goteo a los tratamientos con 0 % de solución Steiner y 40 mL de agua por goteo a cada planta diariamente en los meses más calurosos (abril y mayo) en los meses restantes solo se suministró 30 mL, el segundo y tercer tinaco suministran solución Steiner a 25 y 50 % respectivamente y el cuarto tinaco suministra la solución Steiner modificada con la relación nitrato-amonio 80 - 20. Cada uno de los cuatro tinacos llevan una línea primaria con 30 goteros de riego que suministran la solución a los tratamientos correspondientes programados un reloj electrónico para aplicar un riego a las 8:00 h cada tercer día durante los meses de enero y febrero, cada riego aplicado proporciono 30 mL de solución nutritiva a cada unidad experimental (Figura 10).



Figura 10. Plantas de *C. pendula* fertirrigadas con solución Steiner en invernadero al a) 0, b) 25, C) 50% y d) 50% modificada con relación nitrato-amonio 80-20.

3.9 Variables del estudio

Ancho y Longitud de las hojas. *C. pendula* produce solo dos hojas por cada pseudobulbo que genera, estas se enumeraron como: hoja uno y hoja dos, la hoja dos envuelve a la hoja uno, con un vernier digital se midieron las dos hojas.

Ancho y diámetro y longitud del pseudobulbo. Con un vernier digital se midió el pseudobulbo generado más recientemente por la planta.

Área foliar. Para esta variable se utilizó el equipo “portable laser leaf area meter CL-202”, con el cual se midió la hoja uno y dos de manera individual, posteriormente se sumaron las dos hojas para obtener el área total.

Número de flores. Se cuantificó el número flores por planta.

Número de brotes vegetativos. A cada planta se le contabilizo el número de brotes vegetativos generados.

Longitud de la vara floral. Se utilizó una cinta métrica para medir desde donde inicia hasta la punta sin tomar en cuenta la flor.

Porcentaje de plantas que florecieron. Cada tratamiento se conformó con cinco repeticiones equivalente al 100 %, se contabilizaron las plantas que florecieron por tratamiento y se expresó en porcentaje.

Vida post-cosecha de las inflorescencias. Se registró Inicio y fin de la floración a partir de que abrió la primera flor hasta que murió aproximadamente el 50 % de las flores de la vara floral, para realizar la corrida solo se tomaron en cuenta los tratamientos donde al menos florecieron dos de sus cinco repeticiones.

Longitud y ancho de las inflorescencias. Con un vernier digital se midió de manera vertical longitud y de manera horizontal la amplitud de todas las flores. Para realizar el análisis de varianza se tomaron en cuenta tres flores por planta, la primera, la central y la última flor. Para este análisis de varianza solo se analizaron las plantas de 17 tratamientos que florecieron.

Longitud y amplitud del labelo. Con el vernier digital se midió la longitud y amplitud del pétalo modificado (labelo). Para realizar el análisis de varianza se tomaron en cuenta los labelos tres flores por planta, la primera, la central y la última flor. Para este análisis de varianza solo se analizaron las plantas de 17 tratamientos que florecieron.

Concentración de clorofila total *in situ*. Después de haber fertirrigado con solución nutritiva durante los meses de enero y febrero cada tercer día, se tomaron las lecturas con el SPAD-502 plus a los 61, 98 y 128 días después de establecido el experimento, para esta variable se obtuvo el promedio de 8 lecturas, cuatro a la hoja uno y cuatro a la hoja dos del pseudobulbo generado más recientemente y posteriormente se promedió.

Longitud de la vara floral (escapo). Se midió con una cinta métrica de la base donde inicia hasta la punta de la última flor.

Emergencia del escapo floral. Se contaron los días transcurridos después de establecido el experimento hasta que emergió el escapo.

Diámetro del escapo floral. Se midieron con vernier digital a dos centímetros de la base.

Distancia entre la primera y última flor. Con una cinta métrica se midió la distancia en cm tomando como primero flor la más cercana a la vara floral.

Distancia entre la primera y segunda flor. La **distancia** a del nudo de la primera a segunda flor con un vernier digital.

Las variables se tomaron después de haber aplicado las soluciones nutritivas durante 60 días en los meses de enero y febrero.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Pseudobulbos

La interacción entre los factores sustrato*maceta*solución nutritiva Steiner (SUS*MA*SN) afectó de manera significativa ($P \leq 0.5$) el ancho transversal de los pseudobulbos. De manera independiente los factores sustrato (Sus) y solución nutritiva Steiner (SN) influyeron sobre la longitud y el ancho transversal de los pseudobulbos, respectivamente. No hubo diferencia significativa para el ancho lateral de los pseudobulbos (Cuadro 12).

Cuadro 12. Cuadrados medios del análisis de varianza para el efecto del tipo de maceta, sustrato y solución nutritiva Steiner sobre las variables morfológicas de pseudobulbos y hojas de *C. pendula*.

F V	GL	Pseudobulbos		Hojas		
		Ancho Transversal	Ancho Lateral	Longitud	Ancho	Longitud
Sustrato(SUS)	2	59.9 ^{NS}	52.5 ^{NS}	592.1*	325.4***	4.1 ^{NS}
Maceta (MA)	1	23.03 ^{NS}	71.7 ^{NS}	0.8 ^{NS}	149.4*	13.5 ^{NS}
Solución nutritiva(SN)	3	291.5***	15.1 ^{NS}	318.3 ^{NS}	227.8***	29.5 ^{NS}
MA*SUS	2	15.8 ^{NS}	42.4 ^{NS}	59.8 ^{NS}	27.6 ^{NG}	42.3*
MA*SN	3	153.0*	7.0 ^{NS}	118.2 ^{NS}	45.8 ^{NG}	24.0 ^{NS}
SUS*SN	6	66.4 ^{NS}	50.9 ^{NS}	187.1 ^{NS}	114.3**	51.8***
MA*SUS*SN	6	104.9*	141.7 ^{NS}	302.5 ^{NS}	170.4***	40.43**

NS: no significativa; (*) $P \leq 0.5$, (**) $P \leq 0.01$ y (***) $P \leq 0.001$.

El valor numérico más alto (44.9 mm) de ancho transversal se obtuvo en los pseudobulbos de las plantas cultivadas en corteza pino-encino, carbón, aserrín y tezontle 1:2:2:1 (Copecaste) en maceta transparente con SN a 25%. En contraste las plantas cultivadas con la combinación del sustrato bagazo de caña, tezontle, musgo y corteza pino-encino 2:1:1:1 (Bactemucope) en

maceta transparente y SN modificada a 50 % redujeron en 44.32 % el ancho transversal de sus pseudobulbos (Figura 11). Por lo tanto el crecimiento del pseudobulbo de *C. pendula* depende de en gran medida de las características de sustrato y la fuente de nitrógeno suministrada.

Con el sustrato (Copecaste) se obtuvo el mejor crecimiento de los pseudobulbos, el cual tiene una retención de humedad 36 % y porosidad de 72 %. Esto concuerda con Luyando (2011) quien probó diferentes mezclas de sustratos y obtuvo el mejor crecimiento de los pseudobulbos en plantas *Laelia autumnalis* cultivadas en macetas de plástico en la mezcla a base de aserrín, composta, viruta y musgo (1:1:1:1), sustrato con una retención de humedad del 20 %, y una porosidad total del 82 %.

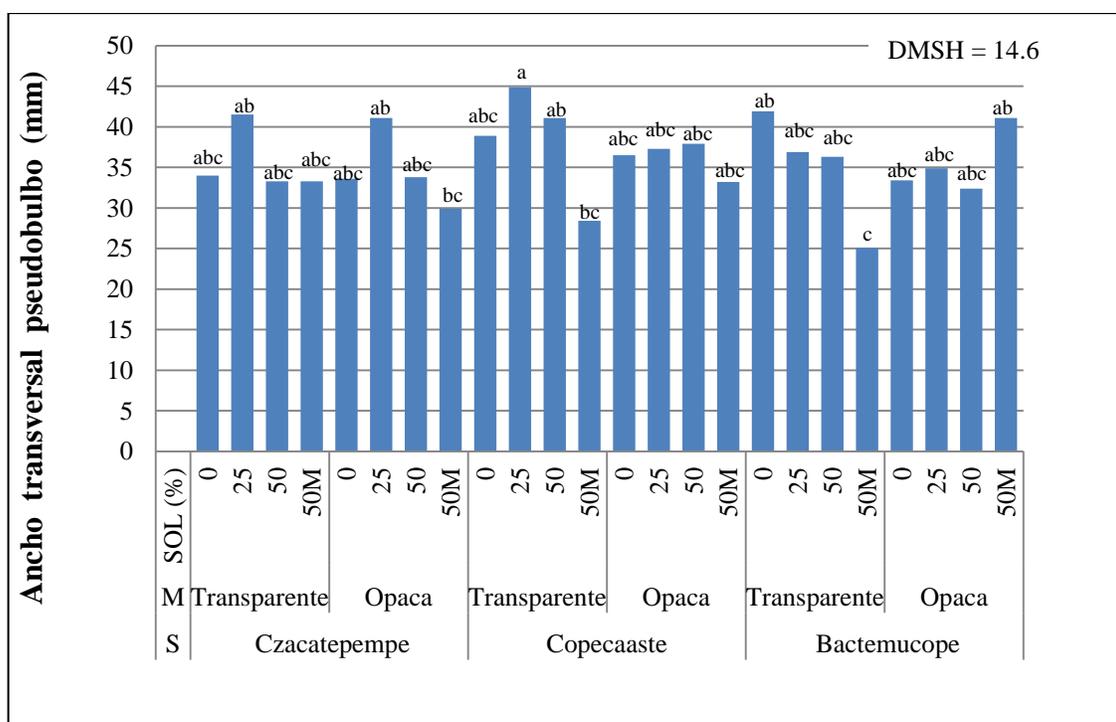


Figura 11. Efecto de la interacción del tipo de sustrato, maceta y solución nutritiva Steiner, sobre el ancho transversal de pseudobulbos de *C. pendula* Czacatepembe=corteza, carbón, tezontle, peatmoss y perlita (2:1:1:0.5:0.5). Copecaste=compost pino-encino, carbón, aserrín y tezontle (1:1:2:2). Bactemucope=bagazo de caña, tezontle, musgo, compost pino-encino (1:1:1:2) M = maceta. SN = (solución nutritiva) y Mod=modificada con 20 % amonio.

Con respecto a los pseudobulbos de las orquídeas epifitas, estos son órganos que tienen la capacidad de almacenar agua, hidratos de carbono y nutrientes que les permite crecer y sobrevivir en diversos climas (Arditti, 1992; Ng y Hew, 2000), esta acumulación activa de nutrientes minerales es la principal fuente de reserva para el desarrollo de los brotes florales, en *Catasetum viridiflavum* el desarrollo del pseudobulbo también demostró ser importante para determinar el número de flores producidas (Zimmerman, 1990). Sin embargo, La absorción de agua y nutrientes a través de las raíces aéreas en orquídeas epifitas cultivadas en contenedores es insignificante para su crecimiento, a menos que estas estén en estrecho contacto con el sustrato (Dycus y Knudsen, 1957). Probablemente los contenedores transparente contribuyan a un buen desarrollo del sistema radical y por consiguiente al buen crecimiento del pseudobulbo, debido a que permiten que la luz penetre, y se cree que promueve la entrada de raíces de epifitas en el sustrato (Wang *et al.*, 2007) y por lo cual facilita una mayor entrada de agua y la absorción de nutriente ya que más raíces están en contacto con el sustrato (Wang y Greg, 199):

En cuanto a la longitud del pseudobulbo de plantas de *C. pebdula*, el sustrato que mayor efecto tuvo en su crecimiento fue Bactemucope con (72 mm), el cual aumento 11 % su longitud al compararlo con el sustrato Zacatepembe donde los pseudobulbos no rebasaron los 74 mm de longitud (Figura 12). Este órgano tiene la capacidad de almacenar agua (Arditti, 1992), en *Oncidium goldiana* mantiene hasta 90 % de agua (Hew y Ng, 1996), por tanto el

aumento de tamaño del pseudobulbo de las plantas de *C. pendula* cultivadas en el sustrato Bactemucope se explica por qué este, es el sustrato que retiene mayor porcentaje de retención de humedad (36 %).

Esto esta indica que las proporciones y de los materiales utilizados para elaborar esta mezcla, proporcionan propiedades adecuadas para el crecimiento de esta planta.

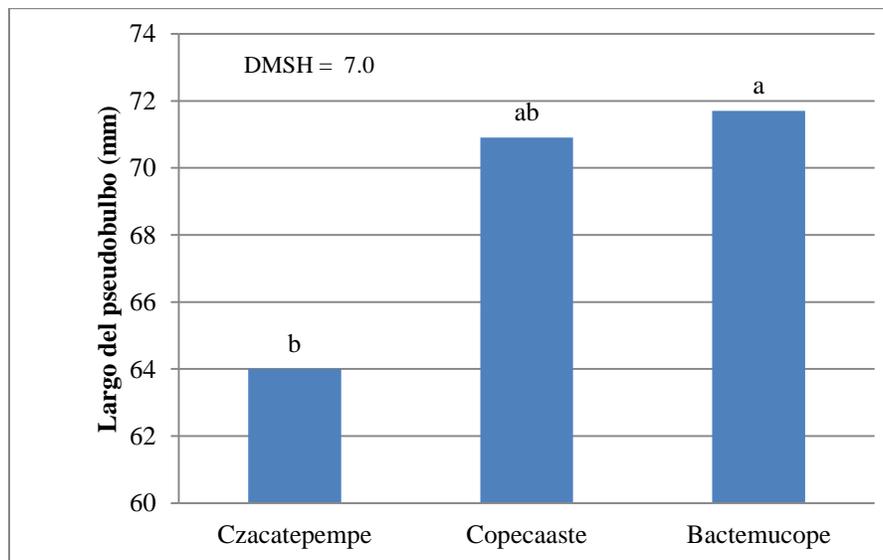


Figura 12. Largo del pseudobulbo. Czacatepembe = corteza, carbón, tezontle, peatmoss y perlita (2:1:1:0.5:0.5). Copecaaste = compost pino-encino, carbón, aserrín y tezontle (1:1:2:2). Bactemucope = bagazo de caña, tezontle, musgo, compost pino-encino (1:1:1:2)

4.2Hojas

La interacción de los tres factores evaluados (SUS*MA*SN) influyó de forma significativa en el ancho y largo de las hojas de *C. pendula* ($P \leq 0.001$ y $P \leq 0.01$, respectivamente). De manera independiente los factores SUS, MA y SN influyeron en el ancho de la hoja pero no en su longitud; la interacción SUS*SN influyó en el ancho y largo de las hojas y la interacción MA*SUS sólo influyó en la longitud (Cuadro 12).

La Figura 13A indica que con la combinación del sustrato Czacatepembe maceta opaca SN a 50 % modificada con 20 % $N-NH_4^+$ disminuyó 32.9 % el ancho de las hojas al

compararlo con las plantas cultivadas en sustrato Copecaaste en maceta transparente y SN a 25 %.

Las hojas más largas (24.22 cm) se obtuvieron con el sustrato Czacatepembe en maceta transparente y sin SN; en contraste, la combinación sustrato Czacatepembe en maceta opaca y SN modificada al 50 % disminuyó la longitud de las hojas en 31.46 % (Figura 13B).

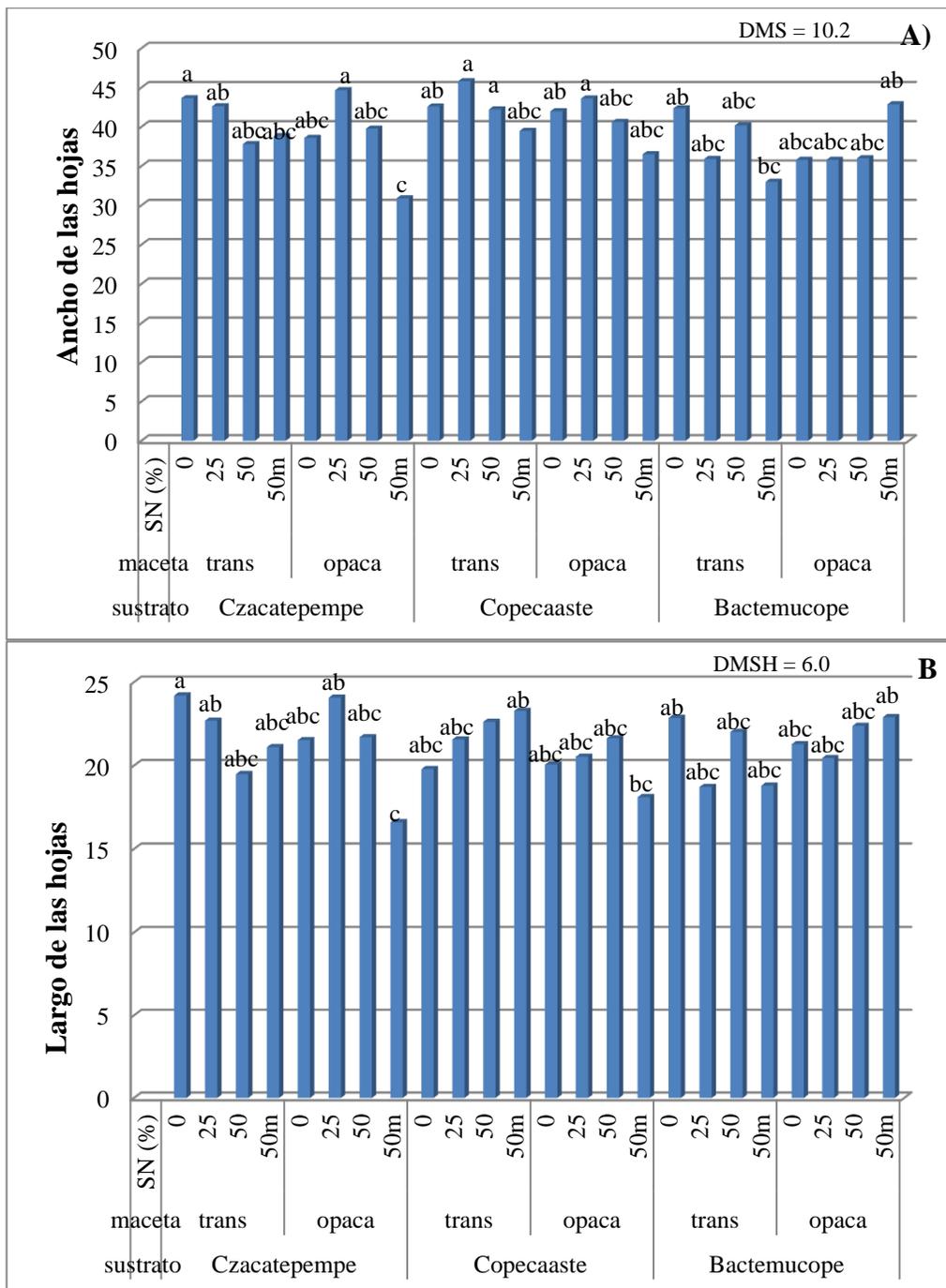


Figura 13. Efecto de la interacción del tipo de sustrato, maceta y solución nutritiva sobre ancho(A) y largo(B) de hojas de *C. pendula*.

Esta reducción en el tamaño de las hojas puede deberse a que el de $N-NH_4^+$ puede inducir toxicidad en la planta (Santamaria *et al.*, 1999), además la SN a 50 % puede ser una

concentración muy alta para la orquídea *C. pendula*. Lee y Lin (1987) encontraron que la solución Johnson (0.224 g L⁻¹ de N) dio como resultado el mejor crecimiento de hojas de *Phalaenopsis*, lo que concuerda con la dosis de SN Steiner a 25 % donde se obtuvo el ancho más alto de las hojas. Por el contrario, Wang y Gregg (1994) obtuvieron hojas más largas y anchas en *Phalaenopsis* al aumentar la fertilización de 0.25 a 1 g L⁻¹ de la fórmula 20N-8.6P-16.6K independientemente del sustrato utilizado.

En orquídeas se ha documentado que los componentes del sustrato y sus características físico-químicas influyen en la disponibilidad de los nutrientes (Wang, 1995; Wang, 1998). Wang y Gregg (1994) obtuvieron hojas más anchas en *Phalaenopsis* con un sustrato a base perlita, carbón y metro mix 250[®] (medio comercial que contiene peatmoss[®], perlita, vermiculita, corteza, arena y granito con un pH y carga de nutrientes balanceados) en proporción 1:1:1.

4.3 Inflorescencias

De los 24 tratamientos estudiados, sólo 17 indujeron la floración de plantas. En el análisis de varianza se observó que la interacción de los factores SUS*SN, al igual SUS y SN de forma independiente afectaron significativamente ($P \leq 0.001$) el ancho y longitud de la flor y el labelo. La interacción MA*SN influyó en el ancho de la flor y la longitud del labelo, el factor MA sólo afectó el ancho del labelo (Cuadro 13).

Cuadro 13. Cuadrados medios análisis de varianza para el efecto del tipo de maceta, sustrato y solución nutritiva Steiner en el ancho y longitud de flor y labelo de *C. pendula*.

F V	G L	Flor		Labelo	
		Ancho	Longitud	Ancho	Longitud
Sustrato (SUS)	2	188.8**	302.0***	301.4***	67.8***
Maceta (MA)	1	28.5 ^{NS}	11.6 ^{NS}	95.0**	4.1 ^{NS}
Solución nutritiva (SN)	3	357.9***	378.9***	267.6***	79.6***
MA*SUS	2	7.0 ^{NS}	43.3 ^{NG}	8.2 ^{NS}	11.4 ^{NS}
MA*SN	3	154.7**	32.6 ^{NS}	24.8 ^{NS}	21.8*
SUS*SN	5	429.4***	314.4***	72.2***	66.6***
MA*SUS*SN	0	. ^{NS}	. ^{NS}	. ^{NS}	. ^{NS}

NS: no significativa; (*) $P \leq 0.5$, (**) $P \leq 0.01$ y (***) $P \leq 0.001$.

La Figura 14A muestra que las flores más anchas (46.93 mm) se obtienen con el sustrato Czacatepembe en maceta opaca sin SN; en contraste, con este mismo sustrato y maceta, al aumentar la SN a 50 % disminuye el ancho en 57.87 % si se fertiliza con $N-NO_3^-$ y 41.67 si se adiciona 20 % $N-NH_4^+$. Resultados similares obtuvieron Chang *et al.* (2010) quienes probaron diferentes dosis de fertilización (10-30-20, 20-20-20-20 y 30-10-20) en *Doritaenopsis* y observaron que al incrementar fertilización con nitrógeno disminuye la anchura de los pétalos.

Por otro lado, hay un efecto claro por el factor sustrato en el ancho de flor ya que al comparar este tratamiento con el efecto de la interacción sustrato Copecaaste, maceta opaca y sin SN este último disminuye el ancho en 31.5 %; con el sustrato Bactemucope maceta transparente y SN a 50 % modificada también se reduce en 27.71 % con diferencia estadística significativa

La mayor la longitud de la flor (48.52) se obtuvo con la combinación de sustrato Bactemucope, maceta transparente sin SN, en contraste la menor longitud (18.9 y 27.3 cm) se

registró con la interacción de sustrato Czatepembe maceta opaca con solución nutritiva a 50 % ó 50 % modificada con amonio, donde la longitud de la flor se reduce en 60.9 % y 43.7 %, respectivamente (Figura 14B). Con respecto al efecto del sustrato, Wang y Greeg (1994) obtuvieron flores más grandes por el efecto de sustrato conformado (perlita mediana Metro Mix 250[®] y carbón1:1:1) en comparación con el medio a base de la perlita y lana de roca (1:1). El nivel de fertilizantes (0.25, 0.5, y 1.0 g L⁻¹) con la fórmula 20N-8.6P-16.6K no tuvo ningún efecto en el tamaño de la flor en el primero de dos ciclos de floración en *Phalaenopsis*.

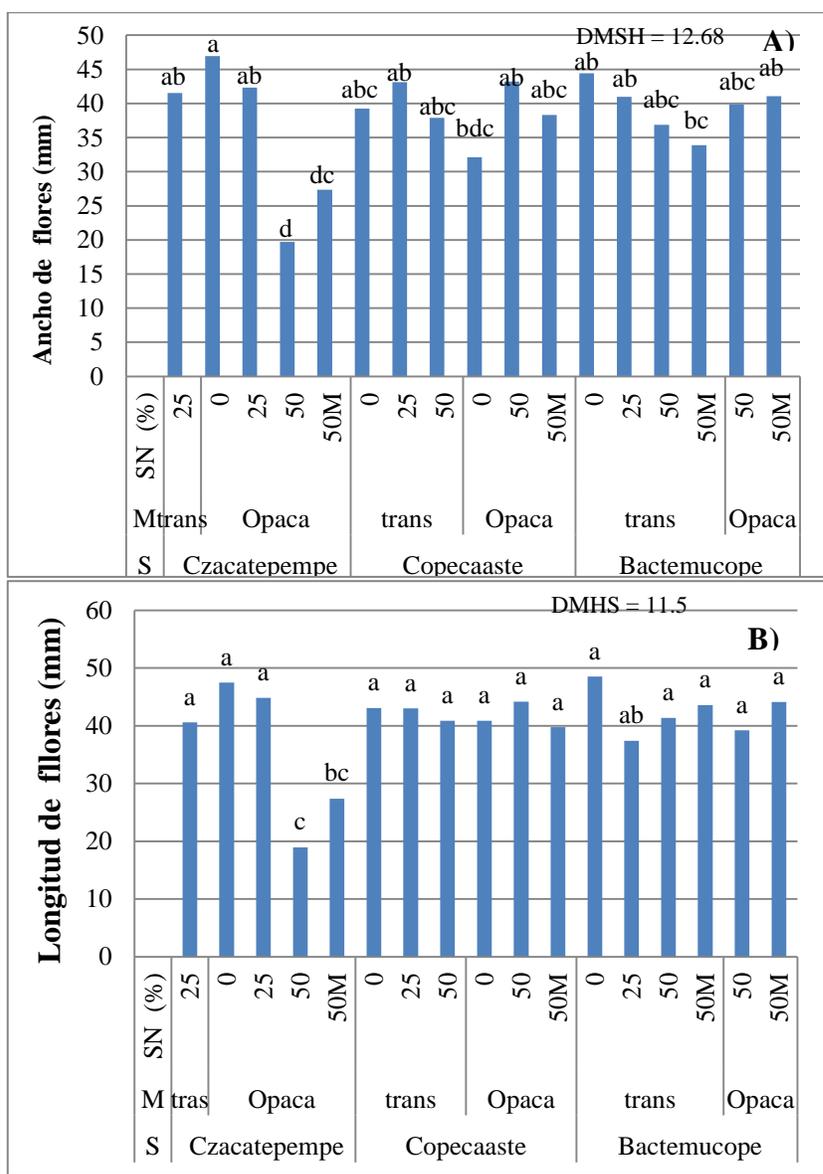


Figura 14. Interacción del tipo de sustrato, maceta y solución Steiner en el ancho A) y la longitud B) de las inflorescencias de *C. pendula*.

Las flores con labels más anchos (32.14 mm) se obtuvieron en plantas cultivadas en sustrato Czacatepembe en maceta opaca y solución nutritiva a 25 %; en contraste al incrementar la solución nutritiva a 50 % con $N-NO_3^-$ o 20 % $N-NH_4^+$ esta variable disminuye en 73 y 56 % respectivamente. Con la combinación del sustrato Bactemucope maceta transparente y solución nutritiva a 50 % el labelo es 23 % menos ancho comparado con el mejor tratamiento (Figura 15A).

Se obtuvo efecto similar en la longitud del labelo. La combinación del sustrato Czacatepempe, maceta opaca con SN a 50 % normal ó 50 % modificada, disminuye la longitud en 47 % y 33 %, respectivamente al comparada con el valor de la longitud más alta (26.18 mm) registrada con la interacción del sustrato Bactemucope en maceta transparente y sin SN (Figura 15B). Resultados similares obtuvo Ichihashet *al.* (2000) donde fertilizar con ($82.7 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NO}_3^- + 26.2 \text{ mgL}^{-1} \text{ N-NH}_4^+$) no hubo diferencia mínima significativa, sin embargo, al aumentar la fertilización con N-NH_4^+ ($82.7 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NO}_3^- + 166.2 \text{ mgL}^{-1} \text{ N-NH}_4^+$) se retrasó la floración y se redujo el tamaño de las flores de plantas *Phalaenopsis*.

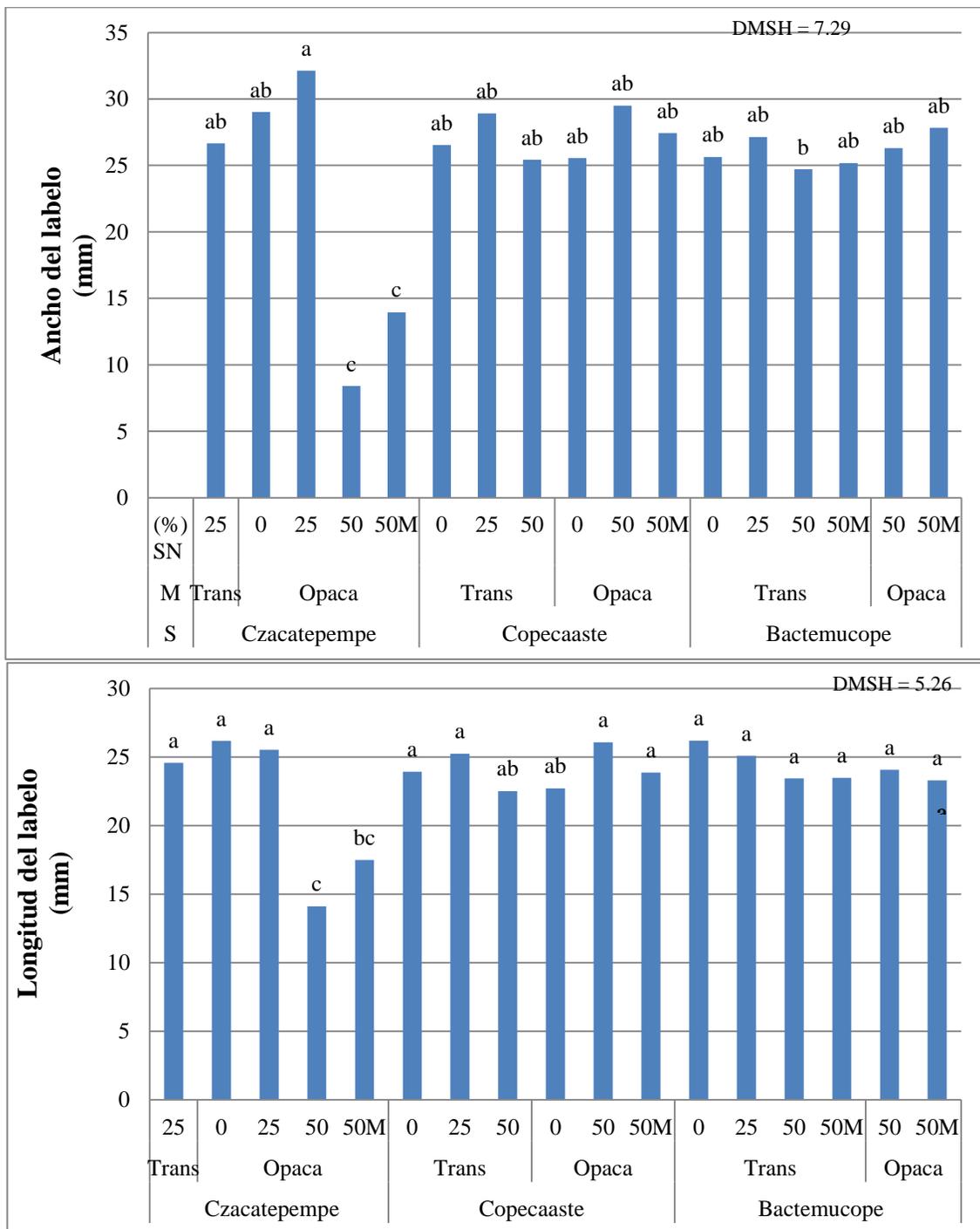


Figura 15. Influencia de la interacción del sustrato, maceta y solución nutritiva entre tratamientos sobre el ancho A) y longitud B) del labelo.

4.4 Área foliar, número de flores y brotes vegetativos

La interacción de los factores MA*SUS*SN y SUS*SN influyeron significativamente ($P \leq 0.001$) en el área foliar; la interacción MA*SUS lo hizo en el número de flores y de forma independiente el SUS influyó en el número de escapos y la SN en el número de brotes y área foliar (Cuadro 14).

Cuadro 14. Cuadrados medios del análisis de varianza para el efecto del sustrato, maceta y solución nutritiva Steiner sobre el área foliar, número de flores, brotes vegetativos y escapos de *C. pendula*.

F V	G L	Área Foliar	Número de flores	Número de Brotes	Número de escapos
Sustrato (SUS)	2	554.9 ^{NS}	95.0 ^{NS}	1.1 ^{NS}	0.08*
Maceta (MA)	1	384.8 ^{NS}	9.6 ^{NS}	1.6 ^{NS}	0.03 ^{NS}
Solución nutritiva (SN)	3	1125.1*	45.1 ^{NS}	1.8*	0.33 ^{NS}
MA*SUS	2	646.2 ^{NS}	200.1**	0.7 ^{NS}	1.5 ^{NS}
MA*SN	3	490.0 ^{NS}	58.7 ^{NS}	0.2 ^{NS}	0.27 ^{NS}
SUS*SN	6	1122.0**	82.0 ^{NS}	0.4 ^{NS}	0.94 ^{NS}
MA*SUS*SN	6	603.3***	34.15 ^{NS}	1.7	0.28 ^{NS}

NS: no significativa; (*) $P \leq 0.5$, (**) $P \leq 0.01$ y (***) $P \leq 0.001$.

Las plantas con mayor valor de área foliar (92.74 cm^2) se obtuvieron con la combinación del sustrato Czacatepembe en maceta opaca y SN a 25 %, en contraste, las plantas cultivadas con este mismo sustrato (Czacatepembe) y misma maceta (opaca) solo que tratadas con SN a 50 % modificada con N-NH_4^+ , el área foliar disminuyó 46 %, Sin embargo este efecto negativo del N-NH_4^+ es revertido por la maceta transparente, ya que se puede observar que las plantas cultivadas con la combinación de la SN 50 % modificada con N-NH_4^+ sustrato Czacatepembe solo que en maceta transparente presentaron una área foliar estadísticamente similar al mejor tratamiento.

Un efecto similar se observó en las plantas cultivadas con la combinación del sustrato Copecaaste maceta opaca y SN a 50 % modificada con NH_4^+ donde el área foliar disminuye 43 % comparadas con el valor más alto (92.74 cm^2), además, nuevamente se observó el efecto positivo de la maceta transparente ya que al cultivar las plantas con el mismo sustrato y SN, solo que con maceta transparente, presentan una área foliar estadísticamente igual al valor más alto. (Figura 16). Klapwijk (1986) menciona que esta variable puede considerarse como un criterio de calidad, por que determina el potencial de la actividad fotosintética y la producción de biomasa como un indicador de crecimiento vegetal (Urrestazaru *et al.*, 1999). Con respecto al amonio, los resultados obtenidos en este experimento concuerdan con las investigaciones hechas por (Gou *et a.*, 2007; Brito y Kronzucker, 2002) quienes obtuvieron menor crecimiento y área foliar en plantas superiores nutridas con NH_4^+ comparadas con aquellas nutridas con N.NO_3^- , estos efectos son atribuidos a una reducida regulación osmótica, conjuntamente con un disminuido nivel de expansión de células de la hoja, o por la baja acumulación de carbono en plantas tratadas con NH_4^+ como fuente de N. El efecto positivo de la maceta puede deberse

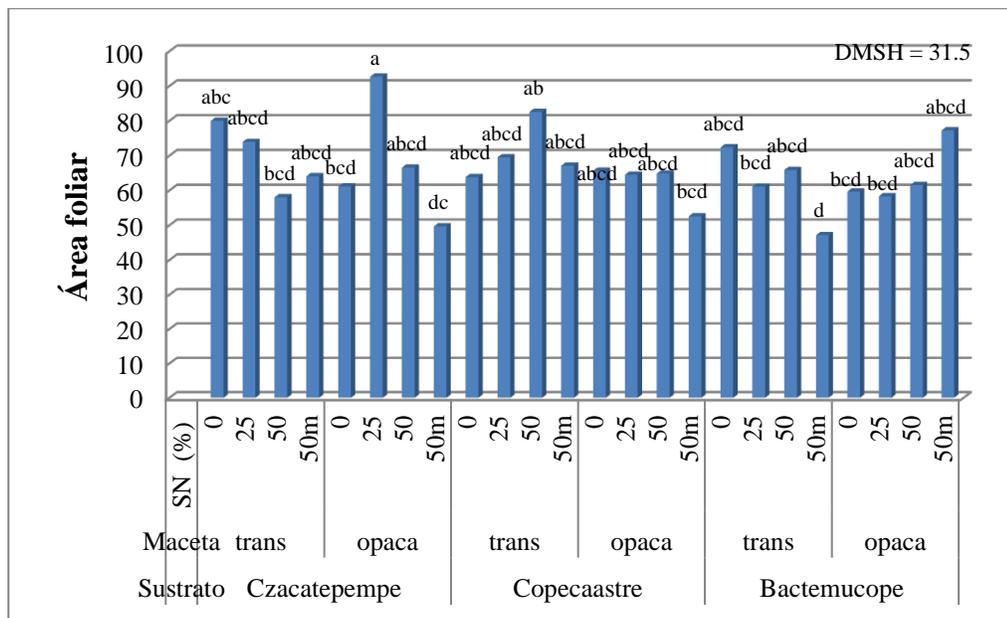


Figura 16. Efecto de la interacción del sustrato, maceta y solución nutritiva Steiner sobre el área foliar de plantas de *Cuitlauzina pendula*.

Las plantas cultivadas en sustrato en sustrato Copecaaestre y maceta transparente produjeron en promedio el mayor número de flores (7.8); en contraste, con el sustrato Czacatepembe con esta misma maceta se redujo en 89 % la formación de flores (0.8) (Figura 17) Esto puede ser debido a las propiedades físicas de los sustratos; como el porcentaje de porosidad de aireación total (%Pt) y el porcentaje de retención de humedad (%prH), ya que el sustrato Copecaaestre tiene valores más altos (72.36 % Pt y 36.1 % prH) comparado con y el Czacatepembe (71.90 % Pt y 21.0 % prH). Lo que concuerda con Smit (1998) quien menciona que el crecimiento de las orquídeas epifitas está en función de la humedad y aireación proporcionada por el sustrato, este último factor es primordial debido a que suministra el oxígeno requerido para el crecimiento de las raíces (Foucard, 1997) y las orquídeas son especies ornamentales con mayor demanda de aireación radical (Bunt, 1988). Además con este sustrato (Copecaaestre) se obtuvo el mejor desarrollo del pseudobulbo y al igual que en *Catasetum viridiflevum* se ha demostrado que es importante para determinar el

número de flores (Zimmerman, 1990). Efectos similares obtuvo se (Wang 1995; Wang 1998b) donde las características de los componentes del medio influyeron en la floración, al cultivar *Phalaenopsis* en una mezcla de corteza 70-80 y 20 a 30 % de peat produjo más flores que las plantas que cultivadas solo en corteza. (Wang 1995a; Wang 1998b).

En cuanto a los recipientes transparentes, estos permiten que la luz penetre y promueve la entrada de raíces de epifitas en el sustrato (Wang *et al.*, 2007) con eso más raíces están en contacto con el sustrato (Wang y Greg, 1994). Blanchard y Runkle (2008) establecieron la evidencia de que la opacidad del recipiente influye sobre el enraizamiento y el crecimiento de las orquídeas epífitas *Phalaenopsis* y *Doritaenopsis*, que se desarrollan mejor en macetas transparentes.

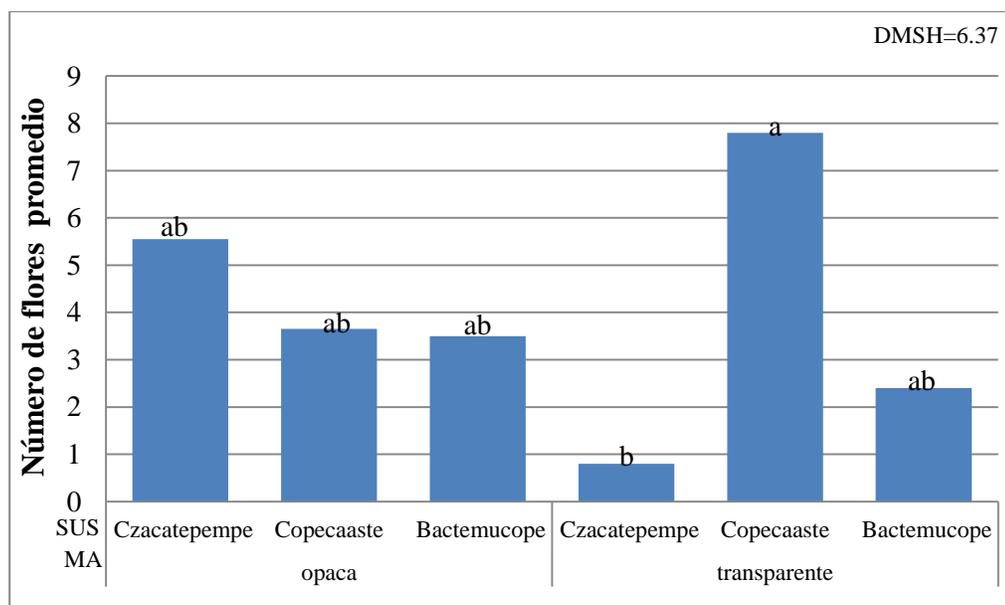


Figura 17. Influencia de la interacción del tipo de sustrato y maceta sobre número de flores promedio de *C. pendula*.

La Figura (18) muestra que el mayor número de brotes vegetativo promedio (2.06) se obtiene con solución Steiner a 25 % la cual contiene 186 mg L^{-1} de N; con esta solución se produjo 28 % más brotes comparado con las plantas cultivadas sin SN. Sin embargo, los el número de brotes generados por las plantas cultivadas con SN al 50 y 50 % modificada con N-NH_4^+ son estadísticamente iguales a las plantas cultivadas sin SN. Esto indica que *C penduala* requiere baja concentración de sales para promover los brotes. Esto puede explicarse ya que el nitrógeno promueve el crecimiento vegetativo. Resultados similares se obtuvieron en mini-*Cymbidium* donde el N promovió el crecimiento de brotes vegetativos, (Bik y Van den Berg 1984), en *Phalaenopsis* con 200 mg L^{-1} de N, 160 mg L^{-1} de K y 22 mg L^{-1} de P Wang y Konow (2002) obtuvieron un excelente crecimiento vegetativo.

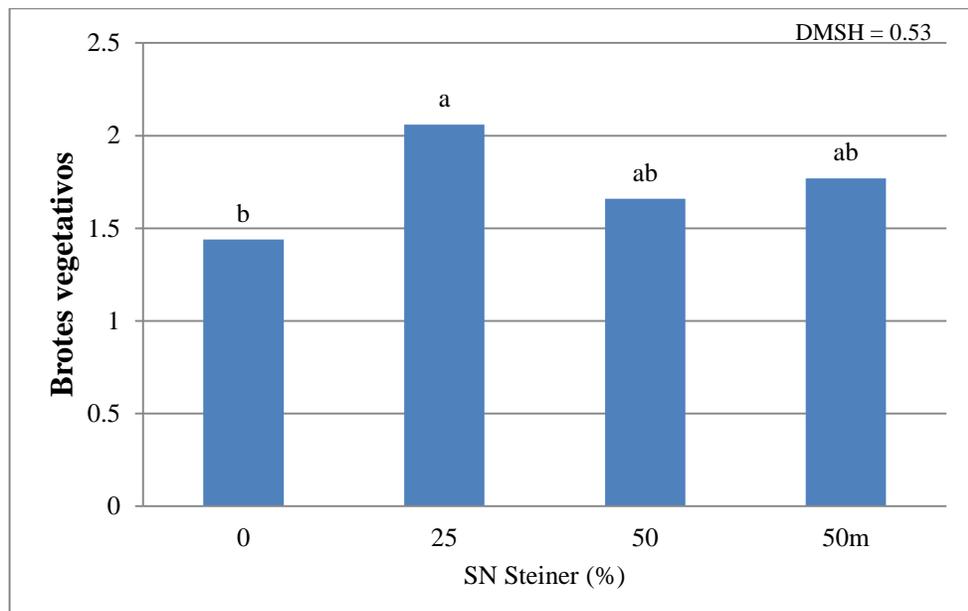


Figura 18. Efecto de concentración total de sales minerales de la solución Steiner sobre el número de brotes nuevos de *C. pendula*.

En cuanto al número de escapos se obtuvo un respecta favorable por el efecto del sustrato Copecaaste, con (0.45) escapos 77 % más comparado con Czacatepempe y Bactemucope (Figura 19).

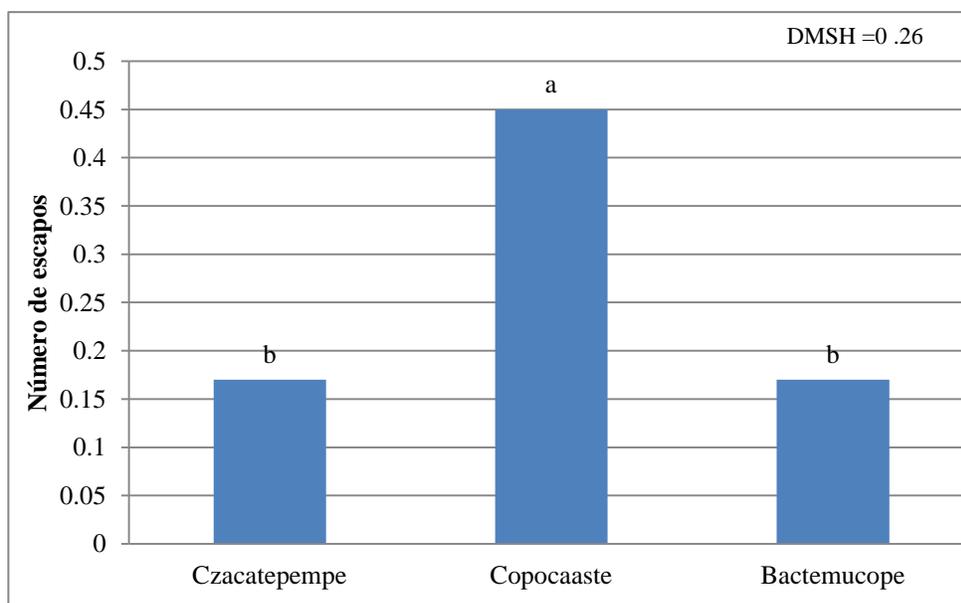


Figura 19. Efecto del tipo de sustrato en el número de escapos de *C. pendula*.

4.5 Plantas *C. pendula* que florecieron

El mayor porcentaje (80 %) de plantas que florecieron por tratamiento, se registró con la combinación sustrato Copecaaste, maceta transparente sin SN o a 50 % con N-NO_3^- , el (60 %) se observó con maceta opaca sin SN en el sustrato Czacatepempe ó Copecaaste y con sustrato Bactemucope maceta opaca y SNa 50 % modificada con N-NH_4^+ . (Figura 20).

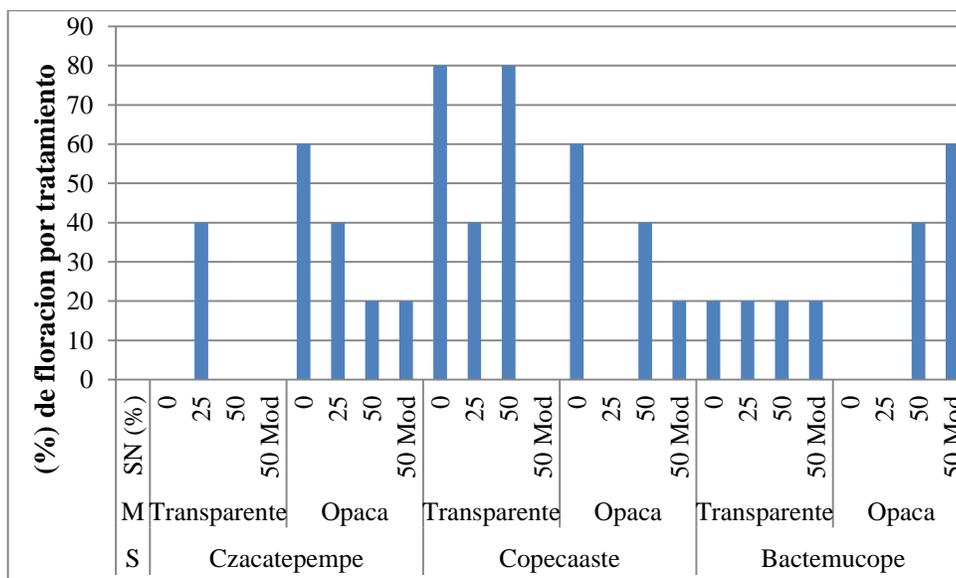


Figura 20. Porcentaje de plantas de *C. pendula* que florecieron.

4.6 Vida post-cosecha de las inflorescencias

Para realizar el análisis de varianza solo se analizaron los tratamientos donde al menos florecieron dos de las cinco repeticiones. Las mejores combinaciones fueron las constituidas por el sustrato Copecaaste con maceta transparente y SN a 25 % y sustrato Bactemucope con maceta opaca y SN a 50 % modificada; las cuales tardaron 14 días en tirar todas las flores. Esta diferencia de 10 días con relación al tratamiento formado con sustrato Czacatepembe con maceta transparente y SN a 25% resulto estadísticamente significativa. En el primer caso, las diferencias estuvieron dadas exclusivamente por el tipo de sustrato, en tanto que en el segundo, éstas se atribuyeron a distintas combinaciones de los niveles de los tres factores (Figura 21). Espinoza (2000) también obtuvo mayor vida post-cosecha (38 días) en inflorescencias de *Phalaenopsis* al fertilizar con 0.43 g L^{-1} de la fórmula 19-31-17.

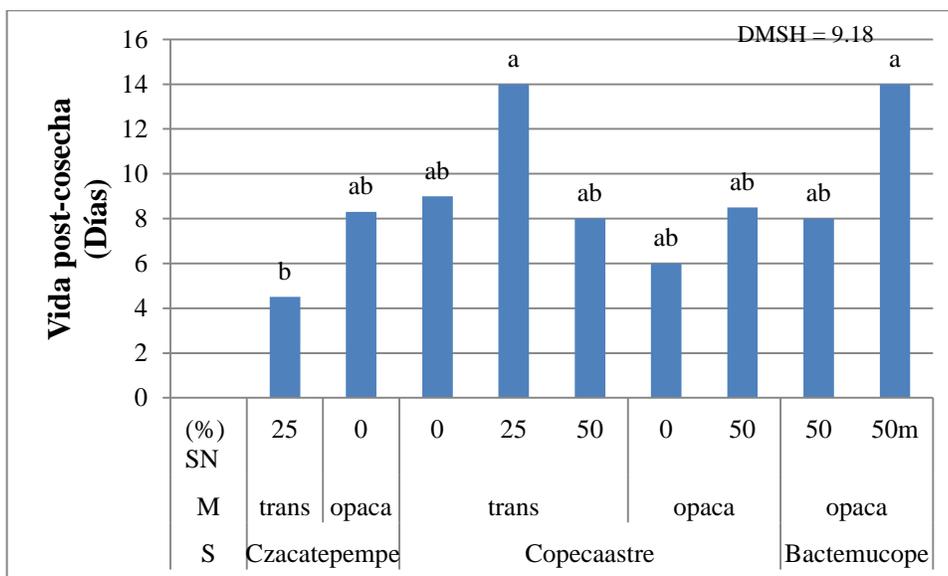


Figura 21. Efecto de la interacción de la maceta y el sustrato en los días transcurridos entre la senescencia de la primera a la última flor.

4.7 Escapo floral

La interacción de los factores SUA*MA*SN influyo en el diámetro del escapo, de manera independiente el factor MA influyó en diámetro del escapo floral, el factor SN sólo afecto la longitud del escapo y el factor SUS en la longitud del escapo, diámetro del primer nudo y distancia entre la primera y última flor con diferencia significativa ($P \leq 0.5$). No se encontró diferencia significativa para la emergencia del escapo floral y distancia entre la primera y segunda flor. (Cuadro 15).

Para el diámetro del escapo floral todos los tratamientos tuvieron el mismo efecto, excepto la combinación del sustrato Bactemucope con maceta opaca y SN a 50 % en el que se redujo 38 % el diámetro del escapo comparado con el tratamiento constituido por el sustrato Czacatepembe en maceta opaca con SN a 25 % N- NO₃⁻ en el que se registró el mayor diámetro (3.6) (Figura 22).

Cuadro 15. Cuadrados medios del análisis de varianza para el efecto del tipo de maceta, sustrato y solución nutritiva Steiner en la longitud y diámetro del escapo, diámetro del primer nudo del escapo floral, distancia entre la primera y última flor, Distancia entre la 1^{ra} y 2^{da} flor, emergencia del escapo floral de *C. pendula*.

F V	G L	Escapo floral					
		Longitud	Diámetro	Diámetro del primer nudo	Distancia entre la 1 ^{ra} y última flor	Distancia entre la 1 ^{ra} y 2 ^{da} flor	Emergencia
Sustrato(SUS)	2	334.5 *	0.5 ^{NS}	0.34*	1.3 *	58.2 ^{NS}	115.7 ^{NS}
Maceta (MA)	1	1589.4 ^{NS}	1.7**	1.8	16.7 ^{NS}	8.0 ^{NS}	425.0 ^{NS}
Solución nutritiva (SN)	3	572.6	0.7*	0.9 ^{NS}	51.5 ^{NS}	17.0 ^{NS}	201.1 ^{NS}
MA*SUS	0	. ^{NS}	. ^{NS}	. ^{NS}	. ^{NS}	. ^{NS}	. ^{NS}
MA*SN	1	22.2 ^{NS}	0.3 ^{NS}	0.01 ^{NS}	0.5 ^{NS}	29.0 ^{NS}	. ^{NS}
SUS*SN	0	. ^{NS}	. ^{NS}	. ^{NS}	. ^{NS}	. ^{NS}	. ^{NS}
MA*SUS*SN	0	. ^{NS}	. ^{NS*}	. ^{NS}	. ^{NS}	. ^{NS}	. ^{NS}

NS: no significativa; (*) P≤0.5, (**) P≤0.01 y (***) P≤0.001.

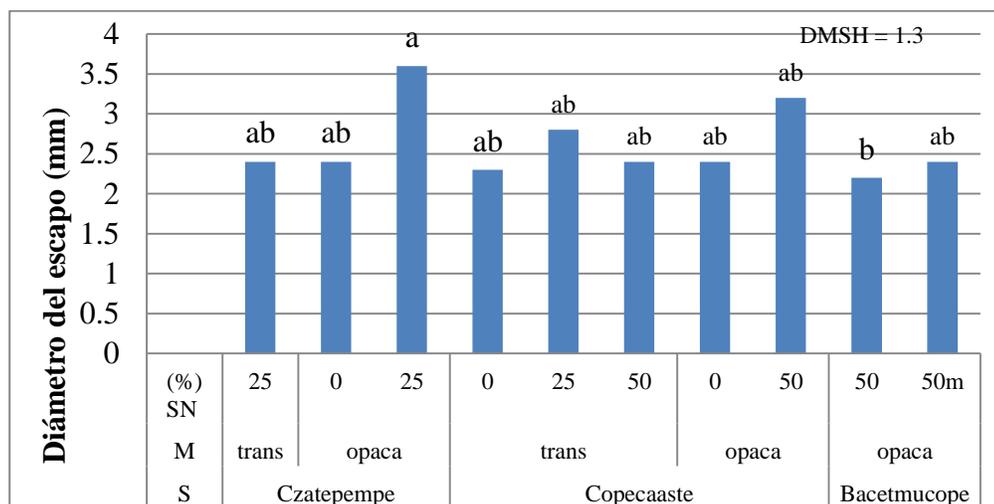


Figura 22. Efecto del tipo de sustrato, maceta y la solución nutritiva en el diámetro del escapo de *C. pendula*.

El sustrato Czacatemppe las plantas de *C. pendula* produjeron los escapos más largos y diámetros del primer nudo (DPN) más grandes 61cm y 3.2 mm respectivamente, no obstante fue el sustrato que

menor número de flores produjo. En contraste, con el sustrato Bactemucope se observaron los escapes más cortos y los (DPN) más chicos 41cm 2.4 mm. La mayor longitud de la primera a la última flor también se obtuvo con Czacatempe (21.7 cm) y la menor con Bactemucope (14.4 cm) (Cuadro 16). Esto demuestra que propiedades fisicoquímicas de los sustratos influyen en crecimiento del escapo. Sin embargo La SN a 25 % de forma independiente alarga la distancia entre la primera y última flor 37 % comparada con las plantas cultivadas sin SN y 45 % más al cultivarlas con SN a 50 % modificada con $N-NH_4^+$ (Figura).

Figura 16. Efecto de tipo de sustrato en la longitud del escapo (LEF), diámetro del primer nudo (DPN) y distancia de la primera a la última flor (DPUF).

Sustrato	LEF	DPN	DPUF
Czacatepembe	61.0a	3.2a	21.7a
Copecaste	50.4ab	2.8ab	16.4ab
Bactemucope	41.0b	2.4b	14.4b
CV(%)	29.72	21.55	27.87
DMSH	18.86	0.75	6.9

Medias con la misma letra en la columna, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). CV = coeficiente de variación; DMSH = diferencia mínima significativa honesta.

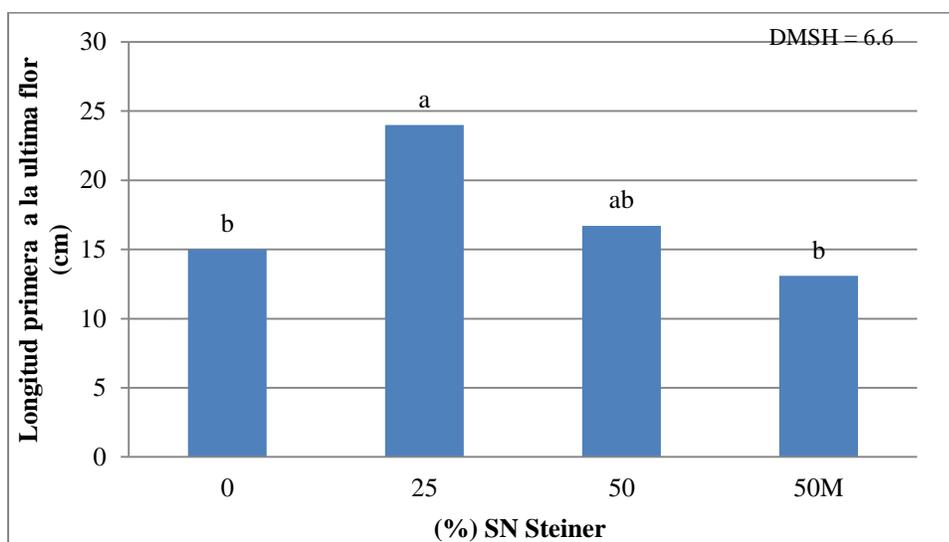


Figura 23. Influencia de la concentración de sales en la distancia de la primera a la última flor del escapo floral 50M= 50 % modificada con amonio

4. 8 Lecturas SPAD

La interacción de los tres factores MA*SUS*SN influyeron en las lecturas SPAD a los 61 días después de establecido el experimento (DDE). De manera independiente el factor (SUS) influyó durante todo el experimento (61, 98 y 128) DDE en las lecturas SPAD (Cuadro 16).

Cuadro 16. Cuadrados medios del análisis de varianza para las lecturas SPAD a los 61, 98 y 128 días después de establecido el experimento (DDE).

F de V	G. L.	Lecturas SPAD (Días)		
		61	98	128
Sustrato (SUS)	2	356.0*	271.7*	479.1***
Maceta (MA)	1	81.6 ^{NS}	181.0 ^{NS}	9.7 ^{NS}
Solución nutritiva (SN)	3	117.5 ^{NS}	28.5 ^{NS}	46.3 ^{NS}
MA*SUS	2	96.2 ^{NS}	146.5 ^{NS}	57.1 ^{NS}
MA*SN	3	132.6 ^{NS}	15.8 ^{NS}	54.1 ^{NS}
SUS*SN	6	70.1 ^{NS}	62.6 ^{NS}	14.7 ^{NS}
MA*SUS*SN	6	149.7*	33.1 ^{NS}	118.4 ^{NS}

NS: no significativa; (*) $P \leq 0.5$, (**) $P \leq 0.01$ y (***) $P \leq 0.001$.

Los valores más altos de lecturas SPAD a los 61 DDE se obtuvieron en plantas cultivadas con sustrato Bactemucope en maceta transparente sin SN, con SN a 25 y 50 % (71.78, 67.8 y 69.46) lecturas SPAD respectivamente y en plantas en sustrato Czacatepembe maceta opaca SN al 25 % con (66.7) lecturas. En contraste, las plantas cultivadas en sustrato Czacatepembe en maceta opaca y SN modificada con N-NH₄ registraron lecturas más bajas (48.74) lo que indica que la concentración de nitrógeno es más baja (Figura 24).

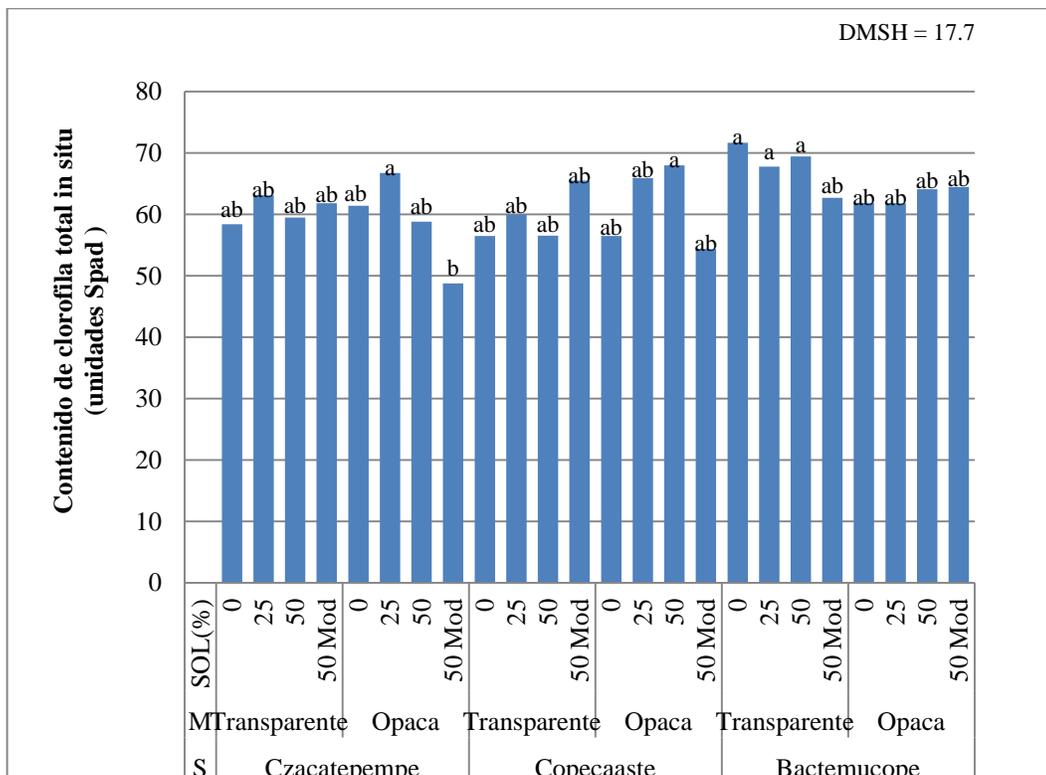


Figura 24. Efecto de la interacción de la solución nutritiva Steiner, sustrato y tipo de maceta en las lecturas SPAD 61 días después de establecido el experimento.

A los 98 DDE las lecturas SPAD de las hojas de *C. pendulase* vieron influenciadas de forma significativa ($P \leq 0.5$) por el tipo de sustrato. Las lecturas más altas (65.3) se registraron con el sustrato Bactemucope, 10 % más comparado con el sustrato Conecaaste (SPAD = 60) (Figura 25A).

A los 128 DDE días se observaron resultados similares; el valor más alto (68.8) se registró con el sustrato Bactemucope 10.2 y 6.7 % más comparado con las lecturas SPAD del sustrato Conecaaste y Czacatenempe respectivamente (Figura 25B).

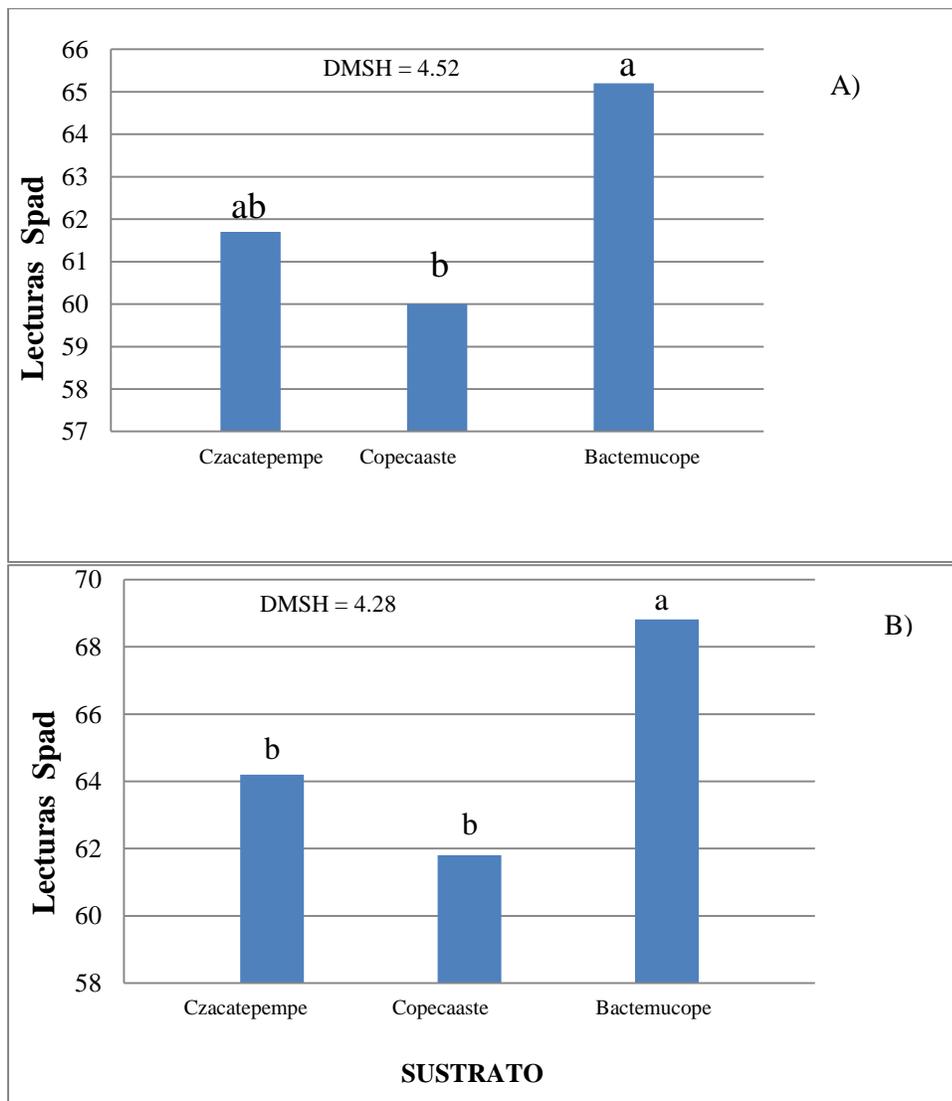


Figura 25. Efecto del tipo de sustrato en las lecturas SPAD A) 98 y B) 128 días después de establecido el experimento.

Esto muestra que el contenido de nutrientes del sustrato Bactemucope con 80 % de materia orgánica y 20 % de materia inorgánica influye en las lecturas SPAD. Resultados similares obtuvieron García *et al.* (2001) quienes utilizaron cascarilla de arroz, polvo de coco, corteza de pino y composta de jardinería en combinación con materiales inorgánicos (piedra pómez y tezontle) en la producción comercial de *Spathiphyllum wallisii*, los sustratos utilizados se constituyeron de 70 % material orgánico y 30 % inorgánico y observaron que el componente orgánico tuvo un efecto significativo en las y lecturas SPAD, número de hojas

peso fresco, área foliar y calidad comercial. Al respecto Artif *et al.* (2008) concluyen que los medios de cultivo sin suelo afectan el rendimiento de las plantas en maceta.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con las condiciones experimentales y las hipótesis planteadas en la presente investigación se concluye que:

Primero concluir sobre los factores:

- 1) SNS
 - 2) Tipo de contenedor
 - 3) Sustrato
-
1. La combinación del sustrato Copecaaste, maceta transparente y solución nutritiva (SN) Steiner a 25 % incremento el crecimiento de los pseudobulbos, el ancho de las hojas y la mayor vida post-cosecha de las inflorescencias.
 2. La SN Steiner al 25 % produjo el mayor número de brotes vegetativos.
 3. El contenedor transparente y sustrato Copecaaste influyeron positivamente en el número de inflorescencias de *C. pendula*.
 4. Las plantas de *C. pendula* tienen preferencia por asimilar N-NO_3^- . La combinación de la SN Steiner modificada N-NH_4^+ con el sustrato Czacatepembe en maceta opaca inhiben el crecimiento de las hojas y reducen la calidad de las inflorescencias.
 5. El sustrato Bactemucope de forma independiente influyó positivamente en la lecturas SPAD a los 98 y 128 días después de establecido el experimento.

VI. LITERATURA CITADA

- Abad M (1995)** Sustratos para el cultivo sin suelo *In: Cultivo del tomate*. Coord F.Nuez. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. pp: 131-166.
- Abad M, P F Martínez, M D Martínez, J Martínez (1993)** Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. *Actas de Horticultura* 11: 141-154.
- Acosta-Durán C M (2008)** Los recursos naturales como materia prima para la preparación de sustratos. AGT Editor S.A. México pp: 48-60.
- Adams P (1994)** Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponic systems. *Acta Horticulturae*. 361: 245-257.
- Aliu O S (2011)** Effects of container opacity and media components on rooting and growth of dumb cane (*Dieffenbachia amoena*). Tesis de maestría. University of Agriculture, Abeokuta USA . 43 p
- AMERICAN ORCHID SOCIETY (2000)** *Hand Book on Orchid Culture*. Massachusetts. USA
- Anónimo (2002)** A Comprehensive Guide to Orchid Culture. [http://www.orchidsusa.com/Culture Guide.pdf](http://www.orchidsusa.com/Culture%20Guide.pdf) (agosto -18-2011).
- Ansorena M J (1994)** Sustratos Propiedades y Caracterización. Ed. Mundi-Prensa, España. 172
- Arditti J (1992)** Fundamentals of Orchid Biology. Wiley, New York.
- Atif R, A Muhammed, Y Adnan, R Atig, H Mansoor (2008)**. Effect of different growing media on growth & flowering of *Zinnia elegance* Blue point. Pak .J. Bot 40: 1579-1585
- Avila D I, P Oyama(2002)**. Manejo sustentable de *Laelia speciosa (Orchidaceae)*. *Biodiversistas* 7 43: 9-12.

- Benzing D H (1990)** Vascular epiphytes, General biology and related biota. Cambridge University Press, New York.
- Blanchard M G, Runkle E S (2008).** Container opacity and Media Components Influence Rooting of Potted *Phalaenopsis* and *Doritaenopsis* Orchids. *Acta Hort.* 115-120.
- Boodley W J (1998)** The Commercial greenhouse. 2a. ed. Del Mar Publishers. Washington, EUA. pp: 146-148.
- Bordado J L (2005)** Hidroponía . Albaratros CACI. Buenos Aires 190 p.
- Bosa, N., Calvete, E. O., Klein V. A., Suzin, M., 2003.** Crescimento de mudas de gipsofilia em diferentes substratos. *Horticultura Brasileira.* 213: 514-519.
- BUNT A C (1988)** Media and mixes for container-grown plants. Unwin Hyman Ltd., Great Britain. 309 p.
- Brito D T, H J Kronzucker (2002)** NH_4^+ toxicity in higher plants a critical review. *Jornal Plant Physiology* 159: 567-584.
- Burés S (1997)** Sustratos. ed Agrotécnicas S.L. Barcelona, España 342 p.
- Cabrera R I (1999)** Properties use and management of growing media for container plant production. Department of Plant Science, The State University of New Jersey Rutgers. 59 Dudley Road. New Jersey. USA.
- Cadahia C L (2000)** Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación *in*: Fertirrigación Cultivos Horticolas y Ornamentales. 2da edición. Mundi-Prensa. Madrid Barcelona pp: 287-310.
- Caraveo L F (1994)** Relaciones nutrimentales en el cultivo hidropónico de jitomate *Lycopersicon esculentum mil.* Empleado en polvo de bonote coco como sustrato. Tesis. C.P.
- Carlite W (1999)** The effects of the environment lobby on the selection and use of growing media. *Acta Horticulturae* 481: 587-596.

- Chang K H, R-Y Wu, T F Hsieh (2010)** Effects of Fertilizer Formulations on Flowering of *Doritaenopsis* 'I-Hsin Madame' in Gradational Nutrition Management. Acta Hort 878: 347-35.
- Chavez E F, P P Rangel, A B Mendoza (2006)** Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad autónoma Agraria Antonio Navarro.Torreón, Coahuila. 146 p.
- Chen Y (1980)** Characterization of particles en pores; hydraulic properties and water air ration of artificial growth media and soils. ISOSC proceeding. pp: 53-76.
- Colombo, L. B., Tadeo, de F. R., Marhino, de A. A., De Batista, F. I. C., 2005.** Aclimatizacao de um híbrido de *Cattleya* em substratos de origen vegetal sob dois sistemas de irrigacao. Acta Scientarum.Agronomy. 27(1):145-150.
- Cribb P, Govaerts R (2005)**Just how many orchids are there? *In:* Raynal-Roques A, Roguenant A, Prad D, Eds. *Proceedings of the 18th World Orchids Conference*. Dijon, France, pp: 161-172.
- De Boodt M, O Verdonk, I Cappaert (1974)** Method for mearuring the watherrelease curve of organic substrates.Acta Horticulture 37 p.
- Degiovanni B V, C P R Martínez F O Motta (2010)** Producción eco- eficiente del Arroz en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Colombia tomo 1: 488 p.
- Dodson CH, R R Escobar (1994)**Native ecuadorian orchids.Colombia: Editorial Colina 207p.
- Dressler R L 1(1993)** Phylogeny and classification of the Orchid family.Cambridge University press, Melborne, Australia. 301 p.

- Espinoza J A, E A Gaytán, A E Beserril, D J Contreras, C López (2000).**fertilización química y biológica de *Phalaeopsis* (orchidaceae) en condiciones de invernadero. Terra latinoamericana. 18 (002) 125-131.
- FAO (1990)** Soilles Culture for Horticultural Crop Production *in:*Plan production and protection paper 101. FAO. Rome. 188p.
- Figueiredo M, P Moacir, C Santos, V A Rodrigues, J Rezende, J Carvalho (2009).** Efeito do boro (H3BO3) e manganês (MnSO4.4H2O) micropropagação de *Cattleya loddigesii* Lindl. (Orchidaceae). Ceres 3: 322-325.
- Fonteno W, C Harden, J Brewster (2000)** Procedures for determining physical properties of horticultural substrates using the NCSU porometer.Horticultural Substrate Laboratory.North Carolina State University 26 p.
- Foucard, J. C., 1997.** Los sustratos para el cultivo fuera del suelo. Viveros. De la producción a la plantación. Innovaciones técnicas. Productos y mercados. Ed. Mundi prensa, pp: 117-131. Barcelona, España.
- García O C, G G Alcantar, R I Cabrera, F R Gavi, V H Volke (2001)** Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisi* cultivadas en maceta. Terra 19: 249-258
- Gonzáles J D, F Henríquez, M Satori (1998)** Manual sobre el cultivo de orquídeas. 3a. ed. American Orchid Society, USA. 61 p.
- Guerrero F (1989)** Estudio de las propiedades físicas y químicas de algunas turbas españolas y su posible aprovechamiento agrícolas. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Madrid, España 222 p.

- Gou S, Y Zhou, Q Shen, F Zhang (2007)** Effect of ammonium and nitrate nutrition on some physiological in higher plants- growth, photosynthesis, photorespiration, and water relations. *Plant Biology* 9: 21-29.
- Hágsater E, M A Soto, G A Salazar, R Jiménez, M A López, R L Dressler (2005)** Las orquídeas de México. Instituto Chinoin, A.C., México, D.F.
- Hartmann H, D Kester (2002)** Plant propagation Principles and practices. Prentice Hall New Jersey. 880 p.
- Havlin J L, J D Jones, S L Tisdale, W I Nelson (1999)** Soil fertility and fertilizers. An introduction to nutrient management. Prentice Hall. USA
- Hew C S, J W H Yong (1997)** The physiology of tropical orchids in relation to the industry. World Scientific, Singapore.
- Hew C S, Ng CK (1996)** Changes in mineral and carbohydrate content in pseudobulbs of the C₃ epiphytic orchid hybrid *Oncidium goldiana* at different growth stages. *Lindleyana* 11: 125-134.
- Howard M R (1997)** Cultivos Hidropónicos. Nuevas formas de producción. Mundi Prensa. Madrid, España. 558 p.
- Jiménez P N (2008)** Sustratos y fertilización en el desarrollo vegetativo de la orquídea *Laelia anceps*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 102p.
- Jiménez R M, L Sánchez, J García-Cruz (1998)** Flora del bajío y regiones adyacentes familia Orchidaceae. Instituto de ecología centro regional del bajío. Tribu maxillariae. Patzcuaro, Michoacán. 81 p.
- Jones Jr J B (1997)** hidroponics. A practical guide for soilless grower St. Lucie press. USA. 270 p.

- 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.
- Klapwijk D (1986)** Production of tomato transplants in The Netherlands. Acta Hort. 190: 505-510.
- Lee N and Lin G M (1987)** Control the flowering of *Phalaenopsis*, p. 27–44. *In: L.R. Chang* (ed.). Proc. Symp. Forcing Culture Hort. Crops.Special Publ. 10.Taichung District Agr.Improv. Sta., Taiwan, Republic of China.
- Lemaire F (2005)** Cultivos en macetas u contenedores; principios agronómicos y aplicaciones. Mundi-Prensa, Madrid España. 210 p.
- Lemaire F, A Fatigues, L M Revière, S Charpentier, P Morel (2003)** Cultures en post et conteneurs, principes agronomiques et applications 2^a ed. INRA. Paris. 210 p
- López V A, M C Sosa, J M Mejía (1995)** Plantas del sureste de México con potencial ornamental. Revista Chapingo serie horticultura 3: 45-56.
- 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.
- Luyando-Moreno L S, M A Pedraza-Santos, J López-Medina, J L Morales-García, G M Carrillo-Castañeda, R Lindig-Cisneros (2011)** Adaptación de *Laelia autumnalis lindl* a un bosque de pino-encino. Redalyc. pp. 509- 524
- Manrique L A (1993)** Greenhouse crops review Plant Nutrition 12: 241-247.
- Monk R (1995)** Guide to Orchids.newcomer Orchid 1204 1(03). 215p.

- Moraes, L. M., Dias, C. L.,C., Tadeo, F. R., 2002.** Substratos para aclimatizacáo de palntulas de *Dendrobium nobile* Lindl. (Orchidaceae) propagadas *in vitro*. Acta Scientiarum. 24(5):1397-1400.
- Navarro G G, S B Navarro (2003)** Química agrícola. Mundi-prensa Madrid, España 487 p.
- Navarro-López E R, I G Vázquez, E V Cruz-San, A Bastida-Tapia (2001)** Botánica e identificación de orquídeas.Chapingo,Estado de México, México. 54 p.
- Ng C K, C S Hew (2000)** Orchid pseudobulbs - `false' bulbs with a genuine importance in orchid growth and survival.Scientia Horticulturae 83: 165-172.
- Norma oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010(2001)** Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio *In*: Lista de especies en riesgo. p.
- Pereyra C M (2001)** [en línea]. Asimilación del nitrógeno en plantas. Facultad de Agronomía Universidad de la palma. <http://www.agro.unlp.edu.ar/catedras/pdf/16Asimilaci.pdf>. Revisado 20 junio del 2012.
- Poole H A, T J Sheehan (1982)** Mineral nutrition of orchids. *in*: Orchid Biology. Cornell University Press. Ithaca. New York. pp:195-212.
- Rincon S L (1997)** Características y manejo de sustratos inorgánicos en fertirrigacion. I congreso Iberico y III Nacional de fertirrigación. Murcia, España.124p.
- Rollke F (2010)** jardín practico orquídeas. editorial, Hispano Europea, S.A Barcelona España 120 p.
- Rudolf J P (2007)** History and culture of an Orchid Described in 1825.*Cuitlauzina pendula*.
- Salinger J S (1991)** Producción comercial de flores. Cymbidium. Acribia. España. pp: 245-259.

- Sanchez B J (2008)** aclimatización de plantas de paulownia (*paulownia tomentosa*), en 13 sustratos. Tesis de maestría. Colegio de posgraduados Campus Montecillo. Texcoco Edo. De México.
- Sanchez C F, E R (1981)** hidroponia un sistema de producción. Principios y métodos. UACH. Chapingo, México.
- Santamaria P, A Elia, M Gonnella (1997)** changes in nitrate accumulation of endive plants during light period affected by nitrogen level.
- Sessler J G (1978)** Orchids and How to Grow them. Prentice-Hall. Englewood. N J Ciffs.370 p.
- Smith F W (1988)** Interpretation of plant analysis Plant analysis.An interpretation manual.Innate Press. Melbourne. Sydney, Australia. pp: 1-12.
- Soto M A (1996)**. Mexico [tratamiento regional]. *In: IUCN/SSC Orchid Specialist Group. Orchids status survey and conservation action plan. IUCN, Gland y Cambridge pp. 53-58.*
- Soto M A, E Hågsater, R Jiménez, G.A. Salazar, R Solosano, R Flores, E Contreras (2007)** La s orquídeas de México: catálogo digital. Instituto Chinoin, A.C., México, D.F.
- Steiner A A (1961)** A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil. (15): 134-54.*
- Steiner A A (1968)** Soilles culture. Proceedings of the 6th colloquium of the international potash Institute. pp: 324-341.
- Steiner A A (1973)**The selective capacity of tomato plants for ions in a nutrient solution.Third.International Congress on Soilless Culture.*In: Proceedings of Wageningen, Netherlands. pp: 43-53.*

Stroms R 2006 plants are the favorites of horticulturists.

<http://www.contentarticles.com/articles/47635/1/article-by-Robin-Storms-orchids-plantsBRBRorchids-are-the-favorites-of-horticultur1.html>

Tyson N R (1995) Home Orchid Growing.⁴ Ed. Prentice Hall Press. New York. 376 p.

Urrestarazu M, M Guzmán, A Sánchez, M C Salas, F A Lorente (1999). Effect of evolution in the increase the nutrient solution electrical conduction on quality parameters of tomato seedlings. Acta Hort. 487: 213-218.

Villalobos R E (2001) Fisiología de la producción de los cultivos tropicales Universidad de Costa Rica (ed). San José, Costa Rica 227 p.

Wang Y-T(1995a) Medium end fertilization affect performance of potted *Dendrobium* and *Phalaenopsis* HortTechnology 5: 234-237.

Wang Y-T (1995b) phalaenopsis orchid light requirement during the induction of of spiking. HortScience 30: 59-61

Wang Y T (1996) Effect of six fertilizers on vegetative growth and flowering of *Phalaenopsis* orchid. Horticultural Science. 65: 191-197.

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

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 (2008) High NO₃-N to NH₄ ratios promote growth and flowering of a hybrid *phalaenopsis* grown in two root substrates. Horticultural Sciences.2: 350 -353.

- Wang Y T, L L Gregg (1994)** Medium and fertilizer affect the performance of *Phalaenopsis* orchids during two flowering cycles. Horticultural Science. 29: 269-271.
- Wang Y T, M Blanchard, R Lopez, E Runkle (2007)** Growing the best phalaenopsis, Part 2: Media, transplanting, water and nutrient problems. Orchids 76:106-111.
- White J W (1985)** Grow Medium. 3rd ed. In: Maztals J. W. and J. Holcomb. Beddingplants III. A manual on the culture of bedding plants as a greenhouse crop. Pennsylvania flowers.
- Zimmerman J K (1990)** Role of pseudobulb in growth and flowering of *Catasetumviridiflavum* (Orchidaceae). Am. J. Bot. 77:533-42.

VII. APÉNDICE



Análisis Técnicos, S.A de C.V.
Laboratorio Agrícola Acreditado en ISO 17025:2005

ART-TS-07

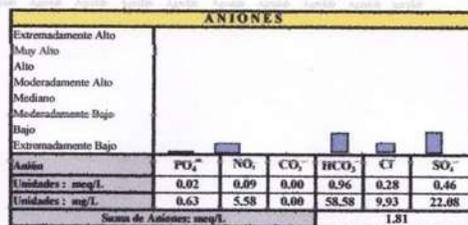
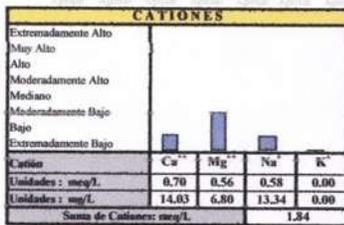
ANÁLISIS DE AGUA

REPORTE EN UNIDADES OFICIALES

INFORMACIÓN GENERAL

Orden de trabajo: DT: 1694	Propietario: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	Tipo de Agua: Cymbidium/ Cymbidium sp
# Reg. Lab.: H20-12-580	Ejido: Facultad de Agrobiología	Profund. (m): Muestreador: Agustín Uribe Treviño
Fecha Recepción: 08/05/2012	Lote: SD	Cultivos: Fecha de Muestra: 05/05/12; 11:00 hrs
Fecha Reporte: 10/05/2012	Mpio, Edo: Uruapan, Michoacán	GPS: Uso Comercial: Investigación/ Estudio
	Fuente: Recipiente: Botella de Plástico	Temp Agua: 20.8 °C

pH: 7.73	Alto	CE: 0.183 dS/m	RAS: 0.731	Clasif: C1-S1
----------	------	----------------	------------	---------------



ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	Sólidos Sedimentables (g/L)	Sólidos Suspensos (mg/L)	Sólidos Disueltos Totales (g/L)
NS	NS	NS	NS	NS

COMENTARIOS	ATENCIÓN
Clasificación de agua para riego C1-S1 NS = No Solicitado C1-Agua con Peligro de Salinidad Bajo. SD= Sin Dato S1-Agua con Peligro de Sodicidad Bajo. ND = No Determinado Métodos utilizados: Ca, Mg (Titulación con EDTA), Na, K, B (ICP Plasma), CO ₃ y HCO ₃ (Titulación con H ₂ SO ₄) Cl (Titulación con AgNO ₃), N-NO ₃ (Columna de Cadmio), SO ₄ , PO ₄ (Espectrofotómetro) Nota: El Laboratorio Análisis Técnicos esta Acreditado ante la EMA. Acreditación No.: SA-0080-008/11 El DBO se realizó por cálculo con respecto al DQO. Método Utilizado por Espectro UV. Las muestras se conservan en el laboratorio 5 días a partir de la fecha en que se reciben.	 Lic. Carlos Sepúlveda Ibarra Director General

Km 7. Carr Pachuca-Actopan Pachuca Hidalgo C.P. 42160 Tel 01 771 7132801 Fax 01 771 7138255 info@agrolab.com.mx

Figura 1 A. análisis del agua elmpeda para la preparación de las soluciones nutritivas.