



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**DINÁMICA NUTRIMENTAL Y CULTIVO DE *Cuitlauzina
pendula* EN EL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA DE
LAS SIERRAS TRIQUI-MIXTECA**

T E S I S

que para obtener el título de

B I Ó L O G A

P R E S E N T A

ANALILIA JOAQUÍN ORTIZ

Director de tesis: M. en C. Ramiro Ríos Gómez

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN SISTEMÁTICA VEGETAL Y SUELO

Proyecto apoyado por DGAPA-PAPIIT IN 225210-3

México D. F.

Febrero 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México a través de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por abrirme sus puertas para realizar mi formación profesional.

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico, Programa de Apoyo para la Investigación e Innovación Tecnológica, convenio IN225210-3 por el apoyo económico para la realización de este trabajo.

A mi director de tesis M. en C. Ramiro Ríos Gómez, por todo su apoyo, porque siempre tiene las palabras adecuadas para cada momento, por los consejos que tanto me han ayudado académica y personalmente, por su amistad, por todo, gracias infinitas!!

Al Dr. Eloy Solano Camacho, por sus observaciones para la mejora de este trabajo, por las enseñanzas en campo y por hacer más ameno el trabajo en las salidas.

Al M. en C. Jorge Alberto Gutiérrez Gallegos, porque aún después del abandono, siempre me apoyaste, por tus aportaciones para la mejora de este trabajo, por las enseñanzas compartidas y por tu amistad, mil gracias.

A la Dra. Esther Matiana García Amador y Dr. Gerardo Cruz Flores, gracias por sus comentarios y aportaciones para el enriquecimiento de este trabajo.

Al M. en C. Armando Cervantes Sandoval por apoyarme con el análisis estadístico, por sus consejos y por la tranquilidad y confianza que siempre me transmite.

M. en C. Ma. Magdalena Ayala Hernández por el apoyo en la determinación taxonómica de ejemplares botánicos, así mismo, Arturo Hernández Flores en la determinación de briofitas.

DEDICATORIA

A mi mamá: Adulfa Ortiz Santiago, por ser el ejemplo más claro de fortaleza, lucha, dedicación y amor, por su apoyo, su confianza y porque día con día me demuestra que siempre se pueden hacer mejor las cosas.

A mis hermanos: Francisco, Carlos, Juan, Rocio y Verónica, por ser el mejor ejemplo de esfuerzo y trabajo, por su infinito apoyo económico y emocional, porque siempre han estado conmigo, aun cuando no lo merezco; este trabajo es fruto de su esfuerzo y el mío, los quiero mucho!!

A mis sobrinos: Claudia, Alfonso, Mitzi, Luis, Joselyn y Gabriel, porque cada uno es para mí un motivo para salir adelante, porque siempre están conmigo y porque deseo que esto los motive y en su momento, cada uno lo haga de mejor manera.

A mis cuñados Alma y Andrés, por ser parte de mi familia, por su cariño y apoyo.

Bióloga Janett Pérez López por tu amistad, tus consejos y porque gracias a ti, la biología se convirtió en mi vida.

A mis amigos Carlos y Orlando Villanueva, Fabiola Hernández, Deyanira Cardona, Alejandra Pichardo y Kathia Trejo porque aún en la distancia, siempre están conmigo.

A Edgar Hernández Vergara por tu infinita amistad, por tus consejos siempre tan atinados y oportunos y porque pase lo que pase, sé que siempre estás conmigo (E.V.A).

A mis amigas de la facultad: Vero Juárez, Paty Libertad, Elizabeth Díaz, Janeth Gómez, Inés Góngora, Laura Cortés, Gina y Paty Aguirre, por su amistad sincera, verdadera e incondicional, por tantos momentos buenos y malos que compartimos. Asimismo a mi hermanito Pedro, gracias por todo.

A mis compañeros que hicieron tan amenas las salidas a Oaxaca, por su apoyo en el trabajo de campo y en algunos casos, por esas noches de karaoke: Gaby, Merari, Carmelo, Bety, Mario, Ezequiel, Aminta, Roberto, Gina, Pamela, Nora, Cecilia, Arturo y Alonso.

A mis compañeros de laboratorio Gaby Rojas, Arlene, Marina, Bere, Carmina, Fidel, Moisés, Francisco y Eduardo.

CONTENIDO

		Página
	RESUMEN	1
I	INTRODUCCIÓN	2
II	MARCO TEÓRICO	3
2.1	Boque mesófilo de montaña	3
2.2	Familia Orchidaceae	4
2.3	Morfología	5
2.4	Ecofisiología de orquídeas epífitas	8
2.5	Uso potencial de abonos y fertilizantes orgánicos	10
2.6	Taxonomía de <i>Cuitlauzina pendula</i>	11
2.7	Estudios previos	13
III	OBJETIVOS	15
3.1	Objetivo general	15
3.2	Objetivos particulares	15
IV	HIPÓTESIS	15
V	METODOLOGÍA	16
5.1	Área de estudio y sitios de muestreo	16
5.2	Áreas de distribución y muestreo de <i>Cuitlauzina pendula</i>	18
5.3	Descripción del hábitat y muestreo de sustrato	18
5.4	Submuestras	18
5.5	Muestreo de agua	19
5.6	Cultivo de <i>Cuitlauzina pendula</i>	20
5.6.1	Llenado de maceta	20
5.6.2	Diseño experimental	20
5.6.3	Tratamientos	21
5.7	Análisis nutrimental de sustrato y tejido vegetal	22
5.7.1	Nitrógeno total	22
5.7.2	Fósforo	22
5.7.3	Potasio	23
5.7.4	Calcio y magnesio	23
5.8	Análisis nutrimental de agua	23
5.8.1	Nitrógeno	23
5.8.2	Fósforo total	23
5.8.3	Calcio	24
5.8.4	Magnesio	24
5.8.5	Potasio	24
VI	RESULTADOS	25
6.1	Áreas donde se registran poblaciones de <i>Cuitlauzina pendula</i> en el área de	25

	estudio	
6.2	Aspectos ecológicos del hábitat de <i>Cuitlauzina pendula</i>	27
6.3	Epífitas asociadas y composición del sustrato	29
6.4	Contenido nutrimental en el sustrato	31
6.4.1	Análisis de correlación (nutrimentos en sustrato)	36
6.5	Concentración de nutrimentos en tejido vegetal	38
6.6	Nutrimentos en agua de escurrimiento a partir del sitio donde se establece	42
	<i>Cuitlauzina pendula</i>	
6.6.1	Análisis de correlación (nutrimentos en agua)	47
6.7	Movimiento de los nutrimentos en el hábitat de <i>Cuitlauzina pendula</i>	48
6.8	Cultivo de <i>Cuitlauzina pendula</i>	51
VII	DISCUSIÓN	56
7.1	Hábitat de <i>Cuitlauzina pendula</i>	56
7.2	Composición del sustrato y contenido nutrimental	57
7.2.1	Análisis de correlación (nutrimentos en el sustrato)	61
7.3	Contenido nutrimental en tejido vegetal	64
7.4	Nutrimentos en agua de escurrimiento a partir del sitio donde se establece	67
	la orquídea	
7.4.1	Análisis de correlación (nutrimentos en agua)	70
7.5	Cultivo de <i>Cuitlauzina pendula</i>	71
VIII	CONCLUSIONES	74
IX	RECOMENDACIONES	75
X	REFERENCIAS	76

FIGURAS

	Página
1. <i>Cuitlauzina pendula</i> : (A) ejemplar herborizado, (B) inflorescencia, (C) flor y (D) fruto	13
2. Ubicación del área de estudio; en verde oscuro la comunidad San Andrés Chicahuaxtla y en rojo, el sitio de muestreo	17
3. Sistema para la captación de agua en <i>Quercus crassifolia</i> , forofito de <i>Cuitlauzina pendula</i>	19
4. Llenado de maceta (A, B y C) para el cultivo de <i>Cuitlauzina pendula</i>	20
5. Diseño experimental del cultivo de <i>Cuitlauzina pendula</i>	21
6. Distribución de <i>Cuitlauzina pendula</i> , en rojo, los sitios en donde se registraron poblaciones de esta especie	26
7. Hábitat de <i>Cuitlauzina pendula</i> (A, B y C) y corteza de <i>Quercus crassifolia</i> (D), en San Andrés Chicahuaxtla, Putla Villa de Guerrero, Oaxaca	28
8. Porcentaje de epífitas asociadas y componentes del sustrato de <i>Cuitlauzina pendula</i>	29
9. Composición del sustrato en el primer muestreo: a epífitas asociadas y b componentes del sustrato	30
10. Composición del sustrato en el segundo muestreo: a epífitas asociadas y b componentes del sustrato	30
11. Concentración de los nutrimentos estudiados en epífitas asociadas y componentes del sustrato de <i>Cuitlauzina pendula</i> : nitrógeno (A), fósforo (B), calcio (C), potasio (D) y magnesio (E)	34
12. Contenido de nitrógeno en los órganos de <i>Cuitlauzina pendula</i>	40
13. Contenido de fósforo en los órganos de <i>Cuitlauzina pendula</i>	40
14. Contenido de calcio en los órganos de <i>Cuitlauzina pendula</i>	41
15. Contenido de potasio en los órganos de <i>Cuitlauzina pendula</i>	41
16. Contenido de magnesio en los órganos de <i>Cuitlauzina pendula</i>	42
17. Concentración de nutrimentos en agua de escurrimiento en <i>Quercus crassifolia</i> , forofito de <i>Cuitlauzina pendula</i>	45
18. Dinámica del nitrógeno en el hábitat de <i>Cuitlauzina pendula</i>	49
19. Dinámica del fósforo en el hábitat de <i>Cuitlauzina pendula</i>	49
20. Dinámica del calcio en el hábitat de <i>Cuitlauzina pendula</i>	50
21. Dinámica del potasio en el hábitat de <i>Cuitlauzina pendula</i>	50
22. Dinámica del magnesio en el hábitat de <i>Cuitlauzina pendula</i>	51
23. Crecimiento de pseudobulbos en el cultivo de <i>Cuitlauzina pendula</i>	52
24. Crecimiento de hojas en el cultivo <i>Cuitlauzina pendula</i>	53
25. Crecimiento de brotes en el cultivo <i>Cuitlauzina pendula</i>	53
26. Crecimiento de pedúnculos en el cultivo <i>Cuitlauzina pendula</i>	54
27. Crecimiento de flores (a), desarrollo de frutos (b), durante el cultivo de <i>Cuitlauzina pendula</i>	55

CUADROS

Página

1.	Tratamientos para el diseño experimental utilizados en el cultivo de <i>Cuitlauzina pendula</i>	22
2.	Áreas de distribución de <i>Cuitlauzina pendula</i> , en San Andrés Chicahuaxtla, Putla Villa de Guerrero, Oaxaca	25
3.	Concentración de nutrimentos en sustrato, expresados en ppm y su equivalencia en porcentaje de las submuestras (epífitas asociadas y componentes del sustrato) en ambos muestreos realizados en el hábitat de <i>Cuitlauzina pendula</i>	32
4.	Concentración promedio de los nutrimentos del sustrato	33
5.	Concentración total de los cinco nutrimentos estudiados, expresados en partes por millón	33
6.	Correlación entre los nutrimentos cuantificados en epífitas asociadas y componentes del sustrato de <i>Cuitlauzina pendula</i>	37
7.	Correlación entre P, Ca, K y Mg de las epífitas asociadas y sustrato	38
8.	Concentración de nutrimentos en <i>Cuitlauzina pendula</i> , expresado en partes por millón y su equivalencia en porcentaje	39
9.	Nutrimentos en agua de escurrimiento en <i>Quercus crassifolia</i> , forofito de <i>Cuitlauzina pendula</i> , expresados en ppm y su equivalencia en porcentaje	44
10.	Correlación de nutrimentos cuantificados en agua de escurrimiento	48
11.	Comparación del contenido nutrimental en agua de escurrimiento, expresado en partes por millón	69

RESUMEN

Se identificaron las áreas de distribución de *Cuitlauzina pendula* en San Andrés Chicahuaxtla, se describió su hábitat y se cuantificaron los nutrimentos esenciales disponibles en el sustrato y agua de escurrimiento a partir del sitio donde se establece la orquídea. De las tres poblaciones identificadas, se seleccionaron las dos de mayor tamaño y menor grado de perturbación, para recolectar un total de 29 especímenes para su cultivo. Se estableció un diseño experimental de cuatro tratamientos, tres con ocho individuos y el testigo con cinco. Como fuente de nutrimentos, a cada tratamiento se le aplicó un abono líquido fermentado elaborado a base de frutas. Se midieron las variables: número de pseudobulbos, hojas, brotes, pedúnculos, flores y cápsulas.

Para la descripción del hábitat se determinó taxonómicamente el forofito y se cuantificaron las epífitas asociadas, composición del sustrato (hojas, tallos y miscelánea) y la composición nutrimental del sustrato y agua de escurrimiento en el sitio donde se establece la orquídea. Se registró que *Quercus crassifolia* es el forofito del 100% de individuos censados de *Cuitlauzina pendula* y que su establecimiento está asociado a briofitas del género *Syrrhopodon* y ocasionalmente se agrega con *Oreopanax sanderianus*, *Polypodium fraternum*, *Dryopteris simplicior*, *Campyloneurum angustifolium*, *Pleopeltis angusta*, *Isochilus bracteatus* y *Rhynchosstele maculata* subsp. *oestlundiana*.

Con los resultados obtenidos en el cultivo, se realizó una prueba de Tukey, en la que no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; el máximo crecimiento de órganos (pseudobulbos, hojas y cápsulas) ocurrió en el tratamiento 3, con la mayor concentración de líquido fermentado. El contenido de nitrógeno y calcio fue mayor en el sustrato, la concentración más elevada de fósforo, potasio y magnesio se presentó en las epífitas asociadas. *Cuitlauzina pendula* concentró la mayor cantidad de nutrimentos en pseudobulbos y cápsulas, pero la concentración no es superior al resto de las epífitas estudiadas. El análisis nutrimental del agua mostró una correlación positiva entre P-NH₄, Ca-K y Mg-Ca. *C. pendula* es más eficiente en el uso de nutrimentos que sus especies asociadas y puede ser cultivada si se le aplican nutrimentos vía foliar.

I INTRODUCCIÓN

El bosque mesófilo de montaña representa menos del 1% de la superficie total del territorio mexicano; el estado de Oaxaca cuenta con la mayor superficie y en mejor estado de conservación (Acosta, 1997). El gradiente altitudinal en que se desarrolla oscila entre 600 y 2700 m, presenta una precipitación media anual de 1000 a 3000 mm, con una temporada de sequía y generalmente se desarrolla en climas templados (Rzedowski, 1994).

De acuerdo con Challenger y Soberón (2008) y Villaseñor (2010), en esta comunidad vegetal se encuentra alrededor del 10% del total de especies de plantas vasculares de todo el país, además de gran cantidad de especies endémicas. Un grupo taxonómico bien representado en este ecosistema es la familia Orchidaceae. México cuenta con una diversidad aproximada de 1,200 de las más de 25,000 especies descritas (Flores-Escobar *et al.*, 2008), de éstas, aproximadamente el 40% son endémicas y debido a la influencia directa o indirecta de las actividades humanas, alrededor de 200 especies son catalogadas como amenazadas o en peligro de extinción (Castro-Hernández *et al.*, 1999; Mata-Rosas y Salazar-Rojas, 2009; Solano *et al.*, 2010; Menchaca *et al.*, 2012). El caso de *Cuitlauzina pendula* no es ajeno, la colecta y venta ilegal son una amenaza potencial (Flores-Palacios y Valencia-Díaz, 2007).

La Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) que se refiere a la Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, incluye a *Cuitlauzina pendula*, especie endémica de México en la categoría de especie amenazada (SEMARNAT, 2002). En el municipio de San Andrés Chicahuaxtla, en el estado de Oaxaca, *C. pendula* se distribuye en áreas restringidas en el bosque mesófilo de montaña y de acuerdo con la información proporcionada por los habitantes, se tiene registro de que ha sido utilizada desde hace muchos años en festividades de Semana Santa, aunado a la destrucción de su hábitat, prácticas agrícolas y la tala excesiva, sus poblaciones han sufrido una disminución considerable. En este trabajo se describe ecológicamente el hábitat

particular de la especie y se estudian las fuentes de cinco nutrimentos y su concentración en su micro-hábitat, además se estableció su cultivo como propuesta para contrarrestar la reducción de sus poblaciones.

II MARCO TEÓRICO

2.1 Bosque mesófilo de montaña

El bosque mesófilo de montaña es un ecosistema que prospera en barrancas y laderas con neblina, se encuentra aislado física y climatológicamente en la parte media de las montañas y se caracteriza por la presencia de abundantes epífitas y generalmente musgos en los troncos y ramas de los árboles (Aldrich *et al.*, 2000). Es una comunidad vegetal relictual y debido a las condiciones particulares de temperatura y humedad que requiere, se encuentra en áreas muy reducidas, por lo que presenta una distribución naturalmente fragmentada (Challenger y Caballero, 1998).

Esta comunidad vegetal resulta difícil de caracterizar, debido a que comparte numerosos elementos florísticos con los tipos de vegetación colindantes, además de representar la línea de unión entre especies de origen boreal y neotropical (Alcántara y Luna, 1997). Su importancia radica en la riqueza de especies por unidad de superficie que alberga, (Ramírez-Bamonde *et al.*, 2008; Santiago-Pérez *et al.*, 2009), que contribuye de manera importante con la biodiversidad nacional (Álvarez-Aquino *et al.*, 2008), además de proporcionar diversos servicios ambientales (Williams-Linera *et al.*, 2002).

Se desarrolla en ambientes con gran heterogeneidad climática y altitudinal (Catalán *et al.*, 2003), con mayor frecuencia en climas templados con temperatura media anual de 12 a 23 °C y entre 600 y 2700 m de altitud (Rzedowski, 1994; Rzedowski, 2006). Presenta una

precipitación media anual de 1000 a 3000 mm, con una temporada de sequía y elevada humedad atmosférica que ocasiona la formación de neblina durante todo el año, sobre todo en la época fría (Luna *et al.*, 1994).

En la República Mexicana se distribuye en ambas vertientes (Golfo de México y Océano Pacífico), en la Faja Volcánica Transmexicana y en el Valle de México (Valdez *et al.*, 2003). Los estados con mayor superficie de bosque mesófilo son: Oaxaca (35,217 ha), Chiapas (27,526 ha), Hidalgo (21,641 ha), San Luis Potosí (17,184 ha), Guerrero (14,156 ha), Veracruz (12,325 ha), Puebla (7,452 ha) y Colima (6,870 ha) (Ortega y Castillo, 1996).

Ocupa entre 0.5 y 1.0% de la superficie del territorio nacional; debido a su limitada extensión, la fragmentación y la perturbación, es uno de los ecosistemas más amenazados (Acosta, 2004) y se estima que aproximadamente 50% de la superficie original ha sido reemplazada por otros tipos de cobertura (CONABIO, 2010), debido a la introducción de diversos sistemas productivos como agricultura, extracción forestal, pastoreo, asentamientos humanos, entre otros (Ramírez-Marcial *et al.*, 2008; Toledo, 2009; Plascencia *et al.*, 2011).

El bosque mesófilo de montaña se caracteriza por presentar especies dominantes de clima templado como *Liquidambar*, *Quercus*, *Fagus* y *Pinus*; el sotobosque está conformado principalmente por especies tropicales perennifolias como arbustos de las familias Acanthaceae, Rubiaceae y Myrsinaceae y en las copas de los árboles abundan epífitas de las familias Orchidaceae, Bromeliaceae, Piperaceae y Araceae (CONABIO, 2010).

2.2 Familia Orchidaceae

La familia Orchidaceae es una de las más diversas dentro de las monocotiledóneas, con más de 25,000 especies a nivel mundial; aunque su distribución es cosmopolita, son más diversas en las regiones tropicales (Salazar-Chávez, 2006). Los miembros de esta familia son altamente especializados en sus síndromes de polinización, que les garantizan la fecundación cruzada (Brechtel *et al.*, 1992).

La mayoría son de hábito epífita en distintos tipos de vegetación, contribuyendo de manera importante a la diversidad de los ecosistemas y en algunos, representan gran cantidad de su biomasa, que constituye un importante almacén de recursos para esta forma de vida (Rzedowski *et al.*, 2005; Mújica *et al.*, 2010). En México, las orquídeas se distribuyen principalmente en los bosques húmedos que se concentran en el sur y sureste del país, se estima que existen alrededor de 168 géneros y más de 1200 especies (Pérez-Bravo *et al.*, 2010) de éstas, alrededor del 50 a 60% se encuentran en bosques mesófilos de montaña (Hágsater *et al.*, 2005).

Acosta (2002) indicó que Oaxaca es el estado con el mayor número de orquídeas (15% del total estimado para el país), con una riqueza de 144 géneros y alrededor de 700 especies, de las cuales 9% son endémicas del estado (García-Mendoza *et al.*, 2004; Solano-Gómez *et al.*, 2007), resultado de la conjunción de varias provincias florísticas, gran heterogeneidad fisiográfica y el hecho de ser un refugio de linajes antiguos (García-Mendoza *et al.*, 1994).

Según Brechtel y Cribb (1981), las orquídeas han tenido gran éxito en la colonización de diversos ambientes debido a su diversidad morfológica, que les permite soportar las condiciones impuestas por los diferentes hábitos.

2.3 Morfología

El 70% de las orquídeas son epífitas, el 30% restante son terrestres, litófitas, o bien, son de hábito saprófito (Hágsater *et al.*, 2005). A lo largo de la historia evolutiva, las orquídeas epífitas han desarrollado una serie de adaptaciones morfológicas que les permiten tolerar las condiciones nutrimentales y ambientales impuestas por su hábito; sus órganos se han modificado para la especialización en sus funciones, logrando una mejor captación y aprovechamiento de agua, nutrimentos y energía (Granados-Sánchez *et al.*, 2003).

Las flores de las orquídeas presentan una serie de modificaciones estructurales y gran variedad de formas, tamaños y colores que les brindan una belleza singular. De acuerdo con Withner (1990), se pueden observar tres procesos evolutivos principales: 1) reducción del número de partes; 2) fusión de las partes y 3) modificación de partes (un pétalo que forma el labelo); que se relacionan de manera estrecha con los especializados síndromes de polinización.

Las flores son zigomorfas y presentan ovario ínfero. El cáliz está formado por tres sépalos, dos laterales y uno dorsal que difiere en forma y tamaño; la corola tiene tres pétalos, dos que están por encima de los sépalos dorsales y el tercero que se modifica para formar el labio o labelo (Oliveira y Sajo, 2001). El labelo se caracteriza por su forma y ornamentación, adaptadas para la atracción de insectos para su polinización, que en algunas especies resulta específica (Kramer, 1977). El ginostegio es la estructura más distintiva de las flores, está formado por la fusión del androceo y gineceo (estambres y pistilos), estructuras que en flores de otras familias se encuentran libres (Hew y Yong, 2004).

La presencia de órganos de almacenamiento le confiere a las orquídeas la capacidad de crecer y supervivir en ambientes hostiles, sobretodo durante periodos de sequía (Zotz, 1999). Los pseudobulbos son estructuras de almacenamiento de agua formado por el engrosamiento de uno o varios entrenudos del tallo; existe gran variedad morfológica y la mayoría posee una cutícula gruesa e impermeable al agua y los gases (Schoser, 1993).

De acuerdo con Hew y Ng (2000) el desarrollo de pseudobulbos, permite la acumulación activa de nutrimentos minerales, constituyendo una importante reserva para el crecimiento de nuevos brotes y la floración, favoreciendo la fecundidad de las orquídeas. En condiciones de escasez de agua, el crecimiento de la planta se torna lento e incluso pueden supervivir a través de periodos de dormancia (Moreira e Isaias, 2008).

La mayoría de las orquídeas tienen hojas duras, coriáceas y suculentas, también las hay delgadas y de consistencia papirácea (por lo general en especies terrestres); algunas presentan hojas caedizas cuando llegan a su madurez, sin embargo, la mayoría son perennes (Schoser, 1993).

El crecimiento de las hojas en orquídeas simpodiales ocurre a partir del ápice de los pseudobulbos, mientras que en orquídeas monopodiales, crecen de manera opuesta al tallo (Nabors, 2006). Por lo general, las hojas de las orquídeas epífitas son carnosas o conduplicadas, vistas de perfil tienen forma de “V”, paredes celulares engrosadas y epidermis muy gruesa, sumamente eficaz en el control de la pérdida de agua (Brechtel *et al.*, 1992).

De acuerdo a la especie las raíces son simples o ramificadas, carnosas o delgadas; en orquídeas epífitas, las raíces son aéreas, además del anclaje y soporte, cubren necesidades como la absorción y reserva de agua y nutrimentos e incluso pueden ser fotosintéticas (Parrilla y Ackerman, 1990; Zotz y Andrade, 2002). La principal característica es la presencia de velamen (responsable del grosor y color blanquecino-grisáceo), se trata de una o múltiples capas de células muertas rodeadas de celulosa que cubren su epidermis (en algunas especies hasta 18 capas) (Benzing *et al.*, 1982).

La principal función del velamen es la absorción, ya que permite a la raíz apropiarse rápidamente de agua y minerales por imbibición (Oliveira y Sajo, 1999), además de reducir la pérdida de agua, la tasa de transpiración y a su vez, brindar protección mecánica, protegiendo también la corteza del forofito (Trépanier *et al.*, 2009). El agua y los nutrimentos absorbidos son almacenados de forma masiva y debido a un consumo redundante, el velamen es capaz de concentrar más de lo necesario, fungiendo como un almacén (Brechtel y Cribb, 1981).

Según Parrilla y Ackerman (1990), el sistema radical es abundante y persistente, se calcula que su espesor puede llegar a representar dos tercios del total de la biomasa de la planta. Algunas orquídeas epífitas tienen raíces fotosintéticas, en ocasiones, el único indicio es el ápice de la raíz que se torna de color verde, mientras que en algunos géneros, dicha capacidad es muy evidente, ya que la raíz es muy aplanada (semejante a hojas) e incluso completamente verde (Brechtel y Cribb, 1981; Zotz y Andrade, 2002; Hágsater *et al.*, 2005).

2.4 Ecofisiología de orquídeas epífitas

Las epífitas (del griego *epi* que significa “sobre” y *phyton* “planta”) son plantas que crecen sobre otras plantas, adheridas a troncos y ramas de árboles y arbustos; su distribución está influenciada por tres factores principales: bióticos, abióticos y los referentes al sustrato (Hernández-Rosas, 2001), ya que éste mantiene una estrecha relación con la morfología, el ciclo de vida y la tolerancia ambiental de las plantas en el dosel (Watthana y Pedersen, 2008). El forofito en el que crecen es utilizado sólo como soporte físico, actuando como un sustrato inerte y de acuerdo a Izco (2004) no recibe más daño que el provocado por su abundancia dentro de las ramas.

Migenis y Ackerman (1993), Hágsater y Dumont (1996) y Bergstrom y Carter (2008) han estudiado el tema de la especificidad hacia un determinado forofito, basada en sus características (forma biológica, condición perenne o caducifolia, edad, altura, sistema de ramificación, ángulo de inclinación de las ramas y la cantidad de luz que se filtra a través de la copa) (Triana-Moreno, 2003; Maldonado-Mijangos, 2007); de igual manera, las de su corteza (estructura, relieve, textura y composición química) (Trapnell y Hamrick, 2006; Otero *et al.*, 2007; Vergara-Torres *et al.*, 2010), que le permiten formar y acumular un sustrato compuesto por el depósito de humus (Nadkarni, 2000; Hernández-Rosas, 2001).

Las plantas epífitas utilizan mecanismos muy variados para sobrellevar las condiciones que les impone su hábito; algunos factores que pueden limitar su desarrollo, además de la sombra y la radiación solar intensa, son las restricciones nutrimentales e hídricas, para contrarrestarlas, dependen de manera más directa de la precipitación en forma de lluvia y neblina (Hágsater y Dumont, 1996; Laube y Zotz, 2003; Hew y Yong, 2004; Woda *et al.*, 2006).

Presentan modificaciones morfológicas, anatómicas y fisiológicas que les permiten captar, absorber y almacenar agua, así como evitar su pérdida y la de los solutos disueltos que contiene (Ceja *et al.*, 2008). Una de las estrategias y quizá la más exitosa para afrontar las limitaciones hídricas, es el desarrollo de órganos de almacenamiento (hojas suculentas y pseudobulbos) (Fernández-Concha, 2010), además del incremento en la talla de los órganos florales (Dressler, 1981).

Varias especies de orquídeas pueden vivir en un mismo forofito, en él, cada especie encuentra una fuente distinta de nutrimentos, pese a que todos son de origen orgánico (cantidad de hojas, espesor de la corteza, volumen de lixiviado que llega al sistema radical a través de las ramas, entre otras) dan cabida a la distribución de las especies en el forofito (García-Franco y Toledo-Aceves, 2008).

Cabe señalar que el sistema radical de las orquídeas experimenta un lento crecimiento, razón por la cual la intercepción de nutrimentos por esta vía es escasa y más bien, la nutrición de la planta tiene lugar a través de los nutrimentos disueltos en el agua de lluvia y lixiviados que llegan a la raíz, desde luego están incluidos aquellos que resultan de la mineralización de la materia orgánica acumulada en el follaje y pseudobulbos de la plantas (Benzing, 1973; Arditti, 1992).

Las orquídeas se asocian de manera mutualista a hongos micorrízicos, que abastecen a las plantas jóvenes de azúcares y los nutrimentos que requieren, hasta que son capaces de fabricar su propio alimento, sobretodo, cuando la concentración de nutrimentos en el medio es baja (Moreno *et al.*, 2000); además presentan metabolismo CAM (Torres *et al.*, 2007), que se caracteriza por la absorción nocturna de CO₂ y su asimilación en ácidos de cuatro carbonos (Fu y Hew, 1982; Gouk *et al.*, 1999). La fotosíntesis CAM se encuentra en aproximadamente 7 por ciento de las especies de plantas vasculares (Geydan y Mergalejo, 2005), de las cuales alrededor del 10 por ciento son epífitas (principalmente bromelias y orquídeas), de éstas un 72 por ciento son orquídeas (Silvera *et al.*, 2009).

Para tolerar las deficiencias nutrimentales, aprovechan la acumulación de humus en los árboles, además de rasgos morfológicos que les permiten ser receptoras de hojarasca que presenta procesos de transformación y pasa a formar parte del almacén de nutrimentos que se forma en el sitio de inserción planta-forofito (Hernández-Rosas, 2000; Zotz y Hietz, 2001); del mismo modo, la abundancia del sistema radical les permite la formación de depósitos de materiales que le sirven de sustrato y fuente de nutrimentos (Granados-Sánchez *et al.*, 2003).

Para llevar a cabo la nutrición atmosférica, utilizan de manera activa su raíz especializada (Raven *et al.*, 1991; Oliveira y Sajo, 1999). El aire es fuente de nutrimentos,

al transportar partículas, restos orgánicos y agua en forma de neblina, que juega un papel importante como fuente adicional de este recurso (Stewart, 1991; Woda *et al.*, 2006).

La morfología de *Cuitlauzina pendula* permite la acumulación de materia orgánica en el sitio donde se establece; la planta utiliza como fuente de nutrimentos el producto de la humificación de dicha materia, así como el agua de lluvia que establece contacto con el sistema radical y el escaso material mineral que se acumula. Realizar su cultivo implica la simulación de las condiciones ambientales y nutrimentales de su hábitat, una alternativa es la incorporación de abonos orgánicos que contribuyan a la nutrición de las plantas y favorezcan su crecimiento.

2.5 Uso potencial de abonos y fertilizantes orgánicos

Un sistema que contribuye a la conservación de especies es el cultivo, ya sea *in situ* o *ex situ*, permite producir grandes lotes de organismos e impedir la extracción de las plantas de su hábitat natural, además de controlar las condiciones en que éstas se desarrollan de manera óptima (luz, temperatura, humedad, nutrimentos, entre otros) (Iriondo, 2001; López y Runkle, 2005).

Los cultivos orgánicos reducen el uso de factores externos al ambiente que provocan daños a los recursos naturales (como fertilizantes químicos, plaguicidas, entre otros), además de crear resistencia a plagas y enfermedades e incrementar el tamaño de las plantas, obteniendo mayor eficacia en el cultivo (Tomaz *et al.*, 2010). Pérez *et al.* (2002) define el proceso de fertilización orgánica como la aplicación de productos o insumos provenientes del reciclado de materiales o sustancias naturales, de origen vegetal o animal previamente fermentados, aunque también se puede recurrir al uso de insumos que aporten suficiente materia orgánica (Sander, 1979).

El proceso de fermentación es una réplica de la descomposición que la naturaleza realiza en el reciclaje de la materia orgánica, obteniendo mayores beneficios, tanto para el

cultivo como para el medio, por lo tanto, es el proceso de mayor uso en la producción de abonos orgánicos, sólidos o líquidos (Restrepo, 2000).

La elaboración del abono tipo Bocashi se basa en procesos de descomposición aeróbica de los residuos orgánicos y temperaturas controladas a través de poblaciones de microorganismos existentes en los propios residuos, que en condiciones favorables producen un material parcialmente estable de lenta descomposición. La composición del Bocashi puede variar considerablemente, no existe una receta o fórmula fija para su elaboración y se ajusta a las condiciones y materiales existentes (López *et al.*, 2001).

La fertilización se puede aplicar directamente al suelo, o bien dependiendo de la naturaleza del cultivo, se puede suministrar de distintas formas, una de ellas es la fertilización foliar, que consiste en la incorporación de nutrimentos a través del follaje (hojas, tallos y flores) (Parker, 2000).

La incorporación de elementos esenciales favorece el crecimiento de las plantas (Wang, 1996), sin embargo, la fertilización foliar únicamente resulta útil cuando la cantidad de nutrimentos es pequeña, en el caso opuesto, reduciría el crecimiento de las plantas por efectos de toxicidad (Suárez, 2007). En este trabajo se utilizará el abono tipo Bocashi como parte del sustrato para el cultivo de *Cuitlauzina pendula*, además de un abono líquido fermentado, aplicado de manera foliar.

2.6 Taxonomía de *Cuitlauzina pendula*

De acuerdo con la APG (Angiosperm Phylogeny Group) III (2009) *Cuitlauzina pendula* se encuentra categorizada dentro de la división Embriophyta, clase Equisetopsida y en el orden Asparagales. Pertenece a la familia Orchidaceae, subfamilia Epidendroideae, tribu Maxillarieae y subtribu Oncidiinae.

Cuitlauzina pendula La Llave & Lex.

Odontoglossum citrosmum Lindl.

Oncidium galeottianum (A. Rich.) Beer.

Odontoglossum pendulum (La Llave & Lex.) Bateman

Odontoglossum pendulum Linden & Rodigas

Hojas oblongo-elípticas o lanceoladas, 2 en cada pseudobulbo, de 10 a 25 cm de longitud y 2 a 5 cm de ancho; racimos de alrededor de 20 cm de longitud, cada uno con aproximadamente 15 flores, comúnmente en zigzag; pedúnculo siempre axilar, con 2 brácteas cortas imbricadas que surgen desde la base del pseudobulbo; brácteas coriáceas, opacas, de 2 a 3 cm de longitud; ovarios pedicelados de 1.5 a 3 cm de longitud; flores de 4 a 6 cm, rosas o blancas (excepto el labelo) o esencialmente blancas o con algunas máculas rosas; punta del labelo amarillo; sépalos y pétalos similares, elípticos-obovados, obtusos de 2 a 3 cm de longitud y 1 a 2 cm de ancho; labelo de 2.5 a 3 cm de longitud, con el lóbulo central más ancho que largo, reniforme o transversalmente oblongo y con frecuencia dentado en el ápice, truncado o cordado en la base, de 2 a 3 cm de ancho y 1 a 2 cm de largo, dilatado y acanalado apicalmente; columna (excluyendo el apéndice terminal) de 4 a 6 mm de largo y 3 a 5 mm de ancho, prácticamente exentos del labio y en ángulo recto a éste, con 2 aurículas laterales, redondeadas o dentadas, blanquecinas y una aurícula erecta similar en la punta, por encima de la antera, esta última suele ser evidente; polinio de 2.5 mm de largo, cápsula ovoide de 3 cm de largo (McVaugh, 1985).

Cuitlauzina pendula comúnmente es llamada “chorritos”, “pozolillo”, “cola de borrego” o “flor de nube”. Habita en bosque mesófilo de montaña, en forofitos del género *Quercus*; suele ser abundante en sitios templados o semicálidos subhúmedos, con lluvias abundantes en verano y pocas en invierno, además de gran cantidad de neblina. Crece en depósitos de humus y con frecuencia entre los rizomas de helechos del género *Polypodium*. En el sur de Oaxaca se puede encontrar en barrancas con bosque mesofítico, en altitudes que van de 1400 a 1430 m (Halbinger, 1975).



Figura 1. *Cuitlauzina pendula*: (A) ejemplar herborizado, (B) inflorescencia, (C) flor y (D) fruto.

2.7 Estudios previos

La Llave y Lexarza (1824) recolectaron y describieron a *Cuitlauzina pendula*, nombrada así en honor de Cuitlahuatzin, Gobernador de Iztapalapa. *Cuitlauzina* es un género monotípico. Hartmann (1971) realizó una descripción morfológica de *C. pendula*, cuya nomenclatura había sufrido un cambio, debido a que sus características eran muy similares a especies del género *Odontoglossum*, por lo que fue nombrada *Odontoglossum citrosimum*.

Halbinger (1975) discute sobre las primeras clasificaciones de *Cuitlauzina pendula*, que a través de los años fue incluida en los géneros *Odontoglossum*, *Oncidium* y *Lichterveldia*; debido a sus características, realmente no pertenecía a ninguno de los anteriores, por lo que se aceptó el género *Cuitlauzina*. Robbins (1992) realizó una breve nota referente a *C. pendula*, describiendo parte de su clasificación y morfología, así como de las condiciones necesarias para su cultivo.

Sandoval (1993) estudió su anatomía foliar; las hojas de *Cuitlauzina pendula* vistas de perfil tienen forma de "V". Contiene un mesófilo diferenciado en parénquima empalizada y esponjoso, numerosos haces vasculares (109-117) rodeados por una vaina parenquimatosa y una hilera de paquetes de fibras no vasculares en posición abaxial. Un

rasgo distintivo es la distribución de sus estomas, que no se encuentran en líneas paralelas (como ocurre en hojas coriáceas) y que contienen células subsidiarias.

Salazar-Rojas y Mata-Rosas (2003) presentaron el método y resultados preliminares sobre la propagación *in vitro* de tres orquídeas mexicanas (*Mormodes tuxtlensis*, *Cuitlauzina pendula* y *Lycaste skinneri*), que se realizó con la finalidad de mantener una colección científica de plantas vivas, para la investigación, educación, difusión y propagación, además de contribuir a la conservación y el uso sustentable de especies endémicas o en peligro de extinción.

Mata-Rosas y Salazar-Rojas (2009) cultivaron *in vitro* tres especies de orquídeas mexicanas en peligro de extinción, entre ellas *Cuitlauzina pendula*. Utilizaron dos medios de cultivo (Murashige y Skoog (MS) y Knudson C modificado (KCM)) a los que adicionaron benciladenina y ácido α -naftalenacético en diferentes concentraciones para describir su efecto en la etapa de crecimiento. Una vez emergidas las plántulas, fueron cultivadas *ex vitro* en macetas con tres diferentes sustratos (mezcla de suelo, corteza de pino y piedra pómez). En el caso de *Cuitlauzina pendula*, se obtuvo mayor número de plántulas *in vitro* con el medio MS y *ex vitro* con la mezcla de suelo, piedra pómez y fibras de árbol, en orden decreciente.

Sandoval-Zapotitla *et al.* (2010) analizaron la diversidad de inclusiones minerales en la subtribu Oncidiinae; el género *Cuitlauzina* presenta 58 por ciento de abundancia de cristales, con gran variación, en la que se incluyen prismas, haces de fibras adaxiales, estérgmatos, drusas y placas radiales, en *C. pendula* están ausentes los haces de fibras adaxiales, estérgmatos y las placas radiales.

En el presente estudio se describe el hábitat de *Cuitlauzina pendula* y el ciclo de algunos nutrimentos que hacen posible su establecimiento y desarrollo bajo estas condiciones, con el fin de simularlas para su cultivo *ex situ* bajo tres tratamientos con abono líquido fermentado.

III OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Estudiar las fuentes de cinco nutrimentos, así como su concentración en las epífitas asociadas y el sustrato que conforman el hábitat natural de *Cuitlauzina pendula* y con base en la información obtenida, realizar su cultivo *ex situ* en un área cercana a las poblaciones naturales.

3.2 Objetivos particulares

- Establecer la distribución poblacional de *Cuitlauzina pendula* en el predio de San Andrés Chicahuaxtla.
- Describir el hábitat particular de los individuos y su distribución en el forofito.
- Cuantificar nitrógeno, fósforo, calcio, potasio y magnesio en las epífitas asociadas, componentes del sustrato y tejido vegetal de *C. pendula*.
- Analizar los cinco nutrimentos anteriores en el agua de escurrimiento que tiene contacto con el sistema radical de *C. pendula*.
- Cultivar *ex situ* a *C. pendula* en condiciones similares a las de su hábitat.

IV HIPÓTESIS

Conocer el hábitat natural de *Cuitlauzina pendula*, así como las fuentes de nutrimentos que utiliza y su concentración, permitirá realizar su cultivo *ex situ* en condiciones similares, adicionando un abono líquido fermentado preparado a base de frutas.

V METODOLOGÍA

5.1 Área de estudio y sitios de muestreo

Las Sierras Triqui-Mixteca fueron designadas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad como la Región Terrestre Prioritaria número 126 de las 152 en el país, ya que destaca por su gran riqueza ecosistémica y específica. El área se localiza entre las coordenadas extremas latitud N: 16° 54' 23" a 17° 35' 14" y longitud W: 97° 32' 21" a 98° 24' 29", comprenden varios municipios del estado de Guerrero y Oaxaca y su vegetación se compone de bosque mesófilo de montaña, bosque de pino y bosque de pino-encino (Arriaga *et al.*, 2000).

En las partes altas y húmedas de la sierra, al sur de los distritos de Tlaxiaco y Juxtlahuaca, se localiza un reducido bosque mesófilo de montaña con especies como *Quercus* spp., *Oreopanax xalapensis*, *Myrsine juergensenii*, *Ostrya virginiana*, *Chiranthodendron pentadactylon* y *Liquidambar styraciflua*, entre otras (García-Mendoza *et al.*, 1994).

El municipio Putla Villa de Guerrero, se localiza al suroeste del estado de Oaxaca; se encuentra dentro de la Región Mixteca, enclavado en la Sierra Sur y rodeado de montañas de altura sobresaliente. Limita al norte con Santiago Juxtlahuaca y Heróica Ciudad de Tlaxiaco; al sur con San Andrés Cabecera Nueva; al oriente con Santa Lucía Monte Verde y al poniente con Constancia del Rosario. Presenta clima templado y cálido, con una temperatura media anual de 20°C, predomina la vegetación boscosa (incluyendo el bosque mesófilo de montaña) y gran variedad de especies animales (INAFED, 2009).

El estudio se realizó al norte de la cabecera municipal, en la comunidad de San Andrés Chicahuaxtla (Figura 2); los sitios de muestreo se ubican en un predio del ejido Mesoncito, en las coordenadas 17° 06' 54.1" N y 97° 51' 63.7" W, a una altura de 1937 metros. El tipo de vegetación es bosque mesófilo de montaña, con especies como *Quercus* spp., *Oreopanax xalapensis* y *Ostrya virginiana*, entre otras, en el que se puede encontrar

de manera natural a *Cuitlauzina pendula*. Los grupos de suelos mejor representados son Leptosol, Regosol y Cambisol (Gobierno municipal, Putla Villa de Guerrero, 2009).

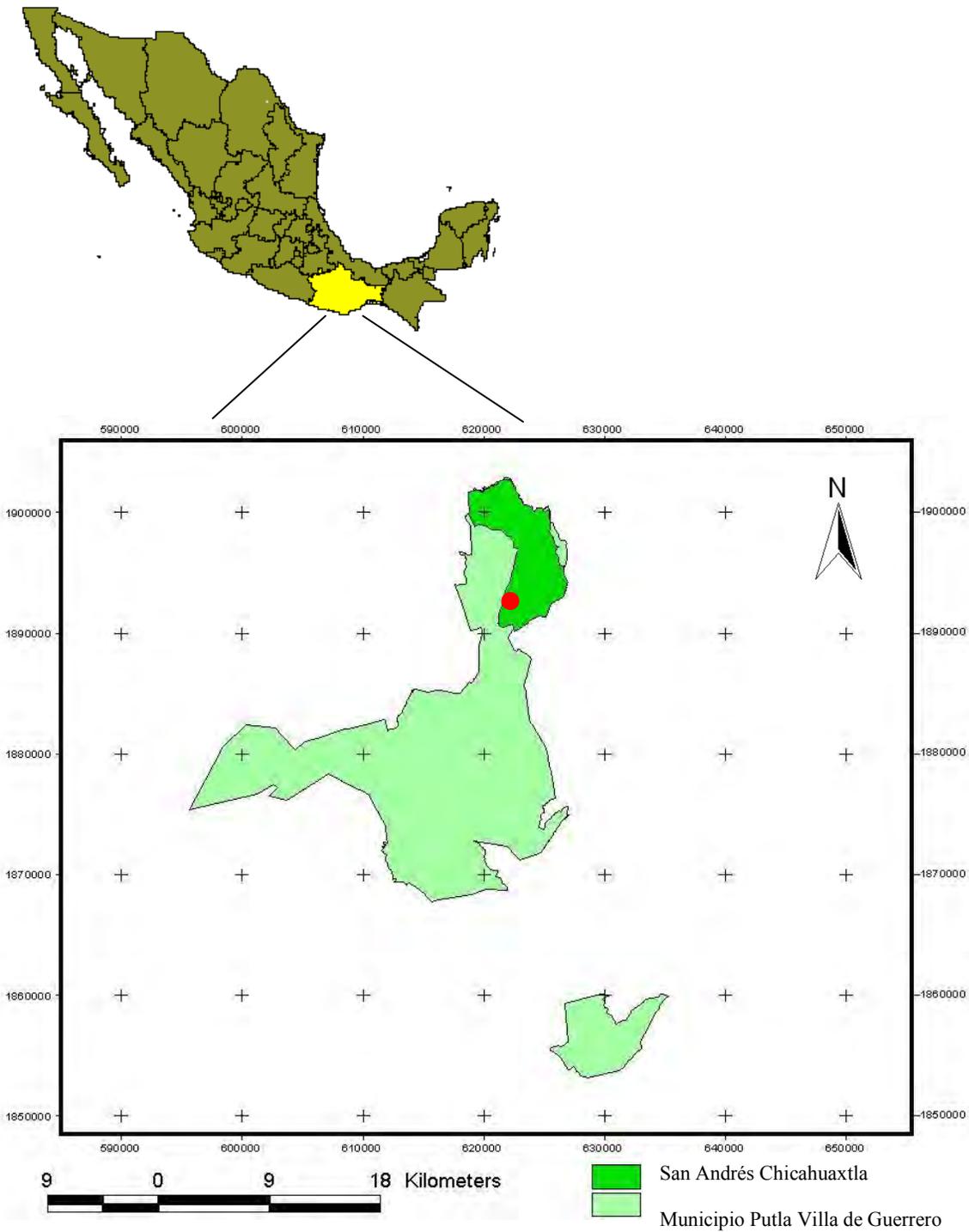


Figura 2. Ubicación del área de estudio; en verde oscuro la comunidad San Andrés Chicahuaxtla y en rojo, el sitio de muestreo.

5.2 Áreas de distribución y muestreo de *Cuitlauzina pendula*

Con el apoyo de un guía, se realizaron recorridos para ubicar las zonas de distribución de *Cuitlauzina pendula* en el predio comunal de San Andrés Chicahuaxtla. Se hizo un censo poblacional de la especie y sus forofitos, con la finalidad de seleccionar el área con el mayor número de individuos y menor grado de perturbación, el sitio fue georreferenciado con un geoposicionador MAGELAN 330. Se cuantificó el número de individuos en 20 forofitos con un DAP > 20 cm y se recolectaron veintinueve organismos para realizar su cultivo.

5.3 Descripción del hábitat y muestreo de sustrato

Los individuos que se encontraron en el hábitat de *Cuitlauzina pendula* se identificaron taxonómicamente, incluido el forofito. Se realizaron dos muestreos anuales (junio 2011 y agosto 2012); se describió cualitativamente el hábitat, se extrajo en un área de 30x30 cm el sustrato que le sirve de soporte y fuente de recursos para su análisis nutrimental (nitrógeno, fósforo, calcio, potasio y magnesio) y establecer la composición porcentual de la biomasa seca de ramas, hojas, pseudobulbos y miscelánea.

5.4 Submuestras

Una vez cuantificada la biomasa de cada muestra de sustrato, se dividió en dos submuestras, una formada por las epífitas cuyo crecimiento se encuentra asociado al de la orquídea y la otra, por la biomasa seca que forma el sustrato. En cada submuestra se reconoció y separó cada componente y se determinó la masa y porcentaje representado por cada uno; la biomasa de las epífitas asociadas se determinó directamente (biomasa fresca), mientras que la biomasa seca se mantuvo a temperatura ambiente y una vez libre de humedad, se realizó el pesado y determinación porcentual.

5.5 Muestreo de agua

Se realizaron dos muestreos anuales (agosto 2011 y septiembre 2012) del agua de escurrimiento a partir del sitio donde se establece *Cuitlauzina pendula*. Se colocó un sistema para la recolección de agua de escurrimiento y que además, ha pasado por el sistema radical de la orquídea; el sistema consistió en un embudo con diámetro de 20 cm conectado a una manguera con longitud necesaria para llegar a un depósito con capacidad de cuatro litros (Figura 3). El agua recolectada fue transportada al laboratorio para el análisis de nutrimentos (nitrógeno, fósforo, calcio, potasio y magnesio).



Figura 3. Sistema para la captación de agua en *Quercus crassifolia*, forofito de *Cuitlauzina pendula*.

5.6 Cultivo de *Cuitlauzina pendula*

5.6.1 Llenado de la maceta

En cada maceta (unidad experimental) se colocó abono tipo Bocashi, preparado con elementos que la especie utiliza en su hábitat como fuente de nutrientes, mezclados con fragmentos secos de *Quercus crassifolia*, forofito de *Cuitlauzina pendula*. En el centro de cada maceta se colocó un segmento de forofito sobre el cual fue inducido el establecimiento de la orquídea y enseguida se llenó a toda su capacidad con abono sólido tipo Bocashi (Figura 4).



Figura 4. Llenado de maceta (A, B y C) para el cultivo de *Cuitlauzina pendula*.

5.6.2 Diseño experimental

El experimento consistió en cuatro tratamientos incluido el testigo; tres tratamientos con ocho repeticiones fueron abonados con diferentes dosis de abono líquido y uno más (con cinco repeticiones) fue utilizado como testigo, dando un total de veintinueve unidades experimentales. Una vez establecidos, se evaluó el número de órganos nuevos (hojas, pseudobulbos, pedúnculos, flores y frutos) (Figura 5). El monitoreo de los individuos se efectuó cada cuatro semanas durante seis meses, de los cuales, los dos primeros fueron necesarios para su establecimiento.

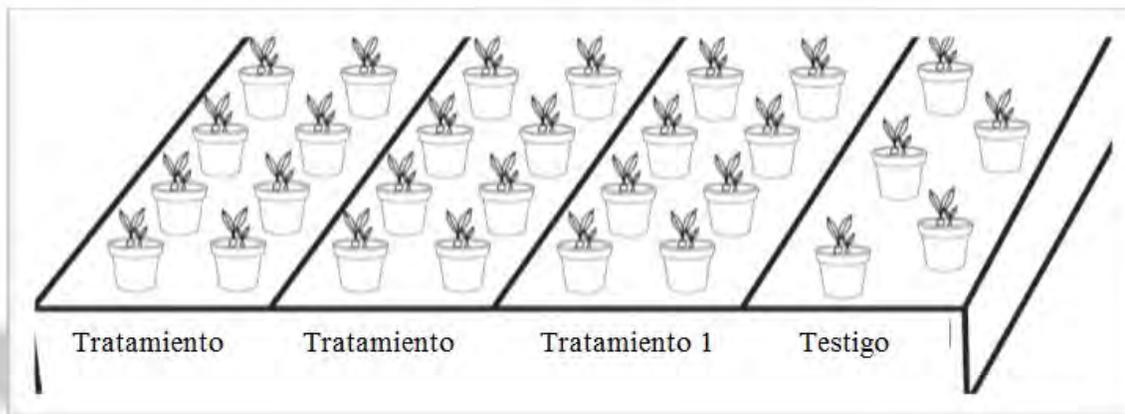


Figura 5. Diseño experimental del cultivo de *Cuitlauzina pendula*.

Cada individuo se colocó en una maceta transparente, el conjunto de unidades experimentales se ubicaron en bloques distribuidos al azar. Con el fin de conocer el tratamiento de fertilización adecuado para la especie, cada tratamiento recibió una dosis distinta como se menciona a continuación.

5.6.3 Tratamientos

Según Arditti (1980) el uso de jugos naturales (tomate, plátano, piña y otras frutas) mejora la germinación y promueve el crecimiento de las plantas. Sin embargo, Tomaz *et al.* (2010) mencionan que un exceso puede dañar las plantas y permitir la acumulación de sales en las raíces y velamen de las orquídeas.

Con base en lo anterior, a cada tratamiento se le aplicó un abono líquido, elaborado a base de frutas (mango, melón, sandía, papaya y plátano 1:1:1:1:1), piloncillo y agua limpia (modificado de Restrepo, 1998). La fermentación del líquido ocurrió en un periodo de 40 a 60 días, durante el cual se oxigenó cada 12 horas, con el fin de evitar la aparición de hongos. El abonado se aplicó en una concentración 1:10 (abono-agua), con distinta dosis para cada tratamiento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos para el diseño experimental utilizados en el cultivo de *Cuitlauzina pendula*.

Tratamiento	Sustrato	Abonado del sustrato con abono líquido	Aplicación foliar con abono líquido
I	Bocashi+MOH	1 vez/semana	1 vez/semana
II	Bocashi+MOH	1 vez/semana	2 veces/semana
III	Bocashi+MOH	1 vez/semana	3 veces/semana
Testigo	Bocashi+MOH	Agua	Agua

MOH: materia orgánica humificada

5.7 Análisis nutrimental de sustrato y tejido vegetal

Una vez en el laboratorio, las muestras de sustrato y tejido vegetal fueron sometidas a las siguientes etapas: secado para detener las reacciones enzimáticas, separación de los componentes, molienda y pesado de los materiales. El análisis nutrimental de las muestras de sustrato y tejido vegetal consistió en las siguientes determinaciones, utilizando los métodos convencionales que se indican:

5.7.1 Nitrógeno total. Método semi-micro Kjeldhal modificado para incluir nitratos. El material secado a temperatura ambiente fue sometido a digestión con $H_2SO_4/C_7H_6O_3$ y una mezcla catalizadora que contiene SO_4 para reducir los nitratos a NH_3 y separarlos del complejo de cambio. Seguido de una destilación con $NaOH$ que desplaza a los iones NH_4^+ que se cuantifican con una valoración en presencia de H_2SO_4 0.05 N (INE, 2006).

5.7.2 Fósforo (PO_4^{-3}). La solubilización del fósforo se realizó por digestión con $HNO_3/HClO_4$ relación 2:1. La cuantificación se realizó por análisis colorimétrico utilizando

un espectrofotómetro Thermo Scientific Genesis 20 a 470 nm (IRENAT-Colegio de Postgraduados, 1993).

5.7.3 Potasio (K^+). El material secado a temperatura ambiente fue sometido a digestión con $HNO_3/HClO_4$ relación 2:1 y se cuantificó mediante un espectrofotómetro de emisión atómica con equipo Spectraa 200 marca Varian (Marín, 2002).

5.7.4 Calcio (Ca^{2+}) y Magnesio (Mg^{2+}). Por espectrofotometría de absorción atómica. Previamente se realizó una digestión húmeda con $HNO_3/HClO_4$ relación 2:1 y cuantificados con un equipo Spectraa 200 marca Varian (Gerding y Rivas, 2006).

5.8 Análisis nutrimental de agua

Después del muestreo, el agua fue transportada al laboratorio en botellas de 1.5 L; se colocaron en refrigeración para evitar la evaporación de algunos elementos hasta el momento de su análisis; antes de la determinación de nutrimentos, las muestras fueron filtradas con el fin de remover fragmentos orgánicos sólidos.

5.8.1 Nitrógeno. Determinación de NO_3^- por el método del ácido fenoldisulfónico, midiendo la concentración con un espectrofotómetro Thermo Scientific Genesis 20 a una longitud de onda de 410 nm (Cervantes, 1985).

Además del NO_3^- como fuente de nitrógeno, se determinó NH_4^+ por el método del fenato, mediante la reacción del amonio con fenol e hipoclorito en condiciones alcalinas, formando un indofenol de color azul y cuantificado con espectrofotómetro Thermo Scientific Genesis 20 a una longitud de onda de 630 nm (APHA *et al.*, 1963).

5.8.2 Fósforo total. Se utilizó el método del fosfomolibdato; las diferentes formas del fósforo se hidrolizan a fosfatos por tratamiento con ácido, calentamiento y presión,

cuantificando por colorimetría con espectrofotómetro Thermo Scientific Genesis 20 a 690 nm (APHA *et al.*, 1963).

5.8.3 Calcio (Ca^{2+}). Determinación por espectrofotometría de absorción atómica con equipo Spectraa 200 marca Varian; en presencia de ácido clorhídrico y la eliminación de interacciones de Si, P, Al y Fe mediante cloruro de estroncio (Rodier, 1978).

5.8.4 Magnesio (Mg^{2+}). Mediante espectrofotometría de absorción atómica con equipo Spectraa 200 marca Varian, a una longitud de onda de 285.1 nm, posterior a la acidificación con ácido clorhídrico (Rodier, 1978).

5.8.5 Potasio (K^+). Por espectrofotometría de emisión atómica a 776.5 nm con equipo Spectraa 200 marca Varian, con la lectura de la muestra sin previo tratamiento (APHA *et al.*, 1963).

VI RESULTADOS

6.1 Áreas donde se registran poblaciones de *Cuitlauzina pendula* en el área de estudio

Durante los recorridos realizados en la agencia municipal de San Andrés Chicahuaxtla, Putla Villa de Guerrero, se identificaron tres zonas en donde *Cuitlauzina pendula* crece de manera natural (Figura 6), los sitios fueron georreferenciados y se nombraron como son conocidos localmente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Áreas de distribución de *Cuitlauzina pendula*, en San Andrés Chicahuaxtla, Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.

Sitio	Nombre del lugar	Coordenadas	Altitud (m)
1	Barranca de carrizos	17° 08' 16.8" N 97° 50' 42.7" W	2075
2	Arriba de la Cueva Colorada	17° 06' 54.1" N 97° 51' 63.7" W	1937
3	San Marcos Mesoncito	17° 06' 42.6" N 97° 51' 30.5" W	2228

Para el desarrollo de este trabajo, se eligió el sitio 2 (Arriba de la Cueva Colorada) debido a que es el área con el mayor tamaño poblacional. De acuerdo con la información proporcionada por los habitantes de la zona, se sabe que por mucho tiempo se ha sustraído la inflorescencia de *Cuitlauzina pendula* para la celebración de Semana Santa, esto ha ocasionado que el número de individuos disminuya considerablemente. Al parecer *C. pendula* tiene alternancia en la floración, ya que dos años anteriores la mayoría de los

individuos florecieron (alrededor del 60%), lo que no ocurrió durante este estudio. De acuerdo con los pobladores del área, desde hace 20 años a la fecha, había por lo menos el triple de plantas que en la actualidad, tanto en abundancia como en distribución espacial.

Las principales causas de la disminución poblacional son: el aprovechamiento de las inflorescencias, ya que al retirarlas se interrumpe el reclutamiento de organismos a partir de semillas y en ocasiones la planta es dañada; aumento en la tala, que disminuye el número de forofitos, en ocasiones la tumba, roza y quema ha disminuido sus poblaciones, además de fragmentar su área de distribución y se ha observado en las poblaciones actuales, que parte de las plantas se caen cuando están en las ramas secas, provocando su muerte.

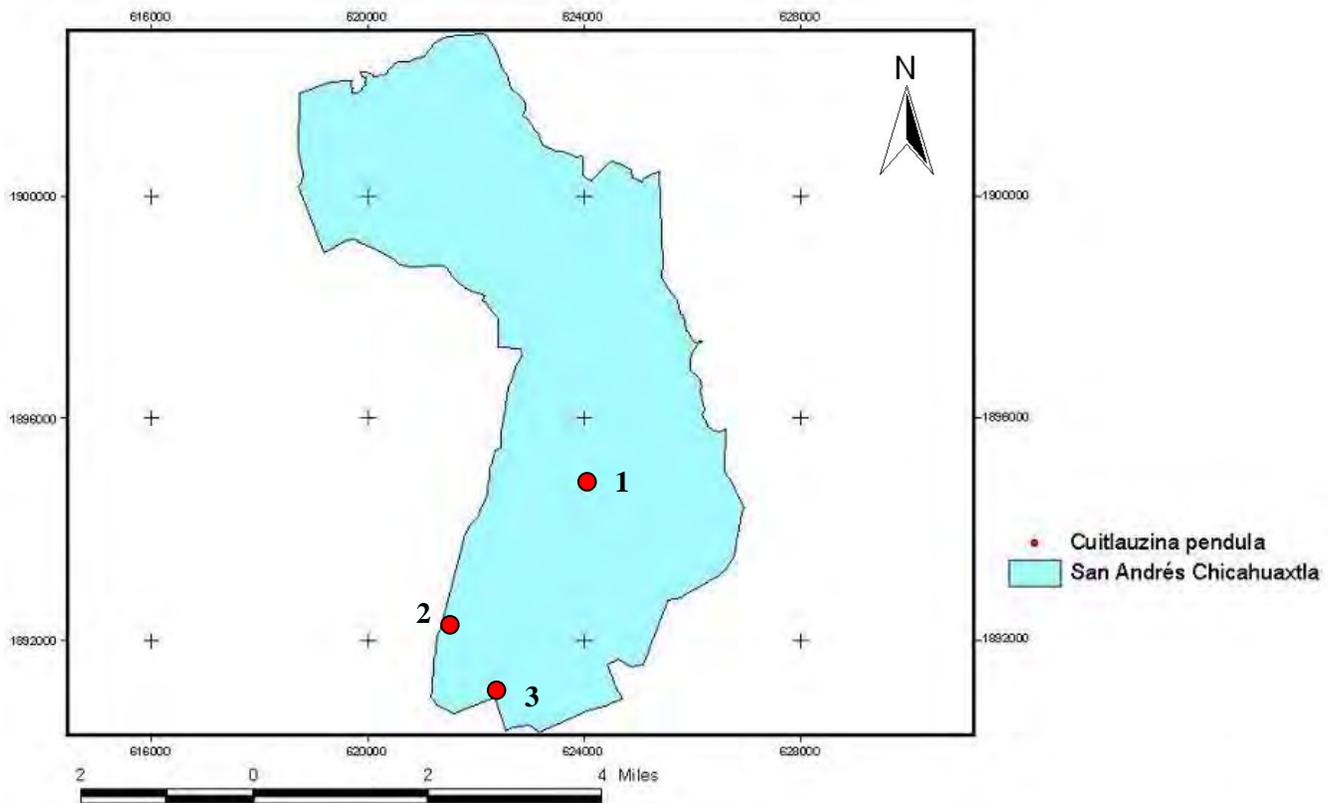


Figura 6. Distribución de *Cuitlauzina pendula*, en rojo, los sitios en donde se registraron poblaciones de esta especie.

6.2 Aspectos ecológicos del hábitat de *Cuitlauzina pendula*

Con la finalidad de conocer cuáles son los forofitos de *Cuitlauzina pendula*, se hizo un conteo de los individuos de esta orquídea en veinte forofitos, se encontró que *Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl. (llamado localmente encino negro) es la especie en la que se establece y desarrolla el 100% de los individuos de *C. pendula* en las poblaciones estudiadas. Se desarrolla en árboles con altura entre 6 y 12 metros y crece sobre ramas perpendiculares al tronco principal o en ramas con un ángulo no mayor a 15% y diámetro superior a 20 cm.

De manera natural la orquídea establece con facilidad nuevos individuos, se encontraron hasta 15 especímenes en un mismo forofito. Las distancias entre planta y planta son muy variables, las hay desde 10 cm hasta 1.5m, generalmente en el primer tercio del dosel. Cada ejemplar adulto está constituido por alrededor de 15 pseudobulbos y un sistema radical abundante, que forma un “tapete” denso en la superficie de la rama y ocupa un área aproximada de 600 cm².

La corteza del forofito es oscura y fisurada, lo cual favorece el anclaje de las raíces, acumulación de materia orgánica humificada, partículas minerales, nutrimentos y humedad. Estas condiciones favorecen el establecimiento no solamente de *Cuitlauzina pendula*, sino de otras epífitas, cuyos sistemas radicales se suman a los materiales antes mencionados y conforman el sustrato en donde se aloja el sistema radical de la especie estudiada.

Las epífitas que se encontraron asociadas a *Cuitlauzina pendula* son: *Oreopanax sanderianus* Hemsl. (Araliaceae), *Polypodium fraternum* Schlttl. & Cham. (Polypodiaceae), *Dryopteris simplicior* Michel & Beitel (Dryopteridaceae), *Campyloneurum angustifolium* Sw. Fée (Polypodiaceae), *Pleopeltis angusta* Humb. & Bonpl. ex Willd. (Polypodiaceae), *Isochilus bracteatus* (La Llave & Lex.) Salazar & Soto Arenas (Orchidaceae) y *Rhynchostele maculata* subsp. *oestlundiana* (L.O. Williams) Soto Arenas & R. Jiménez (Orchidaceae), así como algunos representantes de la familia Bromeliaceae, licopodios y briofitas del género *Syrrhopodon*, que forman un “tapete” en el cual se desarrolla *C. pendula*.

En resumen, el sustrato en el que se establece y desarrolla *Cuitlauzina pendula* está integrado por materia orgánica humificada, partículas minerales, numerosas raíces de otras epífitas, algunas de las cuales mueren año con año y representan parte del almacén de nutrimentos del cual las orquídeas, entre otras especies, adquieren los nutrimentos y la humedad necesarios para su supervivencia. Cabe señalar que los brotes de todas estas epífitas y en particular los de la orquídea, capturan materiales de origen diverso (hojarasca, restos de otras epífitas, entre otros) que forman parte del almacén de recursos (Figura 7).



Figura 7. Hábitat de *Cuitlauzina pendula* (A, B, C) y corteza de *Quercus crassifolia* (D), en San Andrés Chicahuaxtla, Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.

6.3 Epífitas asociadas y composición del sustrato

En la figura 8 se presenta el porcentaje de los componentes que forman el sustrato en el que se establece el sistema radical de *Cuitlauzina pendula*. Se observa que en ambos muestreos más del 76% del material está integrado por biomasa seca y el porcentaje restante, menos de 24% corresponde a las epífitas asociadas.

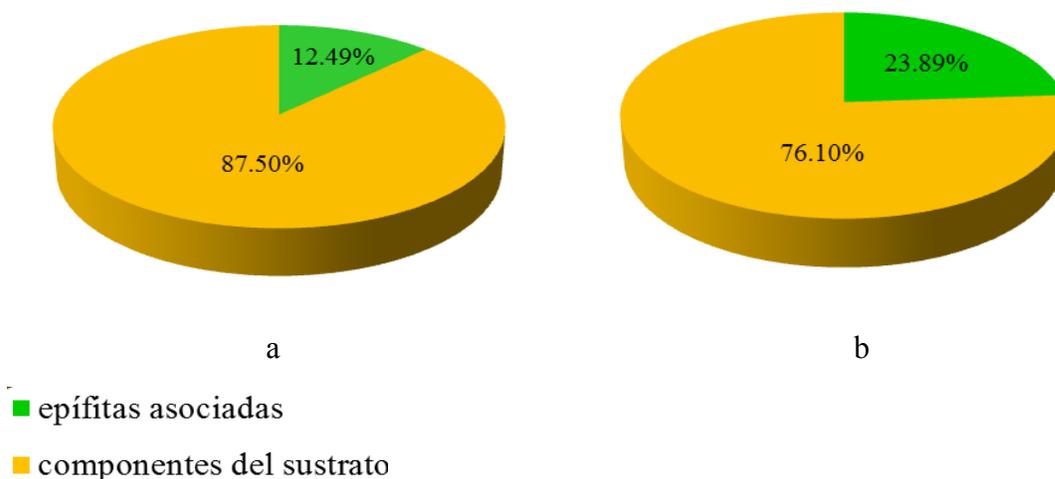


Figura 8. Porcentaje de epífitas asociadas y componentes del sustrato de *Cuitlauzina pendula*.

En la figura 9 **a** se muestra la composición de la submuestra de epífitas asociadas, se encontró que *Lycopodium* y musgos del género *Syrrhopodon* son los componentes con mayor biomasa y que más fuertemente compiten por los recursos con *Cuitlauzina pendula*. Dada su importancia como almacén, estas epífitas son las que más contribuyen con la reserva de nutrientes vía hojarasca y excreciones radicales. En la figura 9 **b** se presenta la composición de la submuestra de sustrato, puede observarse que la fracción constituida por restos de licopodio y musgos es la más abundante (63.7%), seguido de la miscelánea (33.21%) integrada de materiales orgánicos parcialmente descompuestos y cuyo origen es tejido vegetal muerto, aportado por las epífitas, o bien, aquel aportado por el forofito y otros componentes de la vegetación arbórea.

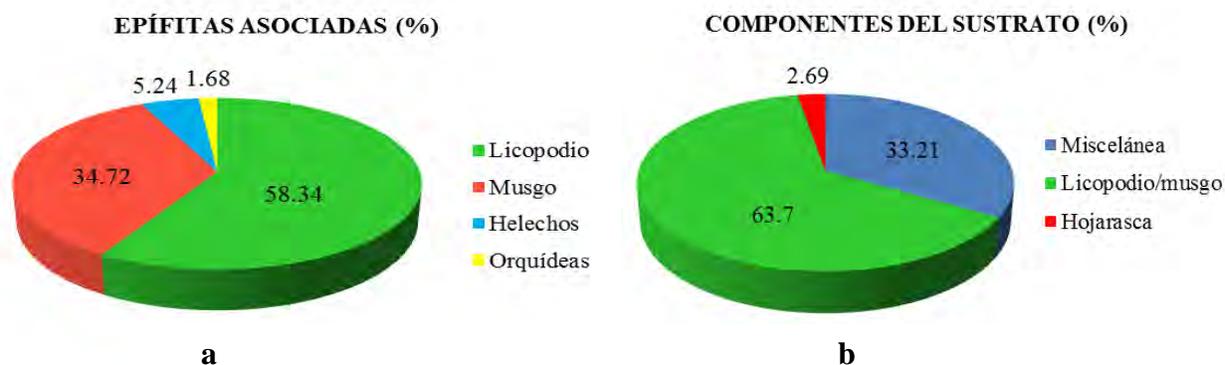


Figura 9. Composición del sustrato en el primer muestreo: **a** epífitas asociadas y **b** componentes del sustrato.

En el segundo muestreo en las epífitas asociadas (Figura 10 **a**), el musgo es la epífita con mayor biomasa 66.89%, seguido de los helechos con 23.74%, en este caso, el licopodio no fue representativo. En cambio, respecto a los componentes del sustrato (10 **b**), en este muestreo se observa que la composición es más heterogénea, reconocida desde la miscelánea, misma que fue a su vez la fracción más abundante, representa el 62.75%, seguido por el musgo y licopodios (14.46%) y hojarasca (11.21%).

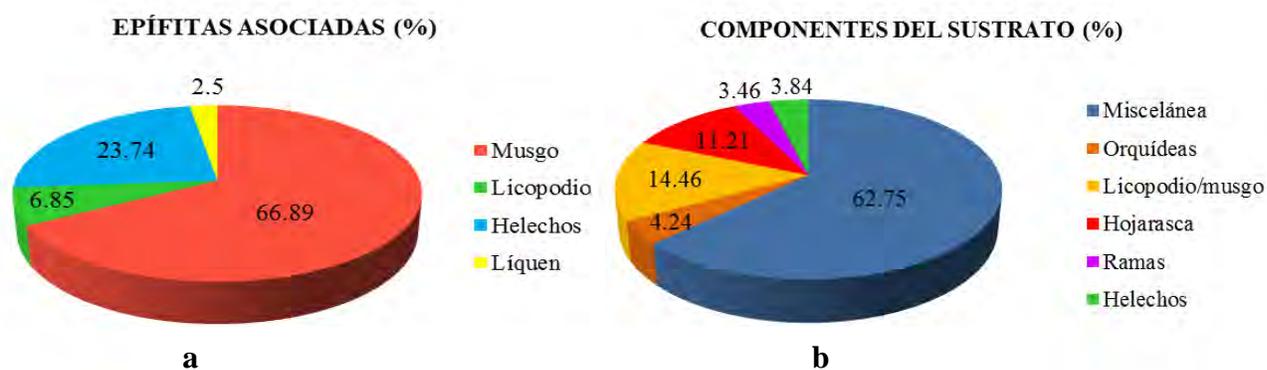


Figura 10. Composición del sustrato en el segundo muestreo: **a** epífitas asociadas y **b** componentes del sustrato.

6.4 Contenido nutrimental en el sustrato

Una vez conocida la composición del material que sirve como sustrato de *Cuitlauzina pendula*, se cuantificó el contenido de cinco macronutrientes (nitrógeno, fósforo, calcio, potasio y magnesio) en cada una de las submuestras (epífitas asociadas y componentes del sustrato). En el cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos, expresados en partes por millón (ppm) y su equivalencia en porcentaje (%).

Se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) con el programa Statgraphics Centurion XVI Versión 16.1.11 para comparar el contenido de los nutrientes en las submuestras y conocer si existen diferencias entre éstas y entre muestreos; para realizar el análisis se calculó la concentración promedio de cada nutriente, los resultados se presentan en el cuadro 4, posteriormente se calculó la concentración total de cada nutriente (Cuadro 5).

Cuadro 3. Concentración de nutrimentos en sustrato, expresado en ppm y su equivalencia en porcentaje de las submuestras (epífitas asociadas y componentes del sustrato) en ambos muestreos realizados en el hábitat de *Cuitlauzina pendula*.

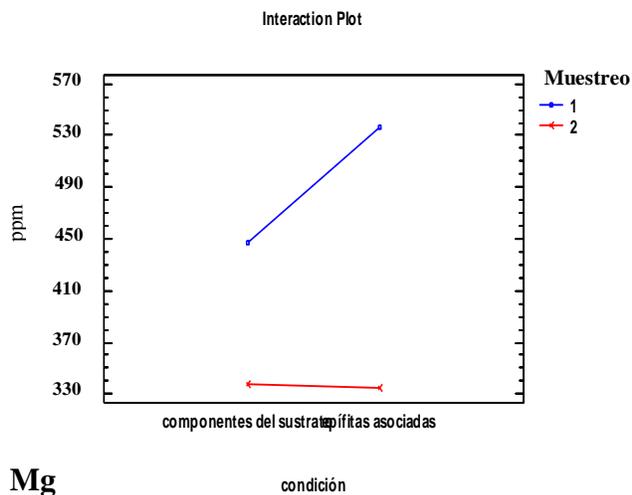
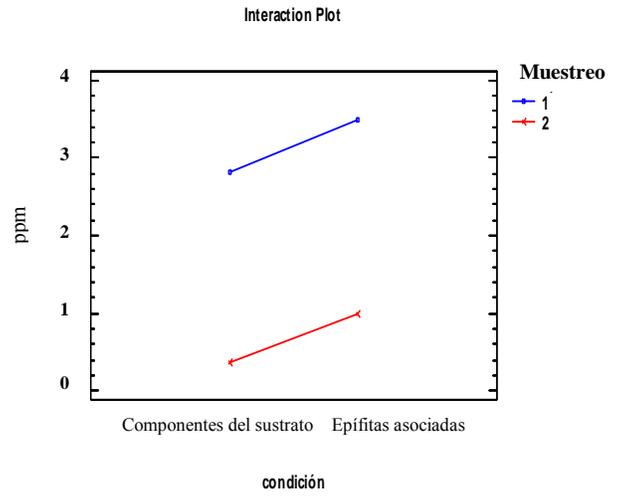
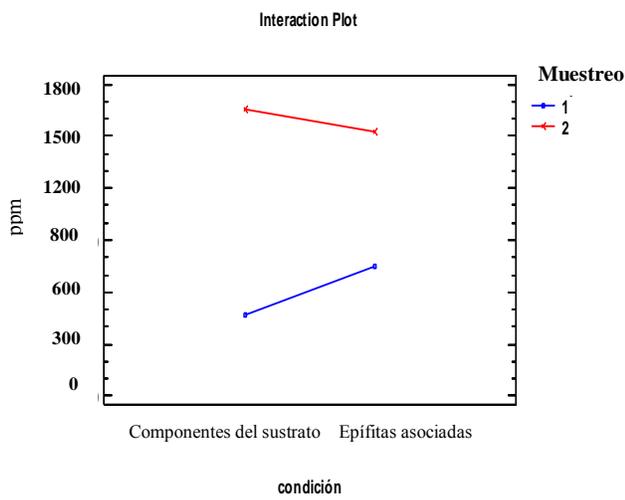
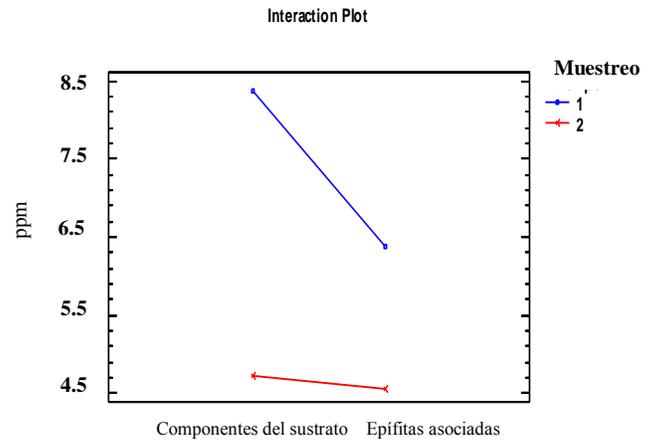
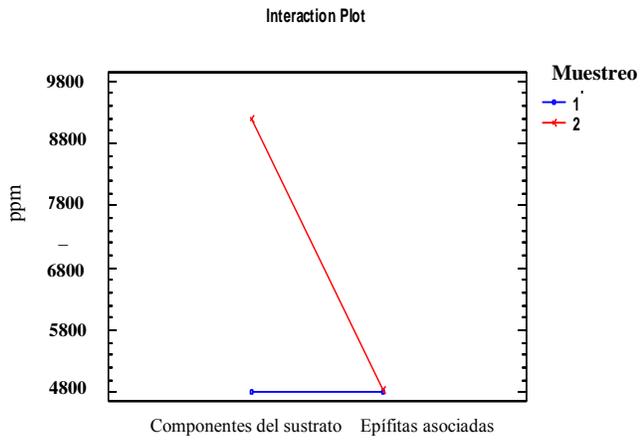
Submuestra	N ppm	% N	P ppm	% P	Ca ppm	% Ca	K ppm	% K	Mg ppm	% Mg
epífitas asociadas	4379.934	0.4379934	4.017	0.0004017	559.116	0.0559116	29637.8	2.96378	420.39	0.042039
epífitas asociadas	5256.014	0.5256014	7.416	0.0007416	1042.08	0.104208	30048.35	3.004835	501.795	0.0501795
epífitas asociadas	3832.384	0.3832384	7.313	0.0007313	278.556	0.0278556	43612.14	4.361214	628.155	0.0628155
epífitas asociadas	5803.564	0.5803564	6.798	0.0006798	1112.22	0.111222	35819.51	3.581951	592.92	0.059292
componentes del sustrato	6709.934	0.6709934	5.459	0.0005459	230.46	0.023046	34149.94	3.414994	390.015	0.0390015
componentes del sustrato	3878.984	0.3878984	8.652	0.0008652	452.904	0.0452904	25199.95	2.519995	539.46	0.053946
componentes del sustrato	5661.434	0.5661434	12.463	0.0012463	597.192	0.0597192	34771.63	3.477163	513.945	0.0513945
componentes del sustrato	3040.184	0.3040184	6.901	0.0006901	611.22	0.061122	18267.52	1.826752	343.845	0.0343845
	N2 ppm	% N2	P2 ppm	% P2	Ca2 ppm	% Ca2	K2 ppm	% K2	Mg2 ppm	% Mg2
epífitas asociadas	4489.444	0.4489444	5.356	0.0005356	1619.232	0.1619232	2967.69	0.296769	280.665	0.0280665
epífitas asociadas	5256.014	0.5256014	4.12	0.000412	1366.728	0.1366728	5814.17	0.581417	345.06	0.034506
epífitas asociadas	5036.994	0.5036994	4.738	0.0004738	833.664	0.0833664	20007.47	2.000747	411.885	0.0411885
epífitas asociadas	4598.954	0.4598954	4.017	0.0004017	2290.572	0.2290572	11256.89	1.125689	301.32	0.030132
componentes del sustrato	25582.934	2.5582934	3.811	0.0003811	1302.6	0.13026	3178.83	0.317883	266.085	0.0266085
componentes del sustrato	2515.934	0.2515934	5.253	0.0005253	1623.24	0.162324	3745.78	0.374578	292.815	0.0292815
componentes del sustrato	3983.834	0.3983834	5.665	0.0005665	1330.656	0.1330656	4832.76	0.483276	443.475	0.0443475
componentes del sustrato	4717.784	0.4717784	4.12	0.000412	2346.684	0.2346684	2639.25	0.263925	347.49	0.034749

Cuadro 4. Concentración promedio de los nutrientes del sustrato.

NUTRIMENTO	EPIFITAS ASOCIADAS		COMPONENTES DEL SUSTRATO	
	ppm	%	Ppm	%
Nitrógeno	4817.97	0.481	4822.63	0.482
Fósforo	6.38	0.0006	8.36	0.0008
Calcio	747.99	0.074	472.94	0.047
Potasio	34779.45	3.47	28097.26	2.80
Magnesio	535.81	0.053	446.81	0.044
Segundo muestreo				
Nitrógeno	4845.35	0.484	9200.12	0.920
Fósforo	4.55	0.0004	4.71	0.0004
Calcio	1527.54	0.152	1650.79	0.165
Potasio	10011.55	1.001	3599.15	0.359
Magnesio	334.73	0.033	337.46	0.033

Cuadro 5. Concentración total de los cinco nutrientes estudiados, expresados en partes por millón.

	Nitrógeno (ppm)	Fósforo (ppm)	Calcio (ppm)	Potasio (ppm)	Magnesio (ppm)
Epífitas asociadas	4831.66	5.46	1137.76	22395.5	435.27
Componentes del sustrato	7011.37	6.535	1061.86	15848.20	392.13



Mg

Figura 11. Concentración de los nutrientes estudiados en epifitas asociadas y componentes del sustrato de *Cuitlauzina pendula*: nitrógeno (A), fósforo (B), calcio (C), potasio (D) y magnesio (E).

En la figura 11 se observa el comportamiento de los cinco nutrimentos estudiados en las submuestras; en cuanto al nitrógeno, en las epífitas asociadas, la concentración en ambos muestreos es casi idéntico (4817.97 y 4845.35 ppm); mientras que, en los componentes del sustrato se observaron diferencias importantes entre el primer y segundo muestreo, el aumento en la concentración se elevó desde 4822.63 hasta 9200.12 ppm. Es evidente la diferencia entre las submuestras en el segundo muestreo, sin embargo, de acuerdo con la prueba de Tukey, al compararlas no se presentaron diferencias significativas entre éstas (p-value=0.3929).

Respecto al fósforo, tanto en epífitas asociadas como en los componentes del sustrato, en el segundo muestreo se observó una disminución en la concentración, la prueba de Tukey mostró diferencias significativas entre los muestreos (p-value=0.0104). En ambos muestreos, el comportamiento de este nutrimento es similar, los componentes del sustrato presentaron la mayor concentración (8.36 y 4.71 ppm) y en las epífitas asociadas es ligeramente menor (6.38 y 4.55 ppm).

La concentración de calcio en el primer muestreo es mayor en las epífitas asociadas que en los componentes del sustrato (747.99 y 472.94 ppm respectivamente), mientras que en el segundo muestreo ocurre lo contrario, son los componentes del sustrato los que presentan una concentración ligeramente mayor a las epífitas asociadas (1650.79 y 1527.54 ppm respectivamente). Las gráficas del comportamiento del calcio en las submuestras, muestran que las diferencias entre éstas, son estadísticamente significativas (p-value=0.0003).

La prueba de Tukey mostró diferencias estadísticas significativas (p-value=0.0000), en la concentración de potasio entre las submuestras (epífitas asociadas y componentes del sustrato). En ambos muestreos se presentó una disminución en la concentración de este nutrimento; en los componentes del sustrato la diferencia fue más evidente, con 28097.26 ppm en el primer muestreo y 3599.15 ppm en el segundo; en el caso de las epífitas asociadas la disminución fue de 34779.45 a 10011.55 ppm.

Al comparar el contenido de magnesio en las submuestras, la prueba de Tukey mostró diferencias significativas (p-value=0.0025); se observó que la concentración en las

epífitas asociadas disminuyó de 535.81 a 334.73 ppm en el primer y segundo muestreo respectivamente, mientras que en los componentes del sustrato la disminución fue ligeramente menor, de 446.81 a 337.46 ppm; aunque la concentración de las submuestras en ambos muestreos no varían de manera considerable, estadísticamente las diferencias son significativas.

6.4.1 Análisis de correlación (nutrimentos en el sustrato)

Se realizó un análisis de correlaciones con los resultados de la concentración total de nutrimentos cuantificados en las epífitas asociadas y componentes del sustrato (Cuadro 6); en el cuadro 6 se presentan en color rojo las correlaciones expresadas mediante el coeficiente de correlación (r), número de muestras (n) y nivel de significancia (p-value).

La concentración de P epífitas- P sustrato, Ca epífitas-Ca sustrato y K epífitas-K sustrato, están altamente correlacionadas, ya que en ambas submuestras siguen el mismo orden de concentración **K>Ca>P**.

Cuadro 6. Correlación entre los nutrimentos cuantificados en epífitas asociadas y componentes del sustrato de *Cuitleuzina pendula*.

	N epífitas	P epífitas	Ca epífitas	K epífitas	Mg epífitas	N sustrato	P sustrato	Ca sustrato	K sustrato	Mg sustrato
N		0.0900	0.2382	-0.1004	0.0645	-0.3622	-0.2750	0.0178	-0.3391	-0.1918
Epífitas		(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)
		0.8322	0.5699	0.8130	0.8794	0.3779	0.5097	0.9666	0.4113	0.6491
P	0.0900		-0.4222	0.6748	0.7906	-0.0493	0.7852	-0.5741	0.5086	0.6033
Epífitas	(8)		(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)
	0.8322		0.2974	0.0664	0.0195	0.9078	0.0210	0.1367	0.1980	0.1133
Ca	0.2382	-0.4222		-0.7481	-0.7169	0.2352	-0.7012	0.8213	-0.7801	-0.6071
Epífitas	(8)	(8)		(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)
	0.5699	0.2974		0.0328	0.0454	0.5750	0.0526	0.0124	0.0224	0.1105
K	-0.1004	0.6748	-0.7481		0.9471	-0.4592	0.8252	-0.7522	0.8650	0.7319
Epífitas	(8)	(8)	(8)		(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)
	0.8130	0.0664	0.0328		0.0004	0.2524	0.0117	0.0313	0.0055	0.0390
Mg	0.0645	0.7906	-0.7169	0.9471		-0.4601	0.8693	-0.7027	0.7412	0.6541
epífitas	(8)	(8)	(8)	(8)		(8)	(8)	(8)	(8)	(8)
	0.8794	0.0195	0.0454	0.0004		0.2514	0.0051	0.0519	0.0354	0.0785
N	-0.3622	-0.0493	0.2352	-0.4592	-0.4601		-0.3454	0.0724	-0.2490	-0.4484
Sustrato	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)		(8)	(8)	(8)	(8)
	0.3779	0.9078	0.5750	0.2524	0.2514		0.4020	0.8648	0.5521	0.2651
P	-0.2750	0.7852	-0.7012	0.8252	0.8693	-0.3454		-0.5642	0.7302	0.7843
Sustrato	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)		(8)	(8)	(8)
	0.5097	0.0210	0.0526	0.0117	0.0051	0.4020		0.1452	0.0397	0.0212
Ca	0.0178	-0.5741	0.8213	-0.7522	-0.7027	0.0724	-0.5642		-0.8592	-0.5072
sustrato	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)		(8)	(8)
	0.9666	0.1367	0.0124	0.0313	0.0519	0.8648	0.1452		0.0063	0.1995
K	-0.3391	0.5086	-0.7801	0.8650	0.7412	-0.2490	0.7302	-0.8592		0.6474
Sustrato	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)		(8)
	0.4113	0.1980	0.0224	0.0055	0.0354	0.5521	0.0397	0.0063		0.0827
Mg	-0.1918	0.6033	-0.6071	0.7319	0.6541	-0.4484	0.7843	-0.5072	0.6474	
sustrato	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	
	0.6491	0.1133	0.1105	0.0390	0.0785	0.2651	0.0212	0.1995	0.0827	

En el cuadro 7 se presentan los nutrimentos y su respectiva correlación; todas las asociaciones son altas, únicamente en el caso de Ca epífitas-K epífitas ($r = -0.7481$), Ca epífitas-Mg epífitas ($r = -0.7169$) y Ca epífitas-K sustrato ($r = -0.7801$), la relación es alta e

inversa, es decir, a un alto valor de una variable corresponde uno bajo de la otra. Es importante señalar que el nitrógeno no presentó relación alguna con los demás nutrientes (P, Ca, K y Mg), a pesar de tener un alto contenido en las submuestras.

Cuadro 7. Correlación entre P, Ca, K y Mg de las epífitas asociadas y sustrato.

Nutrientos	Coefficiente de correlación (r)	Nivel de significancia (p-value)
K epífitas-Mg epífitas	0.9471	0.0004
Mg epífitas-P sustrato	0.8693	0.0051
K epífitas-K sustrato	0.8650	0.0055
Ca sustrato-K sustrato	-0.8592	0.0063
K epífitas-P sustrato	0.8252	0.0117
Ca epífitas-Ca sustrato	0.8213	0.0124
P epífitas-Mg epífitas	0.7906	0.0195
P epífitas-P sustrato	0.7852	0.0210
P sustrato-Mg sustrato	0.7843	0.0212
Ca epífitas-K sustrato	-0.7801	0.0224
K epífitas-Ca sustrato	-0.7522	0.0313
Ca epífitas-K epífitas	-0.7481	0.0328
K epífitas-Mg sustrato	0.7319	0.0390
Mg epífitas-K sustrato	0.7412	0.0354
P sustrato-K sustrato	0.7302	0.0397
Ca epífitas-Mg epífitas	-0.7169	0.0454

6.5 Concentración de nutrientes en tejido vegetal

El análisis nutrimental de *Cuitlauzina pendula* se realizó en cada órgano de la orquídea (raíz, pseudobulbo, hoja, pedúnculo y cápsula), en el cuadro 8 se presentan los resultados expresados en partes por millón y su equivalencia en porcentaje.

Cuadro 8. Concentración de nutrimentos en *Cuitlauzina pendula*, expresado en partes por millón y su equivalencia en porcentaje.

ÓRGANO	N ppm	% N	P ppm	% P	Ca ppm	% Ca	K ppm	% K	Mg ppm	% Mg
RAÍZ	6395.384	0.6395384	7.21	0.000721	797.592	0.0797592	1372.41	0.137241	223.56	0.022356
PSEUDOBULBO	1677.134	0.1677134	5.871	0.0005871	1611.216	0.1611216	4297.09	0.429709	662.175	0.0662175
HOJA	2096.534	0.2096534	14.214	0.0014214	1553.1	0.15531	2001.92	0.200192	532.17	0.053217
PEDÚNCULO	838.334	0.0838334	5.047	0.0005047	394.788	0.0394788	2373.37	0.237337	191.97	0.019197
CÁPSULA	4298.384	0.4298384	11.948	0.0011948	1533.06	0.153306	4003.84	0.400384	675.54	0.067554

La mayor concentración de nitrógeno se registró en la raíz y cápsula 6395.38 y 4298.38 ppm respectivamente; el pseudobulbo únicamente presentó 1677.13 ppm y en las hojas, la concentración fue de 2096.53 ppm (Figura 12).

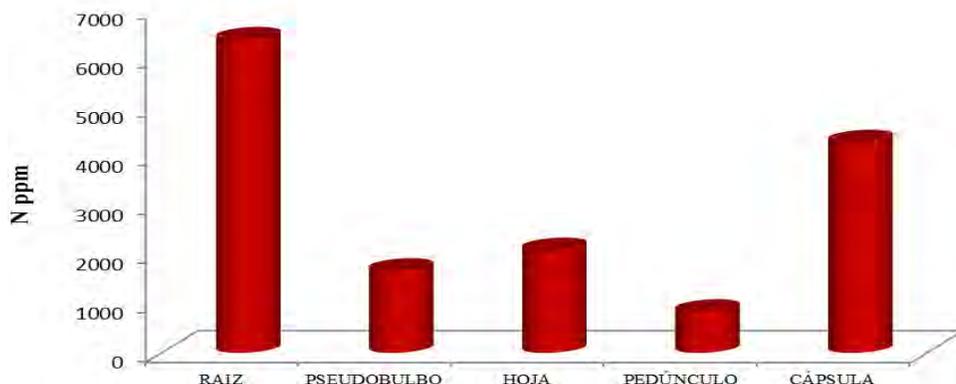


Figura 12. Contenido de nitrógeno en los órganos de *Cuitlauzina pendula*.

En relación con el fósforo, las concentraciones no fueron elevadas respecto a los demás nutrimentos; el mayor contenido se presentó en las hojas, con una concentración de 14.21 ppm, seguido por la cápsula (11.94 ppm), mientras que en raíz, pseudobulbo y pedúnculo, las concentraciones fueron muy pequeñas y no se presentaron diferencias considerables entre éstos (Figura 13). Cabe señalar que de los cinco nutrimentos estudiados, el fósforo presenta la menor concentración dentro de la planta.

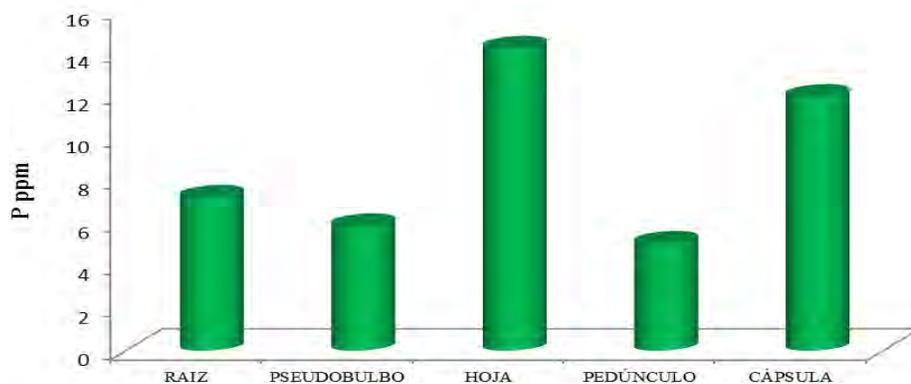


Figura 13. Contenido de fósforo en los órganos de *Cuitlauzina pendula*.

En la figura 14 se presenta la concentración de calcio en los órganos de *Cuitlauzina pendula*; el pseudobulbo concentra la mayor cantidad de este nutrimento (1611.21 ppm), seguido por las hojas y cápsula, 1553.1 y 1533.06 ppm respectivamente; mientras que la raíz concentró 797.59 ppm y el pedúnculo, concentró únicamente 394.78 ppm.

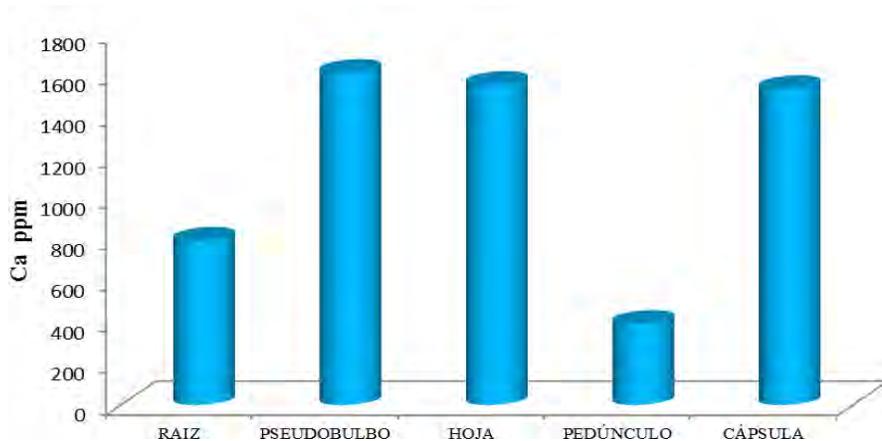


Figura 14. Contenido de calcio en órganos de *Cuitlauzina pendula*.

Los órganos con mayor concentración de potasio fueron el pseudobulbo y la cápsula (4297.09 y 4003.84 ppm), la concentración en estos órganos fue aproximadamente el doble respecto a los otros órganos. El contenido en el pedúnculo fue de 2373.37 ppm y resultó menor en hojas y raíz con valores de 2001.92 y 1372.41 ppm respectivamente (Figura 15).

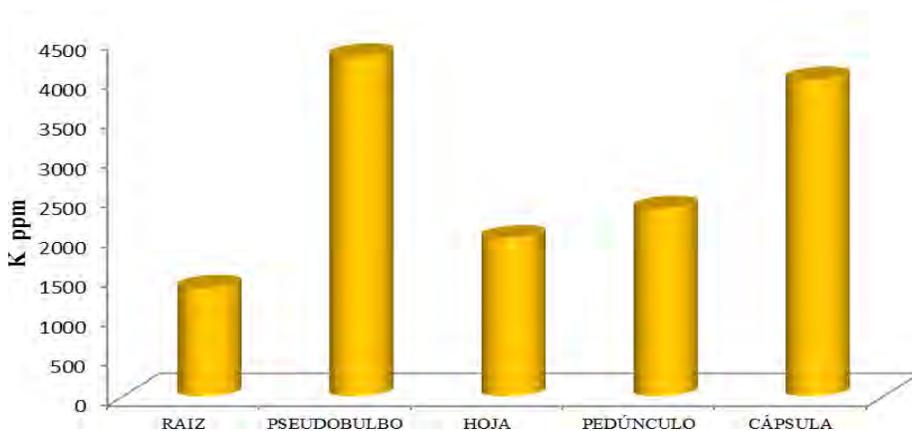


Figura 15. Contenido de potasio en órganos de *Cuitlauzina pendula*.

En cuanto al magnesio (Figura 16), las mayores concentraciones se registraron en la cápsula (675.54 ppm), seguidos por el pseudobulbo (662.17 ppm) y hoja (532.17 ppm), mientras que, en la raíz y pedúnculo, el contenido de este elemento fue de tan solo 223.56 y 191.97 ppm respectivamente.

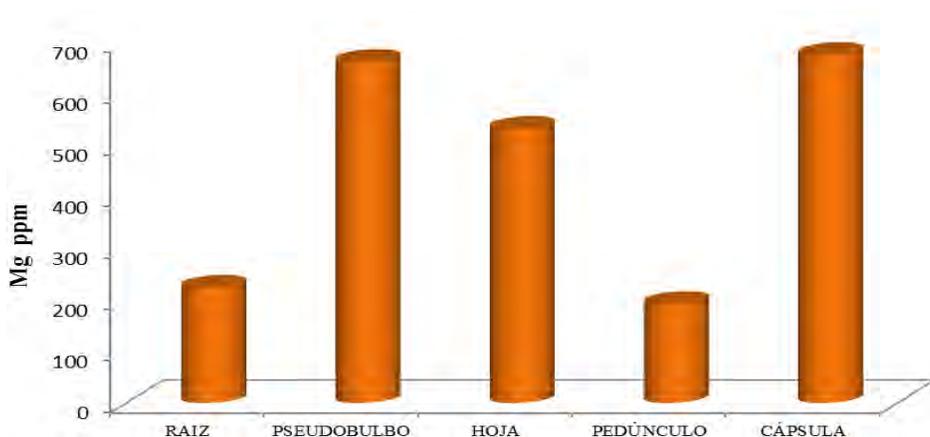


Figura 16. Contenido de magnesio en órganos de *Cuitlauzina pendula*.

6.6 Nutrimientos en agua de escurrimiento a partir del sitio donde se establece *Cuitlauzina pendula*

En las muestras de agua se cuantificó NO_3^+ , NH_4^+ , fósforo total, Ca^{2+} , K^+ y Mg^{2+} (Cuadro 9). Posterior al análisis de laboratorio, se realizó un ANOVA con el programa Statgraphics Centurion XVI Versión 16.1.11, para conocer la similitud o diferencia entre muestreos para cada nutriente estudiado.

Cuadro 9. Nutrientos en agua de escurrimiento en *Quercus crassifolia*, forofito de *Cuitlauzina pendula*, expresados en ppm y su equivalencia en porcentaje

Muestreo	NO ₃ Ppm	% NO ₃	NH ₄ ppm	% NH ₄	P ppm	% P	Ca ppm	% Ca	K ppm	% K	Mg ppm	% Mg
Agosto 2011	0.112	0.0000112	0.645	0.0000645	0.038	0.0000038	2.7	0.00027	3.7	0.00037	0.33	0.000033
Agosto 2011	0.136	0.0000136	0.722	0.0000722	0.043	0.0000043	4.69	0.000469	6.68	0.000668	0.41	0.000041
Agosto 2011	0.153	0.0000153	0.857	0.0000857	0.042	0.0000042	7.19	0.000719	21.21	0.002121	1.43	0.000143
Agosto 2011	0.144	0.0000144	0.712	0.0000712	0.04	0.000004	5.77	0.000577	4.65	0.000465	0.96	0.000096
Septiembre 2012	1.894	0.0001894	1.372	0.0001372	0.228	0.0000228	5.77	0.000577	8.22	0.000822	1.05	0.000105
Septiembre 2012	0.169	0.0000169	2.033	0.0002033	0.165	0.0000165	6.55	0.000655	31.14	0.003114	1.14	0.000114
Septiembre 2012	0.567	0.0000567	1.168	0.0001168	0.2	0.00002	7.6	0.00076	25.9	0.00259	2.24	0.000224
Septiembre 2012	0.123	0.0000123	1.715	0.0001715	0.151	0.0000151	4.88	0.000488	7.63	0.000763	1.17	0.000117

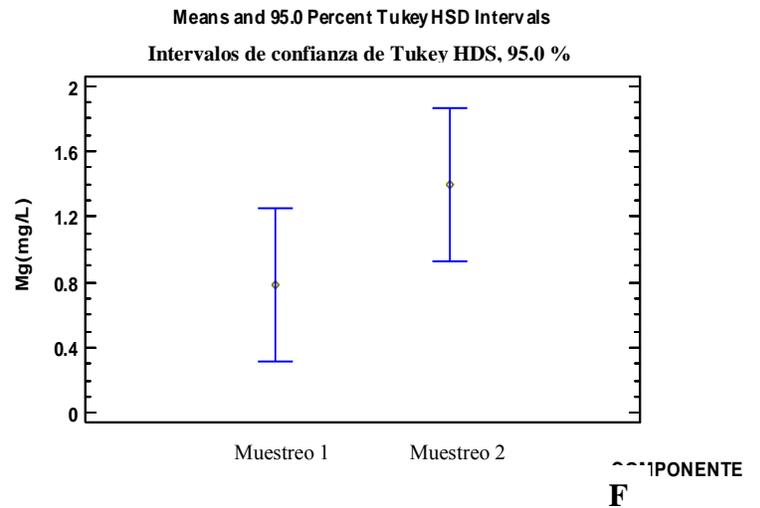
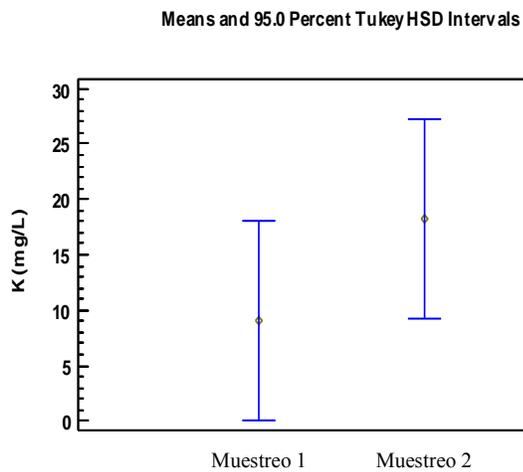
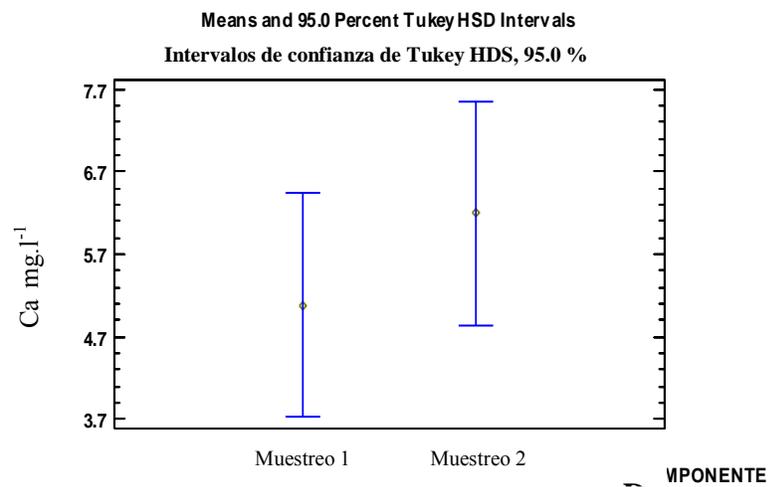
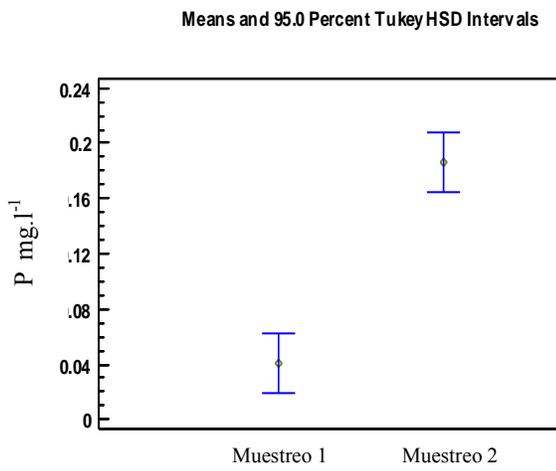
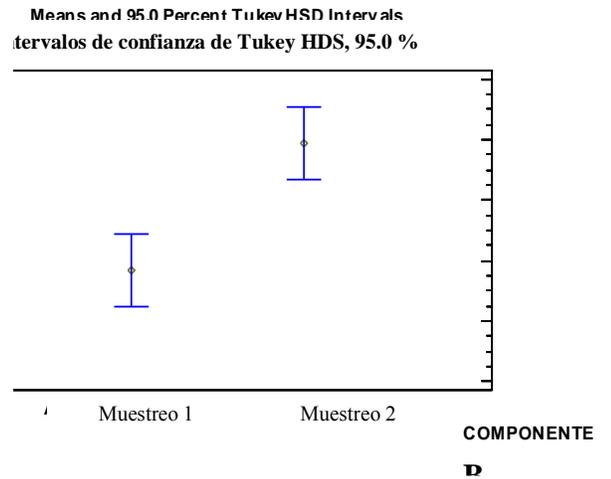
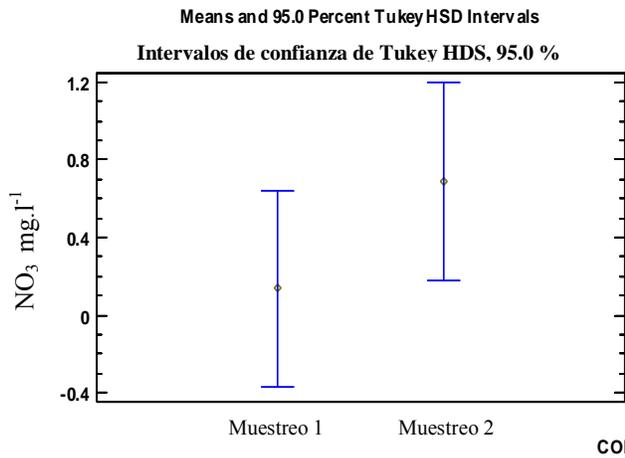


Figura 17. Concentración de nutrientes en agua de escurrimiento en *Quercus crassifolia*, forofito de *Cuitlauzina pendula*.

En la figura 17 A se presentan los resultados obtenidos para nitratos, estadísticamente no se encontraron diferencias ($p\text{-value} = 0.2310$); sin embargo, las concentraciones más elevadas se obtuvieron durante el segundo muestreo. Los valores medios en ambos muestreos fueron de 0.1362 y 0.6882 mg.l^{-1} respectivamente.

La diferencia en la concentración de amonio en los muestreos fue estadísticamente significativa, con un $p\text{-value} = 0.0052$; los valores promedio fluctuaron entre 0.734 y 1.572 mg.l^{-1} . En la figura 17 B se observa que los intervalos en ningún momento coinciden, lo que denota que los valores obtenidos en cada muestreo no son similares. La concentración más elevada que se obtuvo fue de 2.033 mg.l^{-1} en el segundo muestreo, mientras que, en el primero, los valores no fueron mayores de 0.857 mg.l^{-1} .

El contenido de fósforo resultó muy bajo, en ambos muestreos las concentraciones no superaron los 0.5 mg.l^{-1} . Como se observa en la figura 17 C, el promedio en el contenido de fósforo fue de 0.0407 mg.l^{-1} en el primer muestreo y 0.186 mg.l^{-1} en el segundo. Al igual que en el amonio, las diferencias entre muestreos fueron significativas ($p\text{-value} = 0.0002$); es posible observar que los intervalos son muy cortos, mostrando que la variación de las concentraciones fue muy pequeña.

La concentración de calcio en ambos muestreos fue inferior a 10 mg.l^{-1} ; el análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre los muestreos ($p\text{-value} = 0.3544$), sin embargo, en el primero los valores fluctuaron entre 2.7 y 7.19 mg.l^{-1} , mientras que, en el segundo fueron ligeramente superiores, entre 4.88 y 7.6 mg.l^{-1} (Figura 17 D).

Con respecto a los demás nutrientes, el potasio fue el nutriente con la mayor concentración en ambos muestreos (Figura 17 E); se obtuvo un valor mínimo de 3.7 y 7.63 mg.l^{-1} en el primer y segundo muestreo respectivamente, mientras los máximos fueron de 21.21 y 31.14 mg.l^{-1} . Debido a que la concentración en las muestras fueron elevadas, no se encontraron diferencias estadísticas ($p\text{-value} = 0.2561$).

No se encontraron diferencias estadísticas en el contenido de magnesio de ambos muestreos ($p\text{-value} = 0.1563$). Los valores medios fueron de 0.782 y 1.4 mg.l^{-1} , en la figura 17 F se observa que los intervalos son muy semejantes y por lo menos en algún punto

coinciden; las concentraciones mínimas encontradas fueron de 0.33 y 1.05 mg.l⁻¹ y las máximas de 1.43 y 2.24 mg.l⁻¹.

6.6.1 Análisis de correlación (nutrimentos en agua)

Se realizó un análisis de correlación simple para determinar la relación que existe entre los nutrimentos estudiados. En el cuadro 10 se presentan los resultados expresados mediante el coeficiente de correlación (r), nivel de significancia (p-value) y el número de muestras (n), se indican en color rojo las correlaciones encontradas.

Con base en los valores p-value < 0.05, se obtuvieron tres coeficientes de correlación cercanos a 1, los nutrimentos que se encuentran relacionados son: NH₄⁺ y P, con un coeficiente de correlación de r = 0.7358 y un p-value = 0.0375, K⁺ y Ca²⁺ con r = 0.7649 y un p-value = 0.0270) y por último, Ca²⁺ y Mg²⁺ se correlacionan con r = 0.8560 y p-value = 0.0067, en los tres casos, las correlaciones entre estos nutrimentos son altas.

Cuadro 10. Correlación de nutrimentos cuantificados en agua de escurrimiento

	NO ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	P (mg/L)	Ca (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)
NO₃ (mg/L)		0.1869	0.6865	0.1774	-0.0710	0.1726
		(8)	(8)	(8)	(8)	(8)
		0.6576	0.0601	0.6743	0.8673	0.6828
NH₄ (mg/L)	0.1869		0.7358	0.3208	0.5359	0.3393
	(8)		(8)	(8)	(8)	(8)
	0.6576		0.0375	0.4384	0.1710	0.4110
P (mg/L)	0.6865	0.7358		0.4179	0.4071	0.5637
	(8)	(8)		(8)	(8)	(8)
	0.0601	0.0375		0.3029	0.3169	0.1456
Ca (mg/L)	0.1774	0.3208	0.4179		0.7649	0.8560
	(8)	(8)	(8)		(8)	(8)
	0.6743	0.4384	0.3029		0.0270	0.0067
K (mg/L)	-0.0710	0.5359	0.4071	0.7649		0.6834
	(8)	(8)	(8)	(8)		(8)
	0.8673	0.1710	0.3169	0.0270		0.0617
Mg (mg/L)	0.1726	0.3393	0.5637	0.8560	0.6834	
	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	
	0.6828	0.4110	0.1456	0.0067	0.0617	

6.7 Movimiento de los nutrimentos en el hábitat de *Cuitlauzina pendula*

En las figuras 18-22 se presenta el comportamiento general de cada uno de los nutrimentos estudiados en este trabajo; de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis nutrimental de las epífitas asociadas, sustrato, agua que escurre en el sitio donde se establece la orquídea y órganos de *Cuitlauzina pendula* se muestran los principales almacenes, entradas y salidas, así como los sitios de acumulación.

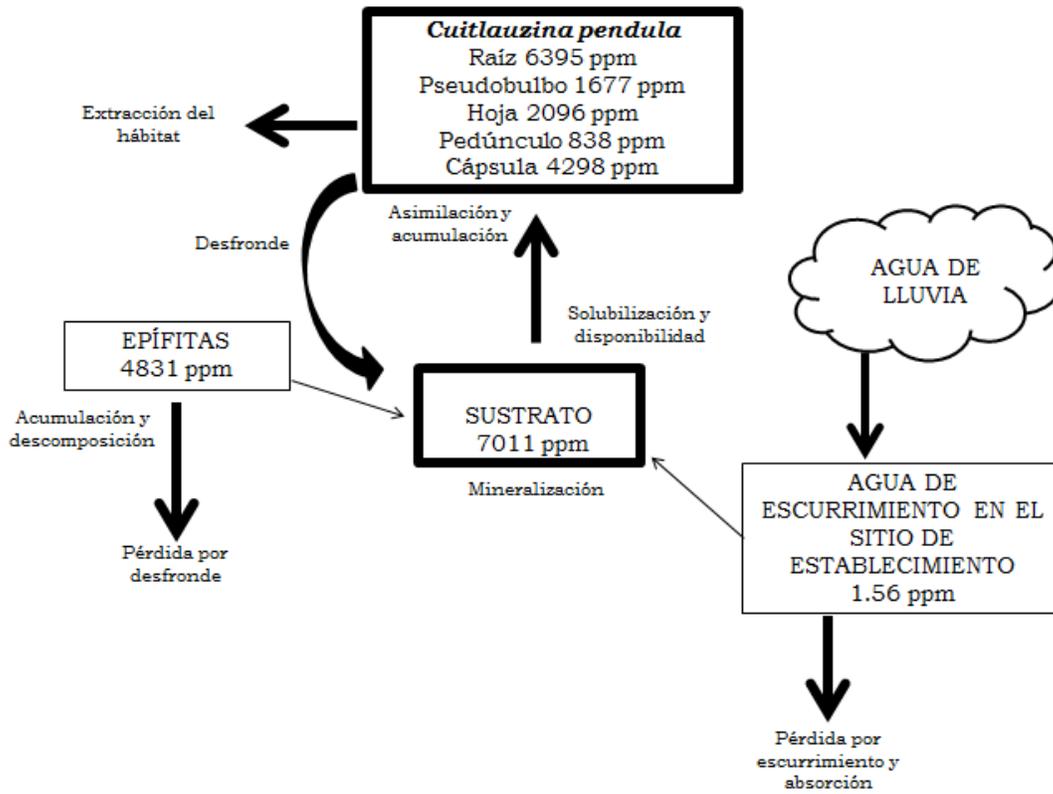


Figura 18. Dinámica del nitrógeno en el hábitat de *Cuitlauzina pendula*.

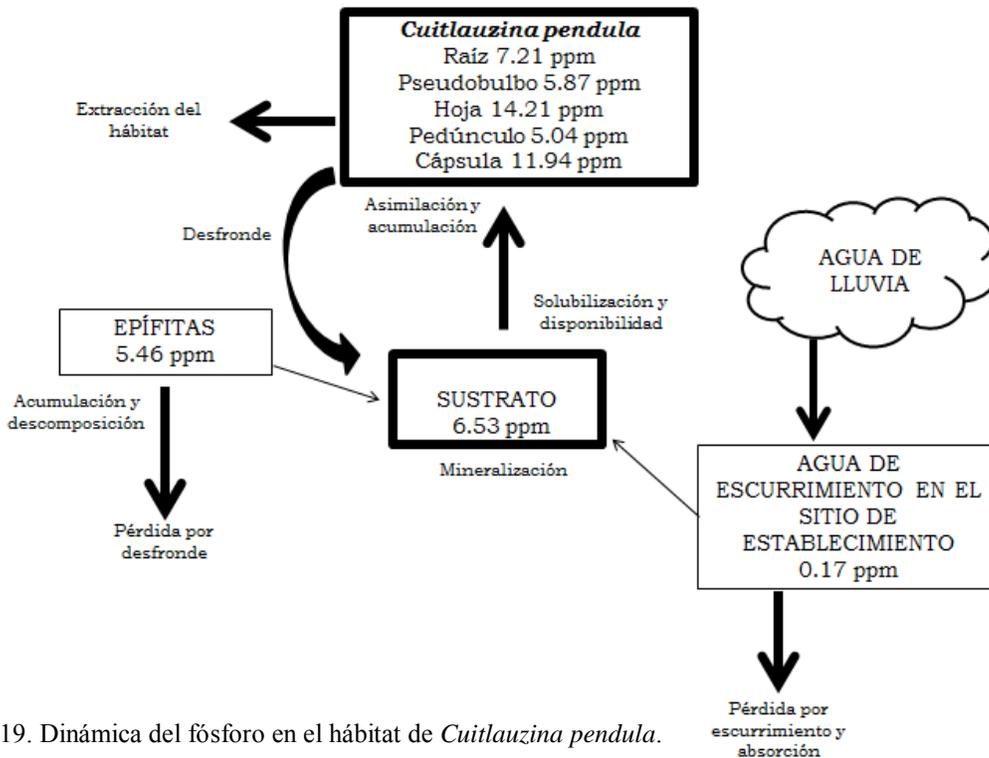


Figura 19. Dinámica del fósforo en el hábitat de *Cuitlauzina pendula*.

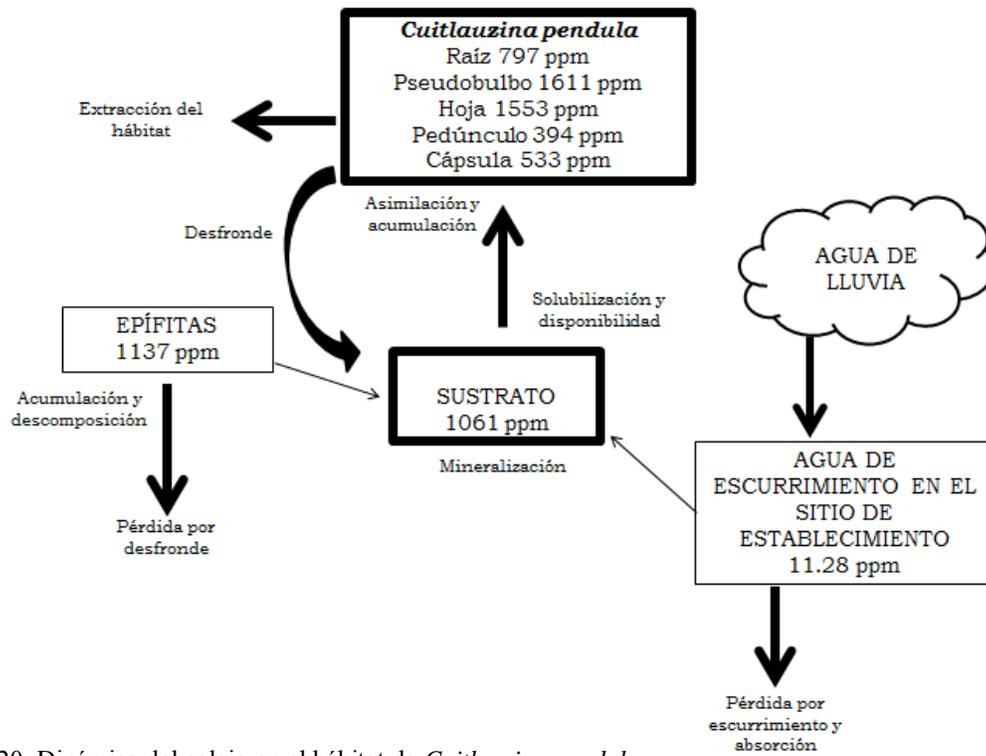


Figura 20. Dinámica del calcio en el hábitat de *Cuitlauzina pendula*.

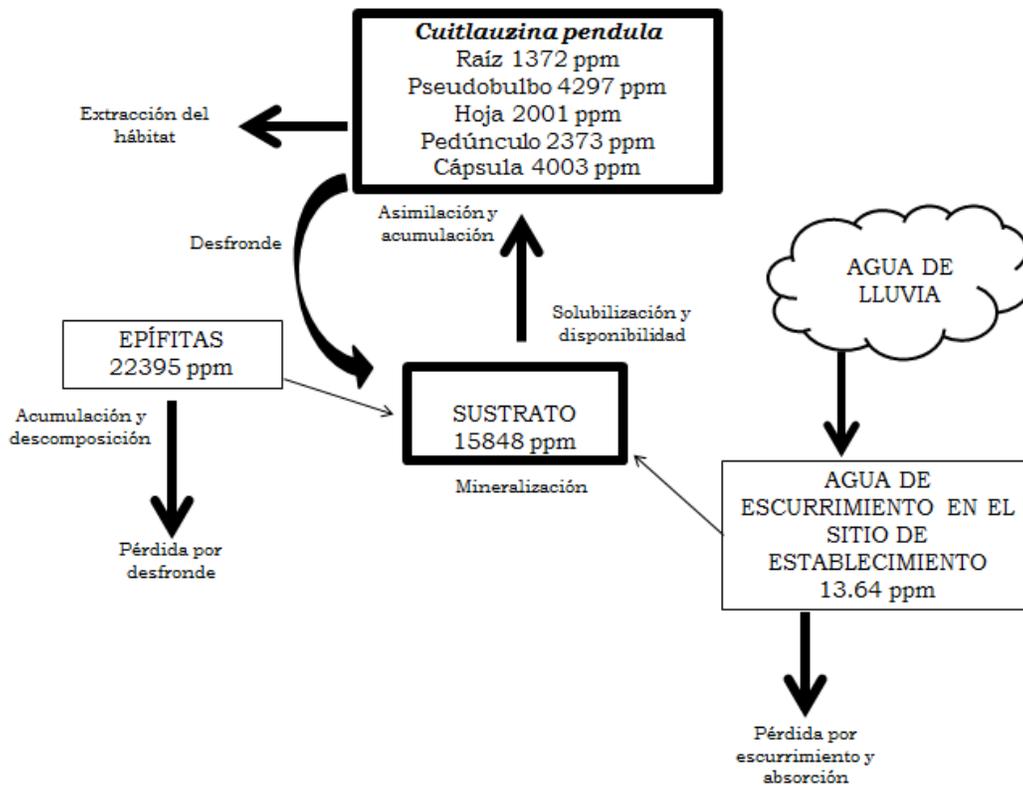


Figura 21. Dinámica del potasio en el hábitat de *Cuitlauzina pendula*.

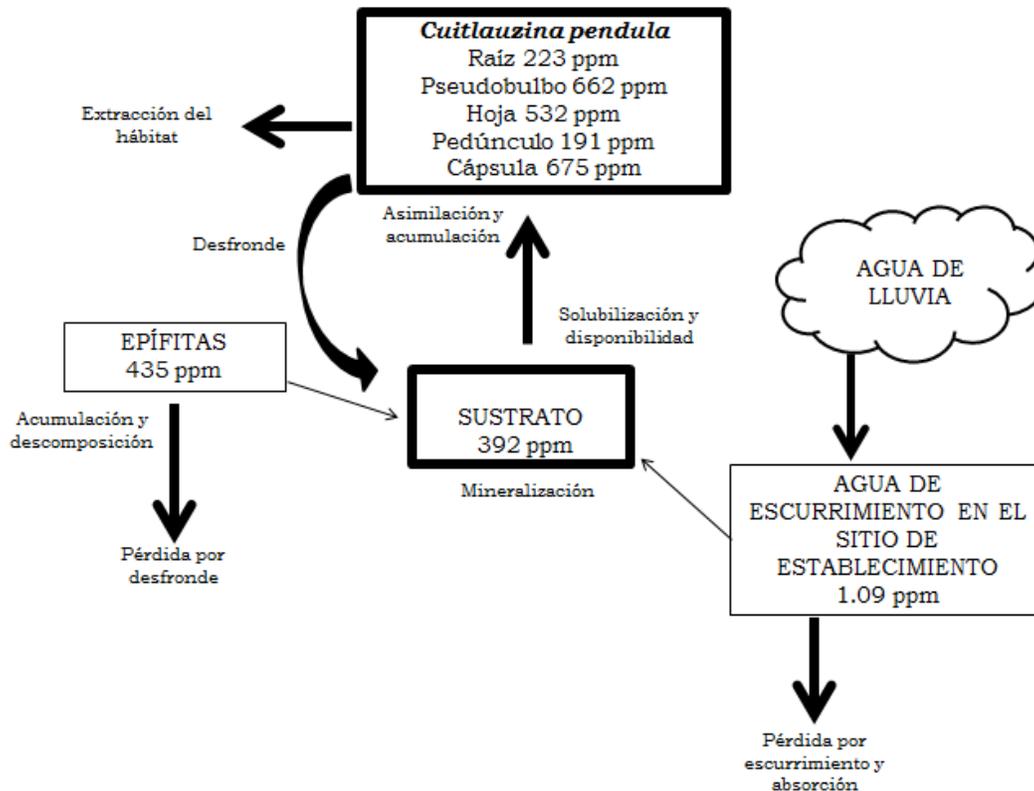


Figura 22. Dinámica del magnesio en el hábitat de *Cuitlauzina pendula*.

6.8 Cultivo de *Cuitlauzina pendula*

Cuitlauzina pendula es una especie con potencial ornamental y es utilizada con este fin, sin embargo, en San Andrés Chicahuaxtla nunca la han cultivado; en este trabajo se realizó una propuesta para su cultivo, con la finalidad de aumentar el número de individuos y revertir la pérdida poblacional en su ambiente natural.

El cultivo se estableció en noviembre de 2011 y las unidades experimentales fueron monitoreadas durante seis meses, de éstos, los dos primeros fueron necesarios para su establecimiento y en los cuatro restantes se contabilizó el número de órganos nuevos. Las unidades experimentales se mantuvieron en condiciones similares a las existentes en su hábitat natural y se aplicó un abono líquido en distinta dosis para cada tratamiento.

El análisis de varianza (Figura 23) revela el comportamiento de los pseudobulbos en los cuatro tratamientos y durante los periodos de medición; la gráfica de color rojo representa las plantas testigo en las que se observa un aumento significativo en el segundo mes y una clara diferencia con respecto a los tratamientos 1, 2 y 3; sin embargo, no se presentaron diferencias significativas ($p\text{-value} = 0.758$). Hacia el cuarto mes se presenta una disminución considerable en las plantas testigo; mientras que, en el tratamiento 3 el número de pseudobulbos se mantuvo constante y al final, en este tratamiento se presentó el mayor crecimiento de este órgano.

Medias marginales estimadas

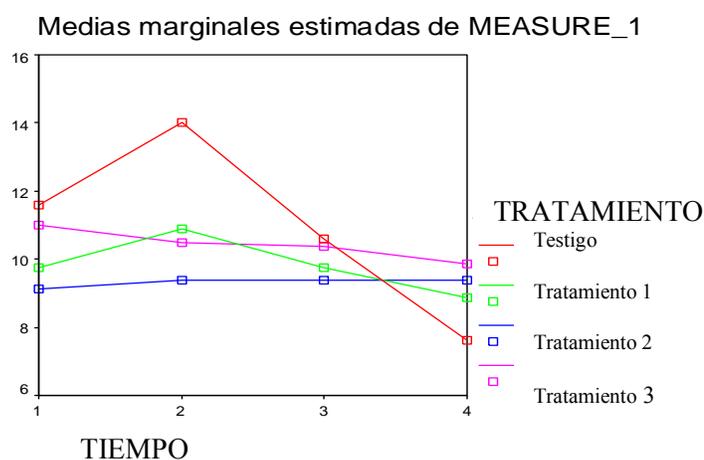


Figura 23. Crecimiento de pseudobulbos en el cultivo de *Cuitlauzina pendula*.

En cuanto a las hojas (Figura 24) se observó un comportamiento muy variado entre tiempos y tratamientos; los tratamientos 2 y 3 presentaron un mayor número de hojas nuevas; es posible observar que en todos los tratamientos (principalmente en el testigo y tratamiento 1) al menos en un momento, hubo una disminución considerable de este órgano, sin embargo, en el ANOVA no se encontraron diferencias ($p\text{-value} = 0.374$).

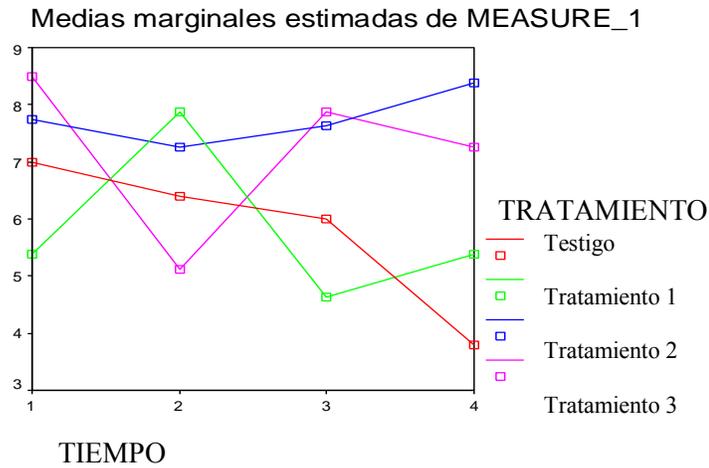


Figura 24. Crecimiento de hojas en el cultivo de *Cuitlauzina pendula*.

En todas las unidades experimentales, el crecimiento de los brotes presentó una disminución importante durante el segundo mes, sin embargo, hubo un incremento considerable hacia el tercero y se mantuvo constante, aunque las gráficas muestran diferencias significativas entre los tratamientos, estadísticamente no las hubo ($p\text{-value} = 0.668$). Para este órgano, el tratamiento 2 fue el de mayor eficiencia al final del experimento, mientras que, el tratamiento con la mayor concentración de abono líquido presentó el menor número de brotes (Figura 25).

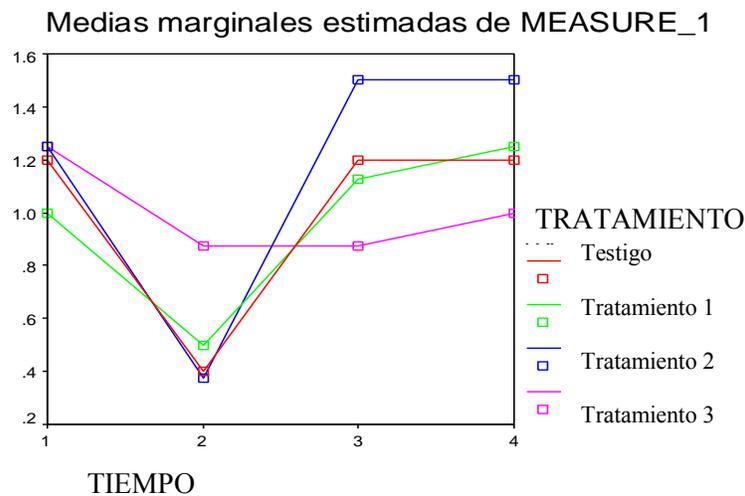


Figura 25. Crecimiento de brotes en el cultivo de *Cuitlauzina pendula*.

El crecimiento de los pedúnculos aumentó hacia el segundo mes en el tratamiento 1, sin embargo, pocos completaron su desarrollo y al final no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p\text{-value} = 0.371$). Al término del experimento en todos los tratamientos se presentó una disminución en el número de este órgano, para dar paso al proceso de fructificación (Figura 26).

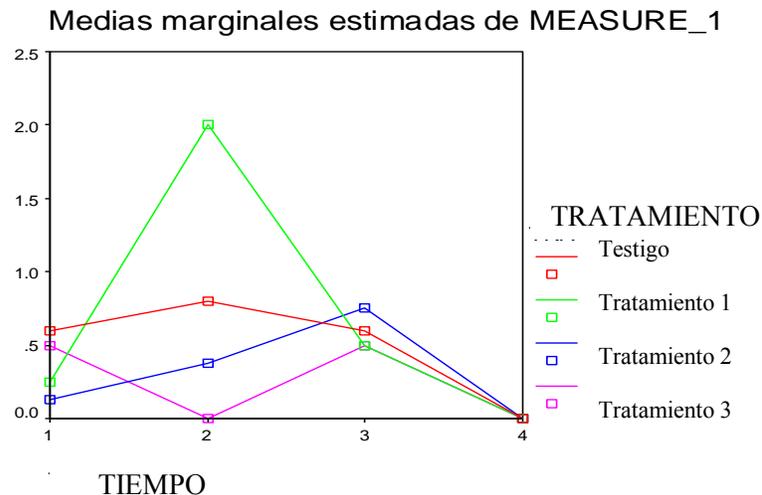


Figura 26. Crecimiento de pedúnculos en el cultivo de *Cuitlauzina pendula*.

En la figura 27 (a) las gráficas muestran que en el tercer mes, en todos los tratamientos, aumentó el número de flores, aunque las unidades experimentales del tratamiento 2 fueron las que presentaron el mayor número; sin embargo, debido al proceso de fructificación hacia el cuarto mes se observa un declive. Al final del tercer mes comienza la formación de frutos y aumenta en el cuarto (Figura 27 b), aunque en las plantas testigo y tratamiento 2 se observó un incremento, las unidades experimentales del tratamiento 3 mostraron la mayor cantidad de frutos. En ambos órganos (dentro de cada tratamiento), no se presentaron diferencias en los cuatro meses de medición, la significación fue de ($p\text{-value} = 0.152$) y ($p\text{-value} = 0.435$) respectivamente.

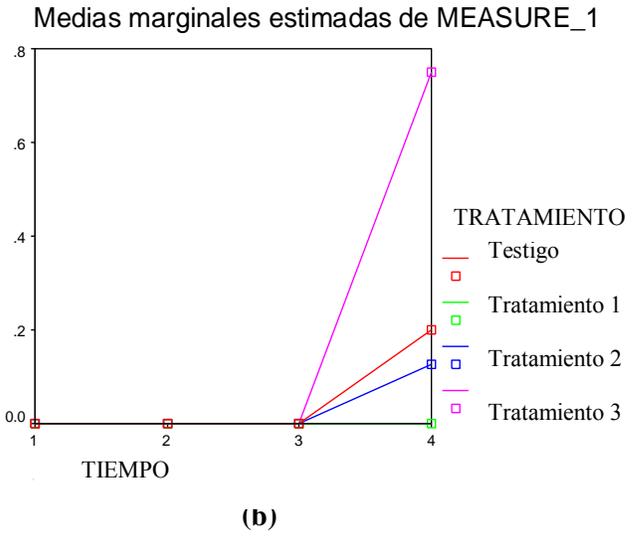
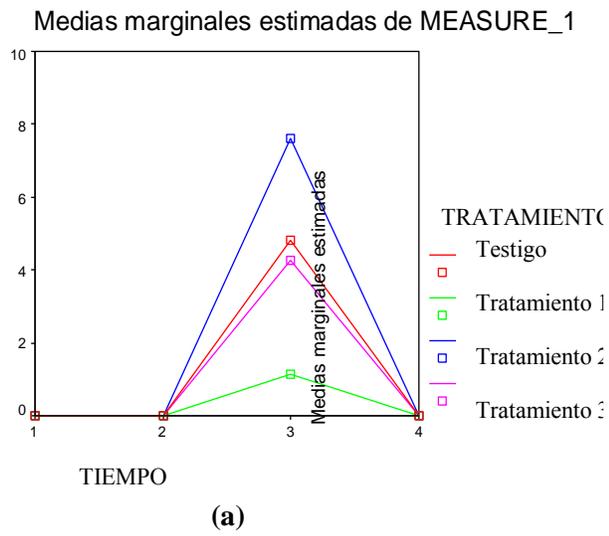


Figura 27. Crecimiento de flores (a), desarrollo de frutos (b), durante el cultivo de *Cuitlauzina pendula*.

VII DISCUSIÓN

7.1 Hábitat de *Cuitlauzina pendula*

En el bosque mesófilo de montaña de la comunidad San Andrés Chicahuaxtla se identificaron tres sitios donde se distribuye *Cuitlauzina pendula*. Para realizar este trabajo se seleccionó la población con el mayor número de individuos. El 100% de los individuos registrados de *C. pendula* que se encuentran en esta área se establecen sobre *Quercus crassifolia*, especie que actúa como único forofito.

Quercus crassifolia tiene las condiciones necesarias para favorecer el establecimiento de *Cuitlauzina pendula*, entre éstas se encuentran la dimensión e inclinación de sus ramas, que ofrecen un área suficiente para el crecimiento de su sistema radical, cuya longitud puede extenderse hasta 50 cm con respecto al sitio de inserción de la planta, dando lugar a la obtención de recursos hídricos y nutrimentales más allá del sitio en que se establece la orquídea. El diámetro de las ramas en que se establece, oscila entre 15 y 30 cm, el área de exploración del sistema radical de esta especie varía más frecuentemente entre 1500 y 3000 cm².

La corteza externa es gruesa y fisurada, en ella se acumula gran cantidad de materia orgánica en diferente etapa de descomposición, además de ser por sí misma, un almacén de nutrimentos que se liberan lentamente, a medida que ésta se descompone y forma parte del depósito de recursos disponibles para la orquídea; no menos importante, resulta el crecimiento de epífitas no vasculares, formando densas capas sobre las ramas del forofito.

En el sustrato que hace contacto con las raíces de *Cuitlauzina pendula*, se encuentran bien representadas las familias Bromeliaceae, Polypodiaceae y Orchidaceae, además de briofitas y *Lycopodium*. El crecimiento de estas epífitas en la corteza de *Quercus crassifolia* representa un importante almacén de nutrimentos y humedad, en forma de tejido

vivo o parcialmente descompuesto y se observó que su biomasa representa más del 50% en el sustrato de la orquídea.

Marín *et al.* (2008) y Scheffknecht *et al.* (2010) atribuyen a las epífitas no vasculares la intercepción de grandes cantidades de agua y nutrimentos, en este trabajo, las epífitas asociadas al crecimiento de *Cuitlauzina pendula* permiten que su sistema radicense aloje entre ellas y se observó que ejercen una fuerte influencia en su establecimiento. De acuerdo con Werner (2011), la importancia de las epífitas asociadas radica en la formación de diferentes microclimas y de un hábitat adecuado para las orquídeas, su pérdida afecta la relación agua-epífitas vasculares.

Con base en lo anterior, se puede afirmar que en el área de estudio *Quercus crassifolia* es la única especie con las condiciones requeridas por *Cuitlauzina pendula* para su establecimiento y se registró que en San Andrés Chicahuxtla esta orquídea no utiliza otra especie como forofito. En diversos trabajos se ha estudiado acerca de la especificidad de orquídeas hacia determinado forofito (Migenis y Ackerman, 1993; Hágsater y Dumont, 1996; Bergstrom y Carter, 2008), sin embargo, Castro-Hernández *et al.* (1999); Werner *et al.* (2005); Trapnell y Hamrick (2006) y Poltz y Zotz (2011), sugieren que es el conjunto de características del forofito, de su corteza y la presencia de otras epífitas lo que determina la preferencia hacia alguna especie de árbol en particular y los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con lo sugerido por estos últimos autores.

7.2 Composición del sustrato y contenido nutrimental

La importancia de estudiar la composición del sustrato que utiliza *Cuitlauzina pendula* radica en que la inestabilidad del sustrato que utilizan las plantas epífitas es una de las mayores causas de mortalidad (Werner y Gradstein, 2008).

En ambos muestreos se observó que más del 75% del material está integrado por los componentes inorgánicos y biomasa seca, mientras que, las epífitas asociadas representan

la menor biomasa (menos del 24%), sin embargo, en éstas los nutrimentos se presentan en altas concentraciones. Los resultados obtenidos son consistentes con los estudios de Nadkarni (1981); Nadkarni (2000) y Werner *et al.* (2005), donde se menciona que la materia orgánica en descomposición acumulada en las ramas de los forofitos, es el principal formador del sustrato disponible para las plantas epífitas, además de una pequeña porción mineral.

Las submuestras se dividieron de acuerdo a su composición (Figura 9 y 10), esto permitió conocer la diversidad y abundancia de los elementos que las conforman; en ambos muestreos se observó que en las epífitas asociadas, el *Lycopodium* y los musgos del género *Syrrhopodon* son los componentes con mayor biomasa y retienen la mayor cantidad de nutrimentos en forma de tejido vivo (Scheffknecht *et al.*, 2010).

Por otra parte, en la submuestra del sustrato los componentes principales son el *Lycopodium*, musgos (*Syrrhopodon*) y la miscelánea, esta última representa entre 30 y 60% del peso total y corresponde a la mayor fuente de nutrimentos disponibles para *Cuitlauzina pendula*; a pesar de que estas epífitas son un importante almacén vía hojarasca, los nutrimentos se liberan muy lentamente (Nadkarni, 2000). Esta liberación de nutrimentos en el hábitat de la orquídea depende de la humedad activa en el sustrato, relación C:N, composición cuantitativa y cualitativa de las poblaciones microbianas, temperatura y pH (Zotz y Hietz, 2001; Zotz y Andrade, 2002; Fritz *et al.*, 2009).

Las submuestras reconocidas a partir de los componentes del sustrato de *Cuitlauzina pendula*, presentan un elevado contenido de nitrógeno, sin embargo, en las epífitas asociadas el contenido es menor (4817.97 y 4845.35 ppm) que en los componentes del sustrato cuyo valor máximo es de 9200.12 ppm, debido a que la mineralización de la materia orgánica es una fuente potencial de este nutrimento.

En la submuestra de sustrato, las briofitas y miscelánea son los principales componentes, es posible inferir que éstos son una fuente importante de nitrógeno; en las epífitas asociadas se observó que aun cuando el contenido de nitrógeno es menor, su

biomasa contribuye de manera importante a la acumulación de este nutrimento en el sitio donde se establece el sistema radical de la orquídea. Clark *et al.* (2005) registraron un mayor contenido de nitrógeno en humus y briofitas en descomposición, con respecto al follaje de epífitas vasculares, mencionan que en algunos ecosistemas las epífitas no vasculares retienen aproximadamente el 50% del nitrógeno anual proveniente de la precipitación, que favorece el establecimiento de plantas epífitas.

El nutrimento con la menor concentración en las submuestras es el fósforo, en los componentes del sustrato se obtuvo el mayor contenido (8.36 ppm), mientras que, en las epífitas asociadas su concentración es menor (6.38 ppm); sin embargo, se sabe que en la hojarasca recientemente acumulada en el follaje de la orquídea se encuentra inmovilizado en el tejido (Parker, 1983; Hernández-Rosas, 2000).

Con los resultados obtenidos en este trabajo es posible inferir que en el bosque mesófilo de montaña de San Andrés Chicahuaxtla, o al menos en el área de estudio, este nutrimento es limitante para la productividad. Tobón *et al.* (2004) mencionan que en ecosistemas forestales, el fósforo es el nutrimento que se encuentra en muy bajas concentraciones, mismas que están relacionadas con su fuerte translocación tanto en el tejido vegetal vivo como en la miscelánea.

La relación en la concentración de nitrógeno y fósforo es inversamente proporcional (Marschner, 1986). En este trabajo la concentración de nitrógeno en los componentes de sustrato es de 0.48 y 0.92% y la de fósforo es sumamente baja (0.0004 y 0.0008%) (Cuadro 4; Figura 11); Zotz y Hietz (2001) obtuvieron resultados similares al estudiar el sustrato en el que se establecen diferentes epífitas en bosques húmedos de montaña, la concentración de nitrógeno es desde 1.43 hasta 2.3%, en todos los sitios es superior al contenido de fósforo (0.062 hasta 0.27%).

El contenido de potasio en las epífitas asociadas es elevado a pesar de ser un elemento con alta movilidad, se presenta desde 10011.55 hasta 34779.45 ppm y está por encima del contenido en los componentes del sustrato (3599.15 y 28097.26 ppm); de los

nutrimentos estudiados es el de mayor concentración en ambas submuestras. Altas concentraciones en el tejido vivo, están relacionadas con su participación en el potencial osmótico de las plantas, que permite la acumulación de agua y del nutriente en los tejidos (Salisbury, 2000).

De acuerdo con estos resultados, *Cuitlauzina pendula* y las epífitas cuyo crecimiento está asociado a la orquídea, compiten por este nutriente y son estas últimas quienes lo obtienen con mayor eficacia y lo acumulan de manera eficiente, su elevada capacidad para absorber el potasio disponible también se refleja en la succulencia que presentan, por la función hídrica que se mencionó.

La hojarasca y el material en descomposición son las principales fuentes de este nutriente; sin embargo, en este trabajo la concentración en el sustrato es baja y se sugiere que obedece a la elevada movilidad de este elemento. Fantozzi *et al.* (2012) analizaron la composición química de las hojas de *Quercus ilex*, de acuerdo con sus resultados en hojas secas el contenido de potasio es muy bajo, mientras que en hojas vivas el contenido es de 4894 hasta 6032 mg; probablemente esta tendencia es similar en *Quercus crassifolia*, por lo tanto, la hojarasca que recientemente cae en el follaje de *Cuitlauzina pendula* es la principal fuente de potasio, además del aporte de las epífitas asociadas.

En el sustrato se registró mayor concentración de calcio (1650.79 ppm), por su parte las epífitas asociadas presentan una concentración máxima de 1527.54 ppm; aunque la diferencia no es tan grande, se sabe que la mayor parte de este elemento es suministrado por el desfronde, su acumulación y posterior mineralización. Según Tobón *et al.* (2004), en hojarasca y miscelánea, Ca y Mg se presentan en concentraciones relativamente bajas y generalmente, este último suele ser limitante en bosques. Las características morfológicas de las epífitas asociadas a *Cuitlauzina pendula* y el follaje de ésta, permiten la acumulación de hojarasca que de manera gradual abastece a la orquídea de nutrientes, representando una fuente importante de calcio.

La concentración de magnesio es menor de 600 ppm (Cuadro 3) y es precisamente en las epífitas asociadas donde se encuentra en mayor cantidad (535.81 ppm) (Figura 11). En el sustrato, este nutrimento no representa el mayor almacén. Se cuantificó una concentración alta de potasio y menor concentración de magnesio, éste es uno de los elementos con menor concentración en las submuestras. Estos resultados se explican porque el magnesio es un catión antagónico al calcio y este último determina la asimilación de magnesio en el tejido vegetal, además, existe entre ellos cierto grado de competencia en el nivel celular (Marschner, 1986).

Cabe señalar las epífitas asociadas y los componentes del sustrato, la concentración de nutrimentos presenta el siguiente patrón $K > N > Ca > Mg > P$ y como ya se mencionó, el fósforo es el elemento con la menor concentración en las submuestras, la relación entre éste y el elemento más abundante (potasio) en las epífitas asociadas es de 1:4 y en los componentes del sustrato 1:2 aproximadamente.

7.2.1 Análisis de correlación (nutrimentos en el sustrato)

Se registró correlación entre Ca-Mg, K-Ca y K-Mg, ocurren con estos iones porque tienen propiedades muy similares y compiten por el sitio de absorción, transporte y función dentro del tejido vegetal (Fageria, 2001), en este sentido se observó relación entre dichos nutrimentos en epífitas-epífitas, sustrato-sustrato, epífitas-sustrato y sustrato-epífitas.

La correlación entre el contenido de potasio en las submuestras tiene un coeficiente de $r = 0.8650$ que indica la existencia de una asociación alta en las concentraciones. El potasio es el nutrimento con la mayor concentración en las submuestras, 22395.5 ppm en las epífitas y 15848.20 ppm en el sustrato. A pesar de que el potasio es un elemento sumamente móvil, los resultados indican que las especies asociadas a *Cuitlauzina pendula*, son altamente eficientes en el consumo de este elemento y son el mayor almacén y fuente de potasio para la orquídea.

La mayor concentración de fósforo es de 6.53 ppm en el sustrato, ligeramente menor en las epífitas asociadas, la correlación entre éstas es fuerte y directa ($r = 0.7852$).

De los cinco nutrimentos estudiados el fósforo tiene la menor concentración (menor a 10 ppm), sin embargo, en el hábitat de *Cuitlauzina pendula*, la mineralización de la materia orgánica que compone el sustrato, es la principal fuente de este nutrimento; lo anterior se basa en que este nutrimento se acumula en la biomasa microbiana, materia orgánica y formas inorgánicas y su liberación ocurre por la hidrólisis de la forma inorgánica lábil o mineralización de materia orgánica, dejando nuevamente disponible el fósforo (Marschner, 1995).

Por ser un componente estructural, el calcio es de suma importancia en el tejido vegetal, la submuestra de epífitas asociadas contiene 1137.76 ppm mientras el contenido en el sustrato es ligeramente menor (1061.86 ppm). Otra función que desempeña el calcio es regular la absorción de nitrógeno (principalmente nitratos), en ambas submuestras el contenido de nitrógeno se encuentra en mayor cantidad y su contenido supera el del calcio. De acuerdo con los resultados obtenidos, las epífitas asociadas a *Cuitlauzina pendula* son las que proporcionan mayor cantidad de calcio al descomponerse y formar parte del sustrato utilizado por la orquídea.

Se presentó correlación entre el contenido de magnesio y fósforo, estos nutrimentos representan la menor concentración en las submuestras, no obstante el contenido de Mg supera ampliamente la concentración de fósforo; aunque no se encontró relación alguna entre nitrógeno y los demás nutrimentos estudiados, se sabe que un elevado contenido de N, está relacionado con una menor asimilación de Mg, en este trabajo se registró esta relación, ya que el contenido de nitrógeno es sumamente alto y probablemente los valores de Mg obtenidos están directamente influenciados por dicho elemento (Marschner, 1986), cabe señalar que no se registró correlación del nitrógeno con los demás nutrimentos estudiados.

La correlación más alta se presentó en la submuestra de epífitas asociadas, entre potasio y magnesio ($r = 0.9471$), estos son elementos antagónicos. El potasio está altamente concentrado (22395.5 ppm) mientras que, el contenido de magnesio es muy bajo (435.27 ppm); esta diferencia en la concentración se debe a que los cationes con una carga positiva

son absorbidos con mayor facilidad y velocidad, por lo que estos elementos mantienen una relación de competencia a nivel iónico (Fageria, 2001), misma que se refleja en una mayor absorción de K^+ .

El magnesio generalmente se presenta en forma de silicatos no asimilables por las plantas (Marschner, 1986); debido a que el sustrato de la orquídea está conformado principalmente por las epífitas asociadas a ella y debido a que éstas no presentan una concentración elevada de este nutrimento, al morir y descomponerse, la disponibilidad de magnesio para *Cuitlauzina pendula* es muy baja, lo que se corrobora con los resultados obtenidos en el análisis nutrimental de la orquídea (Cuadro 8).

Otra relación antagónica es potasio-calcio, en ambas submuestras se obtuvo una concentración elevada de K con respecto a la de Ca (Cuadro 3). Los resultados obtenidos muestran una asociación inversamente proporcional, a pesar de que ambos elementos regulan la presión osmótica en el interior de las células (Martínez *et al.*, 2010), el potasio realiza esta función con mayor eficacia.

El calcio es un elemento que determina la asimilación de magnesio, además de existir entre ellos competencia en el nivel celular (Marschner, 1986), no es extraño que en las submuestras el contenido de calcio esté por encima del contenido de Mg, ambos elementos tienen una concentración mayor en las epífitas asociadas, siendo éstas la fuente principal de estos nutrimentos para la orquídea.

Potasio y fósforo presentan correlación alta, debido principalmente a que se trata de los nutrimentos con la mayor y menor concentración (Cuadro 7). Martínez *et al.* (2010) menciona que un elevado contenido de potasio favorece la asimilación de fósforo, sin embargo, los resultados muestran que a pesar de un alto contenido de K, la asimilación de fósforo es insuficiente y puede aseverarse que en su hábitat natural, este nutrimento es limitante para *Cuitlauzina pendula*.

7.3 Contenido nutrimental en tejido vegetal

Se estudió la concentración de cinco nutrimentos en los órganos de *Cuitlauzina pendula*, misma que es menor a la concentración de las epífitas asociadas a ella, sin embargo, su concentración no es despreciable. La composición nutrimental tiene el siguiente orden N>K>Ca>Mg>P, similar a lo registrado para el sustrato; cabe señalar que la cápsula concentra gran cantidad de estos nutrimentos, con el fin de asegurar desarrollo completo de las semillas.

Zotz y Andrade (2002) mencionan que las plantas que crecen en el dosel tienen un bajo contenido de nutrimentos en sus tejidos; del mismo modo, Mitchell (2004) sugiere que las epífitas responden con mayor eficacia que las plantas terrestres a los cambios en la disponibilidad de nutrimentos; sin embargo, los resultados de este trabajo indican que esta especie es eficiente en el aprovechamiento y uso de los nutrimentos disponibles.

Con excepción del pseudobulbo y el pedúnculo, la concentración de nitrógeno es muy elevado en los otros órganos de *Cuitlauzina pendula*, por ello, es probable que la orquídea es una especie acumuladora de este nutrimento; la mayor concentración de éste se encuentra en la raíz con 0.63%, cápsula 0.42% y las hojas 0.20% (Figura 12); a pesar de que el pseudobulbo se considera un importante órgano de almacenamiento, no lo es para este nutrimento, incluso es uno de los dos órganos con la menor concentración, contiene únicamente 0.16%.

Diversos trabajos han señalado resultados similares, Awasthi *et al.* (1995) determinaron que en *Bulbophyllum affine*, *Coelogyne ochracea*, *Otochilus porrecta* y *Cirrhopetalum cornutum*, los órganos que concentran la mayor cantidad de este nutrimento son la raíz (entre 0.009 y 0.58%) y hojas (entre 0.005 y 0.78%), a diferencia de los tallos, que únicamente contienen entre 0.008 y 0.56%.

Hew y Yong (2004) estudiaron el contenido nutrimental en dos géneros de orquídeas; en *Phalaenopsis* encontraron la mayor concentración en la raíz (2.9 a 3.3 mg), hoja (2.3 a 2.6 mg) y tallo únicamente 1.9 mg; en *Aranda* el nitrógeno se concentró en la raíz (0.88 y 0.99 mg), mientras que, el tallo y hoja contienen 0.74 y 0.88 mg, éstos últimos

no se cuantificaron por separado, de acuerdo a los trabajos mencionados, *Cuitlauzina pendula* sigue la misma tendencia con respecto al contenido de nitrógeno.

Al igual que el nitrógeno, el contenido de fósforo en los pseudobulbos es menor que en hoja y raíz, que contienen 14.21 y 7.21 ppm respectivamente, equivalentes a 0.0014 y 0.0007%, en el pseudobulbo únicamente representa el 0.0005%. Estos resultados coinciden con Awasthi *et al.* (1995) quienes encontraron resultados similares en todas las especies que estudiaron, la concentración de fósforo en las hojas es de 0.001 hasta 0.31% y en la raíz de 0.001 a 0.32%.

La cápsula tiene un alto contenido de fósforo (11.94 ppm), Wang (1996) menciona que este elemento es importante durante la floración de las plantas, debido a que en este trabajo no se estudiaron las flores, probablemente la concentración obtenida se debe a la translocación de este nutrimento para la formación del fruto, ya que es esencial para la formación de semillas. En esta orquídea las hojas son el órgano con la mayor concentración (14.21 ppm), ya que es un componente de diversas moléculas energéticas y participa de manera activa en la fotosíntesis (Marschner, 1995).

El potasio generalmente es muy abundante en tejidos vegetales (a pesar de su alta lixiviación) y participa en múltiples funciones como la absorción de cationes, aniones y azúcares, además de mejorar la floración y fructificación (Fageria, 2001; Tobón *et al.*, 2004; Martínez *et al.*, 2010). En *Cuitlauzina pendula* el mayor contenido se encuentra en el pseudobulbo (4297.09 ppm) y cápsula (4003.84 ppm), no es extraño por tanto, que en el pedúnculo la concentración también sea elevada (2373.37 ppm).

Poole y Seeley (1978) mencionan que los tejidos vegetales que carecen de potasio son capaces de translocarlo a partir de tejidos desarrollados y reutilizarlos para el crecimiento de los nuevos; lo anterior se refleja en el bajo contenido en hoja y raíz (2001.92 y 1372.41 ppm respectivamente), que es menor que en pseudobulbo, pedúnculo y cápsula. Hew y Yong (2004) estudiaron el contenido nutrimental en *Phalaenopsis sp.* y *Aranda sp.*, al igual que en este trabajo encontraron la menor concentración de potasio en la raíz.

En *Cuitlauzina pendula* los órganos con el mayor contenido de K son también los más suculentos (Figura 15), cabe señalar su importancia en el potencial osmótico, que

deriva en la acumulación de agua en los tejidos, la mayor concentración en el pseudobulbo se debe a que éste funge como el principal almacén de agua para la orquídea. En *C. pendula* la concentración es muy baja con respecto a las epífitas asociadas y sustrato, sin embargo, no es un factor limitante para su crecimiento.

Al igual que el K, el magnesio es un elemento que puede translocarse (aunque en menor medida) para la formación de nuevos órganos; el patrón de concentración en este trabajo es el siguiente: cápsula>pseudobulbo>hoja>raíz>pedúnculo, concentrando la mayor parte del nutrimento en el fruto (675.54 ppm), esto resulta consistente con Hew y Yong (2004) que en *Aranda sp.* encontraron la mayor cantidad de magnesio en tallo y hoja (0.28 mg) y menor contenido en la raíz (0.15 mg).

Aunque forma parte de la molécula de clorofila y se concentra de manera importante en las hojas (532.17 ppm), este nutrimento es fácilmente extraíble con agua, por ello *Cuitlauzina pendula* no concentra altas cantidades de Mg. Al igual que en el sustrato y epífitas asociadas, los resultados reflejan la relación antagónica entre Mg y K, este último determina la asimilación de magnesio por la planta (Marschner, 1986).

El calcio es un importante componente estructural en los vegetales e interviene en la absorción de elementos (Fageria, 2001), las hojas de las orquídeas presentan elevados niveles de Ca, ya que intervienen en la actividad de la ruta CAM (Salisbury, 2000). Al ser un elemento poco móvil dentro del tejido vegetal, en este trabajo se encontraron concentraciones altas, únicamente la raíz y el pedúnculo tienen un bajo contenido (394.78 y 797.59 ppm respectivamente).

A pesar de que la concentración en el pseudobulbo es mayor (1611.21 ppm), en las hojas se concentra gran cantidad de este elemento (1553.1 ppm), tal como lo registraron Hew y Yong (2004) en *Phalaenopsis sp.*, quienes encontraron la mayor concentración de calcio en las hojas y el tallo. Ya que este nutrimento también es importante para la maduración de frutos (Salisbury, 2000), en *Cuitlauzina pendula* la cápsula es el tercer órgano con la mayor concentración (1533.06 ppm) (Figura 14).

7.4 Nutrientes en agua de escurrimiento a partir del sitio donde se establece la orquídea

El agua de lluvia contiene de manera natural determinada cantidad de nutrientes, sin embargo, durante su caída la composición nutricional se modifica al pasar por la atmósfera, o bien al atravesar la hojarasca o materia orgánica acumulada en las ramas y troncos de los árboles; en ecosistemas forestales el enriquecimiento nutricional está relacionado con las características de las especies arbóreas, como el relieve de la corteza, el ángulo de inclinación de las ramas y la presencia de briofitas, factores que influyen en el intercambio nutricional entre el dosel y el agua de lluvia, modificando su composición (Gallardo y Moreno, 1999).

El agua de escurrimiento en el sitio donde se establece la orquídea y que está en contacto con el sistema radical de *Cuitlauzina pendula* presenta un contenido nutricional bajo (Cuadro 9), sin embargo, juega un papel importante en la disponibilidad de nutrientes para la orquídea; lo anterior está sustentado con el trabajo de Parker (1983), quien considera el escurrimiento de agua en el fuste como una importante vía para la obtención de nutrientes y estima que contribuye con alrededor del 20 por ciento de aporte nutricional para la vegetación. Awasthi *et al.* (1995) estudiaron el crecimiento de cinco especies de orquídeas epífitas y observaron que el agua de escurrimiento en el fuste y el detritus acumulado en el sitio de inserción de la planta, son las principales fuentes de nutrientes.

Se ha demostrado que los ecosistemas forestales de montaña son muy eficientes en la captura de nutrientes (tanto en las nubes como en la niebla), principalmente de nitrógeno y otros cationes básicos (Oyarzún *et al.*, 2004). En este trabajo se determinó una concentración de nitratos entre 0.112 y 1.894 ppm, mientras que, el contenido de amonio es superior (de 0.645 a 2.033 ppm) en ambos muestreos (Cuadro 9). De acuerdo a su concentración, los nutrientes cuantificados obedecen el siguiente orden $K > Ca > Mg > NH_4^+ > NO_3^- > P$, colocando al nitrógeno (en sus dos formas estudiadas) como uno de los nutrientes con menor disponibilidad para *Cuitlauzina pendula*.

Los resultados concuerdan con Gallardo y Moreno (1999) quienes estudiaron la composición química del agua de lluvia en un bosque de *Quercus pyrenaica* y determinaron una baja concentración de nitratos (de 0.03 a 0.10 ppm) y un mayor contenido de amonio (entre 0.08 y 0.21 ppm). Un bajo contenido de nitratos se debe principalmente a que son iones comúnmente absorbidos por el dosel durante los eventos de precipitación, además, en ecosistemas forestales es la forma de nitrógeno más móvil; por otra parte se tiene conocimiento de que el amonio se concentra en gran medida en la niebla, por lo tanto su contenido en el agua de escurrimiento es superior (Tarrant *et al.*, 1968; Andrade *et al.*, 1995).

El bosque mesófilo de montaña de San Andrés Chicahuaxtla presenta abundante humedad en forma de niebla, ésta puede ser una de las principales fuentes de este catión, sin olvidar el enriquecimiento durante la precipitación, que lava la superficie de la corteza de troncos y ramas de los árboles, la miscelánea (materia orgánica en descomposición) y tejido vegetal vivo que se encuentra sobre éstas. Cabe señalar que tanto las epífitas asociadas a *Cuñilauzina pendula* como los componentes del sustrato en que se establece, tienen altas concentraciones de nitrógeno, razón por la cual un bajo contenido en el agua de escurrimiento en el fuste no representa una limitante en la disponibilidad de este nutrimento.

En el cuadro 11 se comparan los resultados obtenidos en este trabajo con lo registrado por otros autores (Eaton *et al.*, 1973; Gallardo y Moreno, 1999 y Hölscher, 2003) quienes estudiaron la composición química del agua de escurrimiento; como tendencia general, el fósforo presenta la menor concentración y el contenido de nitrógeno es mayor en su forma amoniacal. De acuerdo con Eaton *et al.*, (1973), Hölscher (2003) y en este trabajo, el potasio es el nutrimento con mayor concentración, mientras que, Gallardo y Moreno (1999) mencionan un mayor contenido de calcio; diferencias que están dadas por las características bióticas y abióticas de los sitios de estudio en cada trabajo.

Cuadro 11. Comparación del contenido nutrimental en agua de escurrimiento, expresado en partes por millón

	Agua de escurrimiento en raíces de <i>Cuitlauzina pendula</i>	Eaton <i>et al.</i> (1973)	Gallardo y Moreno (1999)	Hölscher (2003)
N-NO₃⁻	0.112 – 1.894	2.30 – 3.29	0.03 – 0.10	0.47
N-NH₄⁺	0.645 – 2.033	1.22 – 2.16	0.08 – 0.21	0.09
P	0.2 – 0.228	0.17 – 0.54	0.01 – 0.04	ND
Ca	2.7 - 7.6	1.3 – 1.58	0.14 – 0.64	1.50
K	3.7 – 31.14	3.81 – 8.03	0.06 – 0.21	9.64
Mg	0.33 – 2.24	0.37 – 0.40	0.03 – 0.14	0.71

ND=no determinado

Oyarzún *et al.* (2004) mencionan que el dosel es una fuente importante de cationes básicos, en este trabajo el potasio es el elemento más abundante en el sustrato y epífitas asociadas, así como en el agua de escurrimiento que tiene un contenido entre 3.7 y 31.14 ppm. De los nutrimentos estudiados en el agua el K es el más concentrado, como resultado del lavado del sustrato y representa una fuente importante de potasio para la orquídea, que a su vez presenta en sus órganos una concentración elevada de este nutrimento (Figura 17).

La mayor parte del Ca y P se obtienen a través de la materia orgánica en descomposición, mientras que el agua de escurrimiento contiene pequeñas proporciones de éstos (Parker, 1983). Lo anterior está sustentado con los resultados obtenidos en la submuestra del sustrato, cuya concentración de nutrimentos es muy elevada (Cuadro 3), mientras que, en el agua de escurrimiento el contenido es bajo (Cuadro 9), no obstante contribuye de manera importante en la disponibilidad nutrimental para la orquídea.

El contenido de calcio en el agua de escurrimiento en el sitio donde crece la orquídea es muy alto (únicamente superado por el potasio) debido a que no sufre pérdidas por translocación, este nutrimento es capaz de acumularse; se registró un valor máximo de 7.6 ppm (Cuadro 9), al ser uno de los nutrimentos con mayor concentración, representa una

fuerza importante de calcio para la orquídea, sin olvidar su participación en la solubilización de nutrientes acumulados en el sustrato y epífitas asociadas.

El magnesio como ya se ha mencionado, es un elemento antagónico con el calcio, la concentración obtenida va desde 0.33 hasta 2.24 ppm; una baja concentración en el agua de escurrimiento se debe a su lixiviación ocurrida al atravesar la copa de los árboles (Figura 22), ya que tanto magnesio como fósforo suelen ser limitantes en agua de escurrimiento (Tobón *et al.*, 2004). El fósforo es un elemento que generalmente se encuentra en bajas concentraciones tanto en tejido vegetal como en aguas naturales y modifica su concentración una vez que ocurre lixiviación y absorción por el dosel (Andrade *et al.*, 1995); en este trabajo es el nutriente con la menor concentración en las epífitas asociadas, sustrato, tejido vegetal y el agua de escurrimiento, por lo que se considera limitante para el crecimiento de la orquídea (Figura 19), el máximo valor que se obtuvo es de 0.228 ppm.

Fritz *et al.* (2009) sugieren que el escurrimiento del agua a través de la corteza y ramas permite el enriquecimiento de nutrientes, principalmente de cationes; las altas concentraciones de Ca, K y Mg obtenidas, están favorecidas por las características de la corteza de *Quercus crassifolia*, la acumulación de materia orgánica y su lavado.

7.4.1 Análisis de correlación (nutrientes en agua)

El coeficiente de correlación entre NH_4^+ y P es de 0.7358; entre éstos existe una relación antagónica, ya que el fósforo se lixivia fácilmente y su concentración es baja, lo anterior no ocurre con el nitrógeno en cualquiera de sus formas químicas (amonio, nitratos y nitritos), es así que el amonio presenta una concentración alta con respecto al fósforo, Eaton *et al.* (1973) menciona que a diferencia de otros elementos, aquellos con función estructural como el nitrógeno son mucho menos susceptibles a la lixiviación.

La concentración de potasio es superior con respecto a la de calcio ($r = 0.7649$), sin embargo ésta no es despreciable y es el segundo nutriente más concentrado en las

muestras; de acuerdo con Parker (1983) durante el escurrimiento, el calcio presente en el agua fácilmente puede lixiviarse, lo cual explica un menor contenido de este elemento.

Durante el escurrimiento, tanto Ca^{2+} como Mg^{2+} disminuyen su concentración, generalmente el calcio tiende a presentar un mayor contenido con respecto al magnesio, los resultados en este trabajo concuerdan con (Oyarzún *et al.* 2004) y se presentó entre estos nutrimentos una relación inversamente proporcional y el coeficiente de correlación es de 0.8560.

7.5 Cultivo de *Cuitlauzina pendula*

La Norma Oficial Mexicana NOM-059 considera a *Cuitlauzina pendula* como una especie amenazada, además es endémica de México, para esta orquídea la fragmentación del bosque mesófilo de montaña, la tala inmoderada, la tumba, roza y quema, el cambio de uso de suelo y su extracción con fines ceremoniales son los factores que la hacen vulnerable y su conservación es de suma importancia.

El cultivo realizado en este trabajo permitió estudiar las condiciones *ex situ* requeridas para cultivar *Cuitlauzina pendula*, favoreciendo su multiplicación y conservación. El cultivo tradicional es una estrategia de conservación que se basa en dos principios: la conservación de los sitios donde se encuentran las especies nativas y la conservación *ex situ*; esta última tiene como finalidad la propagación y el mantenimiento de las especies que ya no pueden subsistir en la naturaleza, o bien, la propagación masiva y subsecuente comercialización (Hágsater *et al.*, 2005).

Laube y Zotz (2003) mencionan que el crecimiento vegetativo de epífitas vasculares está menos condicionado por el suministro de nutrimentos que por la disponibilidad de agua; en este trabajo además del riego, se preparó e incorporó un abono líquido a base de frutas y se adicionó una concentración 1:10 agua-abono líquido a cada unidad experimental en los tratamientos 1, 2 y 3.

Al comparar los resultados obtenidos en los tres tratamientos abonados y las plantas testigo, no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, sin embargo, al medir el crecimiento de nuevos órganos, se obtuvieron mejores resultados en los tratamientos 2 y 3 con la mayor concentración de abono líquido fermentado.

De acuerdo con lo anterior, el abono líquido utilizado es una buena fuente de nutrimentos para cultivar *Cuitlauzina pendula* ya que el desarrollo de las plantas fue mejor en las unidades experimentales abonadas, que en las plantas testigo. Existen diversos trabajos acerca de cultivos *in vitro* de orquídeas, en éstos se ha comprobado que la adición de extractos orgánicos mejora el crecimiento de las plantas; Sinha y Roy (2004) cultivaron *Vanda teres* y adicionaron al medio de cultivo agua de coco y extracto de plátano al 10 y 12 por ciento respectivamente, del mismo modo, Moreno y Menchaca (2007) al trabajar con *Stanhopea tigrina* y Flores-Escobar (2008) que estudió *Oncidium stramineum*, obtuvieron mejores resultados al suplementar el medio de cultivo con extracto de jitomate, manzana y plátano al 4% y 10% de agua de coco; el cultivo de *C. pendula* se realizó *ex vitro*, sin embargo, los resultados muestran que el abono a base de frutas es eficaz y mejora su cultivo.

Bichsel *et al.* (2008) determinaron que altas concentraciones de nitrógeno favorecen el crecimiento de pseudobulbos, en este trabajo se observó un mayor crecimiento de estos órganos en el tratamiento 3. Cabe señalar que el número de pseudobulbos muertos aumentó en todos los tratamientos, no obstante el crecimiento de nuevos brotes incrementó hacia el tercer mes y después se mantuvo constante.

En el tratamiento 2 hubo mayor crecimiento de brotes, destaca el hecho de que las unidades experimentales a las que se aplicó la mayor concentración de abono líquido (tratamiento 3) presentó la menor cantidad de brotes, esto obedece a que los nutrimentos de la orquídea se translocan para los órganos reproductivos, que garantizan la continuidad de la especie.

Los tratamientos 2 y 3 presentaron un mayor número de hojas nuevas, en los cuatro tratamientos se presentó una disminución al menos en alguno de los cuatro meses, sin embargo, en las plantas testigo la disminución continuó hasta el final del experimento

(Figura 24). Wang (2007) realizó un cultivo de *Phalaenopsis sp.* y menciona que utilizar una mezcla de corteza como sustrato y la adición de altas concentraciones de potasio favorecen el crecimiento de nuevas hojas, lo anterior ocurre porque es un elemento sumamente móvil y fácilmente se transloca de tejidos seniles hacia los nuevos (Poole y Seeley, 1978) favoreciendo su multiplicación.

Al cultivar *Dendrobium nobile*, Bichsel *et al.* (2008) observaron que el crecimiento de hojas está influenciado por altas concentraciones de nitrógeno y potasio, cabe señalar que en las hojas de *Cuitlauzina pendula* son precisamente estos nutrimentos los que mayor concentración presentan, lo que también ocurre en el sustrato que utiliza la orquídea.

El crecimiento de los pedúnculos fue más evidente hacia el segundo mes en el tratamiento 1, sin embargo, pocos llegaron al término de su desarrollo. Al finalizar el experimento se presentó una disminución en todos los tratamientos, pero se observó que el número de pedúnculos en las unidades experimentales del tratamiento 2 fue mayor.

Las flores en el tratamiento 2 presentaron mejor desarrollo (Figura 27 a), la floración ocurrió a finales de marzo y hasta el mes de abril. Wang (2007) y Bichsel *et al.* (2008) cultivaron *Phalaenopsis sp.* y *Dendrobium nobile* respectivamente y determinaron que una mayor concentración de potasio favorece la multiplicación y calidad de las flores. Hacia el sexto mes se observó un declive en todos los tratamientos, debido a que las plantas pronto comenzarían a fructificar. A finales de abril empezó el desarrollo de frutos y hubo un aumento en el último mes, aunque en las plantas testigo y tratamiento 2 se observó un incremento, las unidades experimentales del tratamiento 3 mostraron la mayor producción (Figura 27 b), estos resultados están relacionados a una elevada concentración de abono.

De acuerdo con Poole y Seeley (1978); Wang (2007) y Bichsel *et al.* (2008), la incorporación de altas concentraciones de potasio y nitrógeno favorecen el crecimiento de nuevos órganos en el cultivo de orquídeas. La adición de abono líquido a las unidades experimentales fue de gran utilidad para un mejor crecimiento, ideal sería modificar el sustrato, de tal modo que, su composición sea más similar a la utilizada de manera natural por *Cuitlauzina pendula*, debido a que sus componentes aportan gran cantidad de nitrógeno y potasio.

VIII CONCLUSIONES

- * *Quercus crassifolia* es la única especie que actúa como forofito de *Cuitlauzina pendula* en el área de estudio, ya que en esta especie se ubicó el 100% de los individuos registrados.
- * El establecimiento de esta especie se encuentra asociado al crecimiento de briofitas del género *Syrrhopodon* y ocasionalmente al de otras epífitas vasculares, sin actuar como competidores por recursos nutrimentales con esta especie.
- * La presencia de epífitas no vasculares en el forofito, favorecen el establecimiento de *Cuitlauzina pendula* y esta especie demanda altos contenidos de nitrógeno y potasio.
- * El sustrato que utiliza la orquídea, aportan gran cantidad de nitrógeno y fósforo, mientras que, las epífitas asociadas concentran alto contenido de potasio, calcio y magnesio.
- * *Cuitlauzina pendula* concentró la mayor cantidad de nutrimentos en pseudobulbos y cápsulas.
- * El agua de escurrimiento en el sitio donde se establece la orquídea permite el arrastre y solubilización de nutrimentos que favorecen la nutrición de *Cuitlauzina pendula*. El análisis nutrimental mostró una correlación alta entre N-P, K-Ca y Ca-Mg.
- * La obtención de flores por medio del cultivo de *Cuitlauzina pendula*, mediante el uso de un abono líquido fermentado aplicado vía foliar, permite desarrollar estrategias para su conservación.

X RECOMENDACIONES

- Realizar muestreos mensuales del agua de escurrimiento fustal para conocer la variación de nutrimentos a lo largo del año.
- Estudiar la composición nutrimental de cada componente del sustrato, del mismo modo, de cada una de las epífitas asociadas para conocer el aporte real de cada elemento.
- Incluir al estudio la cuantificación de micronutrimentos.
- Cuantificar nutrimentos en el abono líquido fermentado.
- Realizar el cultivo con una duración mínima de un año, con la finalidad de conocer objetivamente las condiciones requeridas por las plantas y aumentar la producción.

X REFERENCIAS

- Acosta, C. S. 1997. Afinidades fitogeográficas del bosque mesófilo de montaña de la zona de Pluma Hidalgo, Oaxaca, México. *Polibotánica* (6): 25-39.
- Acosta, C. S. 2002. Plantas vasculares raras, amenazadas o en peligro de extinción del estado de Oaxaca, un panorama preliminar. *Polibotánica* (013): 47-82.
- Acosta, C. S. 2004. Afinidades de la flora genérica de algunos bosques mesófilos de montaña del nordeste, centro y sur de México: un enfoque fenético. *Anales del Instituto de Biología* **75**(1): 61-72.
- Alcántara-Ayala, O. e I., Luna-Vega. 1997. Florística y análisis biogeográfico del bosque mesófilo de montaña de Tenango de Doria, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*. **68**(2): 57-106.
- Aldrich, M., P. Bubb, S. Hostettler y H. van de Wiel. 2000. Bosques nublados tropicales montanos. Tiempo para la acción. WWF International/IUCN The World Conservation Union. Cambridge, Inglaterra. 29 pp.
- Álvarez-Aquino, C., G. Williams-Linera y R. A. Pedraza. 2008. Experiencias sobre restauración ecológica en la región del bosque de niebla del centro de Veracruz. pp. 126-145. En: *Ecología, manejo y conservación de los ecosistemas de montaña en México*. Sánchez-Velázquez, L. R., J. Galindo-González y F. Díaz-Fleischer (eds.). 2008. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Veracruzana, Mundi Prensa. México, D.F. 410 pp.
- American Public Health Association, American Water Works Association Y Water Pollution Control Federation (eds.). 1963. *Métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desecho: incluyendo sedimentos bentales y lodos*. 11va. ed. Interamericana. México, D.F. 1368 pp.
- Andrade, G. de C., Da Silva, H. D., Ferreira, C. A., Bellote, A. F. J. y L. Moro. 1995. Contribución del agua de lluvia en la oferta de nutrientes minerales para *Eucalyptus grandis*. *Bosque* **16**(1): 47-51.
- Arditti, J. 1979. Aspects of the physiology of orchids. *Advances in Botanical Research*. **7**: 421-655.
- Arditti, J. 1992. *Fundamentals of orchid biology*. John Wiley & Sons. New York. 691 pp.

- Arriaga L. Espinoza, J. M. Aguilar C., Martínez E., Gómez L., Loa E. (coord.) 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México.
- Awasthi, O. P., Sharma, E. y L. M. S., Palni. 1995. Stemflow: A source of nutrients in some naturally growing epiphytic orchids of the Sikkim Himalaya. *Annals of Botany* **75**: 5-11.
- Benzing, D. H. 1973. Mineral nutrition and related phenomena in Bromeliaceae and Orchidaceae. *The Quarterly Review of Biology* **48**(2): 277-290.
- Benzing, D. H., D. W., Ott y W. E., Friedman. 1982. Roots of *Sobralia macrantha* (Orchidaceae): structure and function of the velamen-exodermis complex. *American Journal of Botany* **69**(4): 608-614.
- Bergstrom, B. J. y R. Carter. 2008. Host-tree selection by an epiphytic orchid, *Epidendrum magnoliae*. (Green Fly Orchid), in an Inland Hardwood Hammock in Georgia. *Southeastern Naturalist* **7**(4): 571-580.
- Bichsel, R. G. y T. W., Starman. 2008. Nitrogen, phosphorus and potassium requirements for optimizing growth and flowering of the nobile *Dendrobium* as a potted orchid. *HortScience* **43**(2): 328-332.
- Brechtel, H. y P., Cribb. 1981. *The manual of cultivated orchid species*. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts. 444 pp.
- Brechtel, H., P. Cribb y E. Launert. 1992. *The manual of cultivated orchid species*. 3ra.Ed. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts. 585 pp.
- Castro-Hernández, J. C., J. H. D. Wolf, J. G. García-Franco y M. González-Espinosa. 1999. The influence of humidity, nutrients and light on the establishment of the epiphytic bromeliad *Tillandsia guatemalensis* in the highlands of Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical* **47**(4): 763-773
- Catalán, H. C., L. López-Mata y T. Terrazas. 2003. Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña de Guerrero, México. *Anales del Instituto de Biología*. Serie Botánica **74**(2): 209-230.
- Ceja, R. J., A. E. Serna, A. R. L. Ferrari, J. G. Cruz, A. M. Ruiz y B. P. García. 2008. Las plantas epífitas, su diversidad e importancia. *Ciencias* **91**: 34-41.
- Cervantes, S. A. 1985. *Manual de técnicas básicas para el análisis de ambientes acuáticos*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 106 pp.

- Challenger, A. y J. Caballero. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, Instituto de Biología, UNAM y Agrupación Sierra Madre, S. C. México, D. F. 847 pp.
- Challenger A. y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres. Pp. 87-108. En: *Capital natural de México*. Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 1739 pp.
- Clark, L. K., N. M. Nadkarni y H. L., Gholz. 2005. Retention of inorganic nitrogen by epiphytic bryophytes in a tropical montane forest. *Biotropica* **37**(3): 328-336.
- CONABIO. 2010. El bosque mesófilo de montaña en México: amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 197 pp.
- Dressler, R. L. 1981. *The orchids*. Natural history and classification. Harvard University Press. USA. 332 pp.
- Eaton, J. S., G. E. Likens y F. H. Bormann. 1973. Throughfall and stemflow chemistry in a northern hardwood forest. *Journal of Ecology* **61**(2): 495-508.
- Fageria, V. D. 2001. Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition* **24**(8): 1269-1290.
- Fantozzi, F., F. Monaci, T. Blanusa y R. Bargagli. 2012. Holm Oak (*Quercus ilex* L.) canopy as interceptor of airborne trace elements and their accumulation in the litter and topsoil. *Environmental pollution* **30**: 1-7.
- Fernández-Concha, G. C. 2010. Orquídeas. pp. 184-186. En: *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. Durán R. y M. Méndez (edits.). 2010. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496 pp.
- Flores-Escobar, G., J. P. Legaria-Solano, I. Gil-Vásquez y M. T. Colinas-León. 2008. Propagación in vitro de *Oncidium stramineum* Lindl. Una orquídea amenazada y endémica de México. *Revista Chapingo. Serie horticultura* **14**(3): 347-353.
- Flores-Palacios, A. y S. Valencia-Díaz. 2007. Local illegal trade reveals unknown diversity and involves a high species richness of wild vascular epiphytes. *Biological conservation* **136**: 372-387.

- Fritz, O., J. Brunet y M. Caldiz. 2009. Interacting Effects of Tree Characteristics on the Occurrence of Rare Epiphytes in a Swedish Beech Forest Area. *The Bryologist* **112**(3): 488-505.
- Fu, C. F. y C. S. Hew. 1982. Crassulacean Acid Metabolism in Orchids under water stress. *Botanical Gazette* **143**(3): 294-297.
- Gallardo, J. F. y G. Moreno. 1999. Modificación de la composición química del agua de lluvia en un ecosistema mediterráneo (monte de *Quercus pyrenaica*, Navasfrías, oeste español). *Ecología* (13):3-23.
- García-Franco, J. G. y T. T. Aceves. 2008. Epífitas vasculares: bromelias y orquídeas. pp. 69-83 en: *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz*. R. H., Manson, V. O. Hernández, S. Gallina y K. Mehlreter. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. 330 pp.
- García-Mendoza, A., P. L. Tenorio y J. R., Santiago. 1994. El endemismo en la flora fanerogámica de la Mixteca alta, Oaxaca-Puebla, México. *Acta Botánica Mexicana* **27**: 53-73.
- García-Mendoza, A. J., Ma. De J. Ordoñez y M. Briones-Salas (edits.). 2004. *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología. UNAM. Fondo oaxaqueño para la conservación de la naturaleza, World Wildlife Fund. México. 605 pp.
- Gerding, V. y T. Y. Rivas. 2006. Desarrollo de plantaciones experimentales jóvenes de *Fitzroya cupressoides* establecidas en el arboreto de la Universidad Austral de Chile, Valdivia. *Bosque* **27**(2):155-162.
- Geydan, T. D. y L. M. Melgarejo. 2005. Metabolismo ácido de las crasuláceas. *Acta Biológica Colombiana* **10**(2): 3-15.
- Gouk, S. S., J. He y C. S. Hew. 1999. Changes in photosynthetic capability and carbohydrate production in an epiphytic CAM orchid plantlet exposed to super-elevated CO₂. *Environmental and Experimental Botany* **41**: 219–230.
- Granados-Sánchez D., G. F. López-Ríos, M. Á. Hernández-García y A. Sánchez-González. 2003. Ecología de las plantas epífitas. *Revista Chapingo*. Serie ciencias forestales y del ambiente. **9**(2): 101-111.
- Gobierno municipal, Putla Villa de Guerrero. 2009. (<http://putlavilladeguerrero.org.mx/>). Consulta: 10 de julio de 2011.

- Hágsater, E. y V. Dumont (Edit.). 1996. *Orchids-Status Survey and Conservation Action Plan*. IUCN/SSC Orchid Specialist Group. Gland Switzerland and Cambridge, UK. 153 pp.
- Hágsater, E., M. A. Soto-Arenas, G. Salazar-Chávez, R. Jiménez-Machorro, M. López-Rosas y R. L. Dressler. 2005. *Las orquídeas de México*. Instituto Chinoín. México. 304 pp.
- Halbinger, F. 1975. *Cuitlauzina pendula*. *Orquídea* (México) **5**(1): 3-9.
- Hartmann, W. 1971. *Odontoglossum citrosmum*. *Orquídea* (México) **1**(9): 5-7.
- Hernández-Rosas, J. I. 2000. Patrones de distribución de las epífitas vasculares y arquitectura de los forofitos de un bosque húmedo tropical del Alto Orinoco, Edo. Amazonas, Venezuela. *Acta Biológica Venezolana* **20**(3): 43-60.
- Hernández-Rosas, J. 2001. Ocupación de los portadores por epífitas vasculares en un bosque húmedo tropical del Alto Orinoco, Edo. Amazonas, Venezuela. *Acta Científica Venezolana* **52**(4): 292-303.
- Hew, C. S. y C. K. Y. Ng. 2000. Orchid pseudobulbs “false” bulbs with a genuine importance in orchid growth and survival. *Scientia Horticulturae* **83**: 165-172.
- Hew, C. S. y J. W. H. Yong. 2004. *The physiology of tropical orchids in relation to the industry*. 2da. ed. World scientific. London. 370 pp.
- Hölser, D., L. Köhler, C. Leuschner y M. Kappelle. 2003. Nutrient fluxes in stemflow and throughfall in three successional stages of an upper montane rain forest in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* **19**(5): 557-565.
- INAFED. 2009. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. México. http://www.eocal.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_oaxaca. Consulta: 18 de julio de 2011.
- INE. 2006. *Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados*. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F. 180 pp.
- IRENAT. 1993. *Manual de procedimientos analíticos para análisis de suelos y plantas del laboratorio de fertilidad de suelos*. IRENAT-Colegio de Postgraduados, Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo, A.C., ISP Programa de intercalibración de análisis de suelos y plantas. 37 pp.

- Iriondo, A. J. M. 2001. Conservación de germoplasma de especies raras y amenazadas. *Investigación agraria: Producción y protección vegetales* **16**(1): 6-24.
- Izco, J. (coordinador). 2004. *Botánica*. 2da. ed. McGraw-Hill Interamericana. Bogotá, Colombia. 906 pp.
- Kramer, J. 1977. *How to grow orchids*. 2da. ed. Menlo Park California Lane. 64 pp.
- La Llave, de P. y J. M. de, Lexarza. 1824. Cuitlauzina pendula. *Novorum Vegetabilium descriptiones Orchidianum opusculum* 33.
- Laube, S. y G. Zotz. 2003. Which abiotic factors limit vegetative growth in a vascular epiphyte?. *Functional Ecology* **17**(5): 598-604.
- López, M. J. D., A. E. Díaz, E. M. Rubín y R. D. Valdés. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo rendimiento en maíz. *Terra latinoamericana* **19**(004): 293-299.
- López, G. R. y E. S. Runkle. 2005. Environmental physiology of growth and flowering of orchids. *HortScience* **40**(7): 1969-1973.
- Luna, V. I., S. O. Cruz y O. A. Alcántara. 1994. Florística y notas biogeográficas del bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica* **65**(1): 31-62.
- Maldonado-Mijangos, C. y D. Mondragón-Chaparro. 2007. Distribución de *Erycina cristagalli* (Orchidaceae) sobre arbustos de café. *Naturaleza y desarrollo* **5**(1): 5-10.
- Marín G. M. L., R. P. Aragón y B. C. Gómez. 2002. *Análisis químico de suelos y aguas: manual de laboratorio*. Edit. de la UPV, Valencia, España. 227 pp.
- Marín, A. C., J. H. D. Wolf, J. G. Oostermeijer y J. C. M. den Nijs. 2008. Establishment of epiphytic bromeliads in successional tropical premontane forests in Costa Rica. *Biotropica* **40**(4): 441-448.
- Marschner, H. 1986. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press. London. 674 pp.
- Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2da. ed. Academic Press. London. 889 pp.
- Martínez, D. G., B. J. L. Miranda y J. H. M. Núñez. 2010. Efecto del potasio y calcio en la calidad y producción de vid (*Vitis vinífera* L.) cv Flame Seedless, en la Costa de Hermosillo, Sonora. *Biotecnia* **12**(1): 55-62.

- Mata-Rosas, M. y V. M. Salazar-Rojas. 2009. Propagation and establishment of three endangered mexican orchids from protocorms. *Hort Science* **44**(5): 1395-1399.
- McVaugh, R. 1985. *Flora Novo-Galiciana*. A descriptive account of the vascular plants of western México. Vol 16. Orchidaceae. The University of Michigan Press. 363 pp.
- Menchaca, G. R. A., R. M. A. Lozano y L. M. Sánchez. 2012. Estrategias para el aprovechamiento sustentable de las orquídeas de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* **3**(13): 9-16.
- Migenis, L. E. y J. D. Ackerman. 1993. Orchid-epiphyte relationships in a Forest Watershed in Puerto Rico. *Journal of Tropical Ecology* **9**(2): 231-240.
- Mitchell, R. J., M. A. Sutton, A. M. Truscott, I. D. Leith, J. N. Cape, E. R. Pitcairn y N. V. Dijk. Growth and tissue nitrogen of epiphytic atlantic bryophytes: effects of increased and decreased atmospheric N deposition. *Functional ecology* **18**(3): 322-329.
- Moreira, A. S. F. P. y R. M. dos S. Isaias. 2008. Comparative anatomy of the absorption roots of terrestrial and epiphytic orchids. *Brazilian archives of biology and technology* **51**(1): 83-93.
- Moreno, E. J. A., E. A. Gaytán, E. B. Román, D. J. Contreras y C. T. López. 2000. Fertilización química y biológica de *Phalaenopsis* (Orchidaceae) en condiciones de invernadero. *Terra Latinoamericana* **18**(002): 125-131.
- Moreno, M. D. y R. A. G. Menchaca. 2007. Efecto de los compuestos orgánicos en la propagación *in vitro* de *Stanhopea tigrina* Bateman (Orchidaceae). *Foresta Veracruzana* **9**(002): 27-32.
- Mújica, E., J. Raventós y E. González. 2010. Análisis de la selección de sustrato por parte de *Dendrophylax lindenii* (Orchidaceae) en Cabo San Antonio, Península de Guanahacabibes, Pinar del Río, Cuba. *Lankesteriana* **9**(3): 533-540.
- Nabors, W. M. 2006. *Introducción a la botánica*. Pearson Addison Wesley. Madrid. 744 pp.
- Nadkarni, N. M. 1981. Canopy roots: convergent evolution in rainforest nutrient cycles. *Science* **214**(4524): 1023-1025.
- Nadkarni, N. M. 2000. Colonization of stripped branch surfaces by epiphytes in a lower montane cloud forest, Monteverde, Costa Rica. *Biotropica* **32**: 358-363.
- Oliveira, V. del C. y M. G. Sajo. 1999. Root anatomy of nine Orchidaceae species. *Brazilian archives of biology and technology* **42**(4): 1516-1525.

- Oliveira, V. del C. y M. G. Sajo. 2001. Morfo-anatomía caulinar de nove especies de Orchidaceae. *Acta Botánica Brasílica* **15**(2): 177-188.
- Ortega, E. F. y G. C. Castillo. 1996. El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. *Ciencias* **43**: 32-39.
- Otero, J. T., S. Aragón y J. D. Ackerman. 2007. Site variation in spatial aggregation and phorophyte preference in psychilis monensis (Orchidaceae). *Biotropica* **39**(2): 227-231.
- Oyarzún, C. E., R. Godoy, A. D. Schrijver, J. Staelens y N. Lust. 2004. Water chemistry and nutrient budgets in an undisturbed evergreen rainforest of southern Chile. *Biogeochemistry* **71**(1): 107-123.
- Parker, G. G. 1983. Throughfall and stemflow in the forest nutrient cycle. Volumen 13 de *Advances in ecological research*. New York. Academic Press. 120 pp.
- Parker, R. 2000. *La ciencia de las plantas*. Paraninfo. Madrid, España. 628 pp.
- Parrilla, D. A. T. y J. D. Ackerman. 1990. Epiphyte roots: anatomical correlates to environmental parameters in Puerto Rican orchids. *Orquídea* (Méx.) **12**(1): 105-116.
- Pérez-Bravo, R., G. A. Salazar y E. M. Guzmán. 2010. Orquídeas de las Lomas-La Manzanilla, Sierra Madre Oriental, Puebla, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* (87): 125-129.
- Pérez, E., F. Fernández, K. Fernández y R. Márquez. 2002. Efecto de un biopreparado micorrízico en el cultivo de orquídeas ya establecidas en diferentes localidades. *Cultivos tropicales* **23**(3): 53-55.
- Plascencia, L. R., B. A. Castañón y A. Raz-Guzmán. 2011. La biodiversidad en México, su conservación y las colecciones biológicas. *Ciencias* (101): 36-43.
- Poole, H. A. y J. G. Seeley. 1978. Nitrogen, potassium and magnesium nutrition of three orchid genera. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **103**(4): 485-488.
- Poltz, K. y G. Zotz. 2011. Vascular epiphytes on isolated pasture trees along a rainfall gradient in the lowlands of Panama. *Biotropica* **43**(2): 165-172.
- Ramírez-Bamonde, E. S., A. Andrade-Torres y P. Rodríguez-Torres. 2008. Ecología, florística y restauración del bosque mesófilo de montaña. pp. 10-32. En: *Ecología, manejo y conservación de los ecosistemas de montaña en México*. Sánchez-Velásquez, L., J. Galindo-González y F. Díaz-Fleischer (edits.). 2008. Comisión

- Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Veracruzana, Mundi Prensa. México, D.F. 410 pp.
- Ramírez-Marcial, N., A. Camacho-Cruz y M. González-Espinoza. 2008. Clasificación de grupos funcionales vegetales para la restauración del bosque mesófilo de montaña. pp. 52-72. En: *Ecología, manejo y conservación de los ecosistemas de montaña en México*. Sánchez-Velásquez, L., J. Galindo-González y F. Díaz-Fleischer (edits.). 2008. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Veracruzana, Mundi Prensa. México, D.F. 410 pp.
- Raven, P. H., P. F. Evert y S. E. Eichorn. 1991. *Ecología de las plantas*. Tomo II. Reverté. Barcelona, España. 773 pp.
- Restrepo, R. J. 1998. *La idea y el arte de fabricar los abonos orgánicos fermentados*. SIMAS. Managua, Nicaragua. 151 pp.
- Restrepo, R. J. 2000. *Agricultura orgánica, cómo preparar caldos minerales*. Colombia. 150 pp.
- Robbins, S. 1992. Towards a better understanding of the popular mexican orchid, *Cuitlauzina pendula*. *The Orchid Review* **100**(1180): 55-56.
- Rodier, J. 1978. *Análisis de aguas*. Omega. Barcelona, España. 1059 pp.
- Rzedowski, J. 1994. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432 pp.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Ed. Digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504 pp.
- Salazar-Chávez, G. A. 2006. Orquídeas y otras plantas nativas de la Cañada, Cuicatlán, Oaxaca, México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. México, D.F. 175 pp.
- Salazar-Rojas, V. M y Mata-Rosas, M. 2003. Micropropagación y conservación de orquídeas mexicanas en el Jardín Botánico Clavijero. *Lankesteriana* **7**: 151-153.
- Salisbury, F. B. 2000. *Fisiología de las plantas*. Thomson: Paraninfo. Madrid. 988 pp.
- Sander, D. 1979. *Orchids and their cultivation*. Brandford Press. Great Britain. 177 pp.
- Sandoval, Z. E. 1993. Anatomía foliar de *Cuitlauzina pendula*. *Orquídea (México)* **13**(1-2): 181-190.
- Sandoval-Zapotitla, E., T. Terrazas y J. L. Villaseñor. 2010. Diversidad de inclusiones minerales en la subtribu Oncidiinae (Orchidaceae). *Rev. Biol. Trop.* **58** (2): 733-755.

- Santiago-Pérez, A.L., E. J. Jardel-Peláez, R. Cuevas-Guzmán y F. M. Huerta-Martínez. 2009. Vegetación de bordes en un bosque mesófilo de montaña del occidente de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* (85): 31-49.
- Scheffknecht, S., M. Winkler, K. Hülber, M. Mata Rosas y P. Hietz. 2010. Seedling establishment of epiphytic orchids in forests and coffee plantations in Central Veracruz, México. *Journal of Tropical Ecology* **26**: 93-102.
- Schoser, G. 1993. *Orchid growing basics*. Sterling Publishing. New York, USA. 128 pp.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2010. México D.F. México. 78 pp.
- Silvera, K., L. S. Santiago, J. C. Cusman y L. Winter. 2009. Crassulacean acid metabolism and epiphytism linked to adaptive radiations in the Orchidaceae. *Plant Physiology* **149**: 1838-1847.
- Sinha, P. y S. K. Roy. 2004. Regeneration of an indigenous orchid *Vanda teres* (Roxb.) Lindl. Through *in vitro* culture. *Plant tissue cult.* **14**(1):55-61.
- Solano-Gómez, R., R. Bello-López y A. Vásquez-Martínez. 2007. Listado de las orquídeas de la región de Juquila, Oaxaca, México. *Naturaleza y Desarrollo* **5**(2): 5-14.
- Solano, G. R., L. G. Cruz, F. A. Martínez y L. R. Laguna. 2010. Plantas utilizadas en la celebración de la semana santa en Zaachila, Oaxaca, México. *Polibotánica* (29): 263-279.
- Stewart, J. 1991. *Orchids*. Timber Press. Oregon, USA. 124 pp.
- Suárez, L. 2007. Efecto que ejercen las aspersiones foliares de una mezcla de oligogalacturónidos (Pectimorf) y la formulación a base de un análogo de brasinoesteroides (Biobras-16) en dos especies de orquídeas (*Cattleya leuddemanni* y *Guarianthe skinneri*). *Cultivos tropicales* **28**(4): 87-91.
- Tarrant, R. F., K. C. Lu, W. B. Bollen y C. S. Chen. 1968. *Nutrient cycling by throughfall and stemflow precipitation in three coastal Oregon forest types*. Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U.S. Dept. of Agriculture. 7 pp.
- Tobón, C., J. Sevink y J. M. Verstraten. 2004. Litterflow chemistry and nutrient uptake from the forest floor in northwest Amazonian forest ecosystems. *Biogeochemistry* **69**(3): 315-339.

- Toledo, T. 2009. El bosque de niebla. CONABIO. *Biodiversitas* **83**: 1-6.
- Tomaz, R. D., R. N. Ferreira, V. V. H. Álvarez, I. J. M. Moreira y E. M. V. Albuquerque. 2010. Orchid growth and nutrition in response to mineral and organic fertilizers. *R. Bras. Ci. Solo.* **34**: 1609-1616.
- Torres F., F. Ely, F. Rada e Y. León. 2007. Estudio morfo-anatómico de dos orquídeas de una selva nublada tropical. *Interciencia* **32**(006): 410-418.
- Trapnell, D. W. y J. L. Hamrick. 2006. Variety of phorophyte species colonized by the neotropical epiphyte, *Laelia rubescens* (Orchidaceae). *Selvyana* **27**(1): 60-64.
- Trépanier, M., M. P. Lamy y B. Dansereau. 2009. Phalaenopsis can absorb urea directly through their roots. *Plant soil* **319**: 95-100.
- Triana-Moreno, L. A., N. J. Garzón-Venegas, J. Sánchez-Zambrano y O. Vargas. 2003. Epífitas vasculares como indicadores de regeneración en bosques intervenidos de la amazonía colombiana. *Acta Biológica Colombiana* **8**(2): 31-42.
- Valdez, T. V., P. R. Foroughbakhch, y G. F. Alanís. 2003. Distribución relictual del bosque mesófilo de montaña en el noreste de México. *Ciencia UANL* **6**(3): 360-365.
- Vergara-Torres, C. A., M. C. Pacheco-Álvarez y A. Flores-Palacios. 2010. Host preference and host limitation of vascular epiphytes in a tropical dry forest of central Mexico. *Journal of Tropical Ecology* **26**(06): 563-570.
- Villaseñor, J. L. 2010. *El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares: catálogo florístico-taxonómico*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 40 pp.
- Walters S. M., A. Brady, C. D. Brickell, J. Cullen, P. S. Green, J. Lewis, U. A. Matthews, D. A. Webb, P. F. Yeo y J. C. M. Alexander. 1984. *The European Garden Flora*. Vol. 2. Monocotyledons. Cambridge University Press. Cambridge. 318 pp.
- Wang, Y. T. 1996. Effects of six fertilizers on vegetative growth and flowering of Phalaenopsis orchids. *Scientia horticulturae* **65**: 191-197.
- Wang, Y. T. 2007. Potassium nutrition affects Phalaenopsis growth and flowering. *Hort Science* **42**(7): 1563-1567.
- Wattthana, S. y H. Pedersen. 2008. Phorophyte diversity, substrate requirements and fruit set in *Dendrobium scabrilingue* Lindl. (Asparagales: Orchidaceae): Basic observations for re-introduction experiments. *The Natural History Journal of Chulalongkorn University* **8**(2): 135-142.

- Werner, F. A., J. Homeier y S. R. Gradstein. 2005. Diversity of vascular epiphytes on isolated remnant trees in the montane forest belt of southern Ecuador. *Ecotropica* **11**: 21-40.
- Werner, F. A. y S. R. Gradstein. 2008. Seedling establishment of vascular epiphytes on isolate and enclosed forest trees in an Andean landscape, Ecuador. *Biodivers Conserv.* **17**: 3195-3207.
- Werner, F. A. 2011. Reduced growth and survival of vascular epiphytes on isolated remnant trees in a recent tropical montane forest clear-cut. *Basic and applied ecology* **12**: 172-181.
- Williams-Linera, G., R. H. Manson y E. I. Vera. 2002. La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. *Madera y bosques* **8**(1): 73-89.
- Withner, C. L. 1990. What is an orchid? pp. 6-8. En: *Orchids for the home and greenhouse*. Brooklyn Botanic Garden Record (edit.). 1990. Brooklyn Botanic Garden Inc. Washington. 88 pp.
- Woda, C., A. Huber y A. Dohrenbusch. 2006. Vegetación epífita y captación de neblina en bosques siempreverdes en la Cordillera Pelada, sur de Chile. *Bosque* **27**(3): 231-240.
- Zotz, G. y J. L., Andrade. 2002. La ecología y la fisiología de las epífitas y las hemiepífitas. En: Guariguata, M. R. y G. Kattán. *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. 2002. Editorial Tecnológica. 692 pp.
- Zotz, G. y P. Hietz. 2001. The physiological ecology of vascular epiphytes: current knowledge, open questions. *Journal of Experimental Botany* **52**(364): 2067-2078.
- Zotz, G. 1999. What are Backshoots Good For? seasonal changes in mineral, carbohydrate and water content of different organs of the epiphytic orchid, *Dimerandra emarginata*. *Annals of Botany* **84**(6): 791-798.